

RS-202
2-IP322
041

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
노지분야스마트농업기술단기고도화사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004584-01

균형
정밀도
10mm@
30m를
만족하는
회전식
레이저
(1550
nm)
균형
시스템
국산화
개발 및
실증

2024

균형 정밀도 10mm@30m를 만족하는 회전식 레이저(1550nm) 균형시스템 국산화 개발 및 실증

2024.06.07.

주관연구기관 / 지금강(주)
공동연구기관 / 한국광기술원
공동연구기관 / 한국로봇융합연구원
공동연구기관 / (주)위키옵틱스
공동연구기관 / (주)씨너렉스

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “균형 정밀도 10mm@30m를 만족하는 회전식 레이저 (1550nm) 균형시스템 국산화 개발 및 실증”(개발기간 : 2022. 04. 01 ~ 2023. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024.06.07

주관연구기관명 :	지금강(주)	김식 (인)
공동연구개발기관명 :	한국광기술원	신용진 (인)
공동연구개발기관명 :	한국로봇융합연구원	여준구 (인)
공동연구개발기관명 :	(주) 위키옵틱스	임부빈 (인)
공동연구개발기관명 :	(주) 씨너텍스	박재덕 (인)

주관연구책임자 : 김화남
공동연구책임자 : 조용준
공동연구책임자 : 김상유
공동연구책임자 : 임부빈
공동연구책임자 : 박재덕



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서										보안등급			
										일반[], 보안[]			
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명		노지분야스마트농업기술 단기고도화사업				
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원					내역사업명 (해당 시 작성)		자율주행농기계 핵심부품국산화				
공고번호		2022-77호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)								
					연구개발과제번호		322041-2						
기술분류	국가과학기술 표준분류	EA0506	40%	ED0708	40%	EA0504	20%						
	농림식품과학기술분류	RC0103	50%	RC0101	40%	CA0301	40%						
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	균형 정밀도 10mm@30m를 만족하는 회전식 레이저(1550nm) 균평시스템 국산화 개발 및 실증										
		영문	Development and demonstration of a rotary laser(1550nm) levelling system that satisfies levelling precision of 10mm at a distance of 30m										
연구개발과제명		기관명	지금강										
		주소											
주관연구개발기관		기관명	지금강			사업자등록번호		410-81-25323					
		주소				법인등록번호		205611-0001345					
연구책임자		성명		김화남			직위		연구소장				
		연락처	직장전화					휴대전화					
			전자우편					국가연구자번호					
연구개발기간		전체		2022. 04. 01. - 2023. 12. 31.(1년 9개월)									
		단계 (해당 시 작성)	1단계	2022. 04. 01. - 2022. 12. 31.(9개월)									
				2023. 01. 01. - 2023. 12. 31.(1년)									
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금	
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
총계		1,825,000	14,575	244,175	-	-	-	-	1,839,575	244,175	2,083,750		
1단계	1년차	782,000	-	113,000	-	-	-	-	782,000	113,000	895,000		
	2년차	1,043,000	14,575	131,175	-	-	-	-	1,057,575	131,175	1,188,750		
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고		
												역할	기관유형
		한국로봇융합연구원		조용준		선임연구원						공동	전문생산
		한국광기술원		김상유		선임연구원						공동	전문생산
		(주)위키유평텍스		임부빈		대표이사						공동	중소기업
(주)씨너렉스		박재덕		대표이사						공동	중소기업		
연구개발담당자 실무담당자		성명		박재홍			직위		연구위원				
		연락처	직장전화					휴대전화					
			전자우편					국가연구자번호					

연구책임자:

김화남 (인)

주관연구개발기관의 장: 지금강(주)

김식 (직인)

공동연구개발기관의 장: 한국광기술원

신용진 (직인)

공동연구개발기관의 장: 한국로봇융합연구원

여준구 (직인)

공동연구개발기관의 장: (주)위키옵틱스

임부빈 (직인)

공동연구개발기관의 장: (주)씨너렉스

박재덕 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

사업명	노지분야스마트농업기술단기고도화사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)	자율주행농기계 핵심부품국산화			연구개발과제번호		322041-2	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	EA0506	40%	ED0708	40%	EA0504	20%
	농림식품 과학기술분류	RC0103	50%	RC0101	40%	CA0301	40%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	균형 정밀도 10mm@30m를 만족하는 회전식 레이저(1550nm) 균평시스템 국산화 개발 및 실증						
연구개발과제명	Development and demonstration of a rotary laser(1550nm) levelling system that satisfies levelling precision of 10mm at a distance of 30m						
전체 연구개발기간	2022. 04. 01. - 2023. 12. 31.(1년 9개월)						
총 연구개발비	총 2,083,750 천원 (정부지원연구개발비: 1,825,000 , 기관부담연구개발비 : 258,750)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준 (5) 종료시점 목표(7)		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)	지정공모						
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)	-						
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		수평 정밀도 ±10mm/30m 이하 만족 회전식 레이저 균평기 개발				
	전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> • 360도 회전 1550nm 레이저 송신기 개발 - ±5° Self-Levelling 제어기 개발 • 수직Range 200mm, 분해능 40을 만족하는 레이저 수신기 개발 - 360도 전영역 수신 가능 구조 개발 • 9축 IMU센서 및 균평모듈 위치/자세 인지, 깊이 제어기 개발 - 굴곡지 외란 편차 최소화를 위한 PID 제어기 개발 • GIS/GPS 정보를 이용한 균평화 작업 현황 표출 시스템 개발 • 100마력급 트랙터 부착형 연동 시스템 개발 • 실증 및 작업성 평가 				
	1단계 (해당 시 작성)	목표	<ul style="list-style-type: none"> • 회전식 레이저 송신기&수신기 개발 • 3점 링크 균평기 국산화 개발 • 전동 마스크 개발 및 제어 컨트롤러 개발 • GPS 데이터와 맵 연동을 통한 균평 정보 취득 시스템 개발 				
		내용	<ul style="list-style-type: none"> • 선진사 제품 벤치마킹 및 균평 시스템 각 구성 요소 분석 • 레이저 수신기 부착을 위한 전동마스트 개발 • 균평기 기구물 및 유압제어 로직 개발 완료 • 레이저 균평기 개발 제품 국내 및 해외 특허 분석 • 레이저균평기 관련 전시회 참석 • 레이저 수신기 회로 기초 회로 설계 • 광학 필터 시험 • 균평모듈 통합 제어 시스템 개발 				
2단계 (해당 시 작성)	목표	<ul style="list-style-type: none"> • 회전식 레이저 송신기&수신기 최적화 • 균평모듈 통합 제어 시스템 적용 • GPS 데이터와 맵 연동을 통한 균평 정보 취득 시스템 고도화 					
	내용	<ul style="list-style-type: none"> • 균평시스템 조작성을 위한 컨트롤러 사용자 입출력 및 하우징 개발 • 레이저 송신기 전원부 및 수신기 광학필터 적용 하우징 개발 • 레이저 균평시스템 모듈화 및 균평시스템 작업 성능 평가 • 균평모듈 현장 실증 및 상용화 개발 					

	2단계	내용	<ul style="list-style-type: none"> • 레이저 수광부 회로 설계 • 1550nm 레이저용 Id 드라이버 및 광학 모듈 개발 완료 • Self-Leveling 기구 개발 • 위치, 자세 인식 시스템 기능 고도화 및 모듈 제품 제작 완료 • 위치 및 자세 데이터를 이용한 균평 모듈 정밀 자세/깊이 제어 • GIS 기반 균평작업 정보처리 시스템 하드웨어 및 소프트웨어 개발 • GIS 정보 기반 균평화 작업 정보 표출 시스템 개발 고도화 									
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> • 회전식 레이저 송&수신기 개발을 통한 국산화 • 균평기 전동 마스트를 포함한 균평기 국산화 설계 및 개발 • 균평기 자세 제어 시스템을 포함한 컨트롤러 국산화 • GPS 데이터와 맵 연동을 통한 균평 정보 취득 시스템 개발 											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> • 농경지 균평작업을 위한 경지정리 작업시간 단축과 관개용수량 감소 • 정밀 균평작업으로 인한 농작물 수확량 증가 • 균평기 핵심기술 국산화 및 동남아시아 수출 증대 • 건설/토목 분야에 3D형상 지형 개발 기술로 확장 가능 											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	-											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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)	균평모듈		GPS		레이저		깊이제어		균평정밀도			
영문핵심어 (5개 이내)	Leveling module		GPS		Laser		Depth control		Leveling precision			

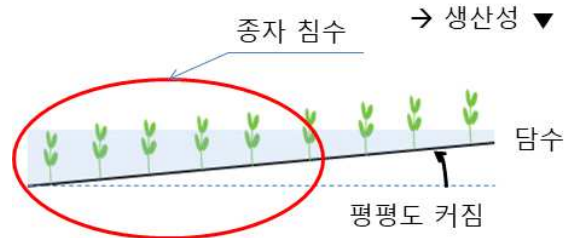
< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	6
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	13
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	220
4. 목표 미달 시 원인분석	229
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	231
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	236

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발의 필요성

- 벼의 이앙 재배, 무논 및 건답 직파 재배시 **논의 편평도 커짐**은 종자를 침수시켜 수확량을 떨어트려 **생산성을 저하시키기** 때문에 논이 평평하면 수확량, 제초작업, 비료 사용량 및 관개용수 사용량 등에 많은 영향을 미치기 때문에 논지 평평 작업은 농업 생산성 향상에 필수 요소임

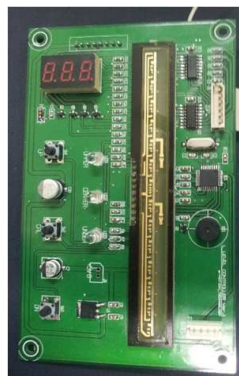


[대지 편평도 커짐에 따른 농작물 침수 피해]

- 현행 논지 평평 작업은 경작지에 로타리 작업, 담수, 써래질 순으로 진행하며, 평평도는 담수된 물의 표면을 보면서 수동으로 써래질을 진행하므로 **작업자의 육안**으로 확인하는 방식은 트랙터의 이동 거리 길게 하고 동일 지역을 중복하여 이동하기 때문에 **작업 시간이 증가하여 효율과 정확성이 매우 떨어짐**
- **레이저를 이용한 평평시스템**은 정밀하게 경작지의 높이를 측정하여 적용함으로써 논 관리에 따른 경운정지 작업 단축, 생육관리 향상, 제초제 및 비료비용 절감, 관개용수량 감소, 그리고 최종적으로 **수확량의 증가를 달성할 수 있음**
- 그러나 레이저 평평기의 현재 **핵심기술은 수입을 의존**하고 있으며 우리나라는 세계 농기계 시장에서 약 0.6% 시장규모를 차지하고 있고, 미국, 유럽, 칠레 등과 FTA 체결에 따른 농업 경쟁력을 확보하기 위하여 농업용 레이저 평평시스템을 개발하여야 하고, 또한 신흥 농업국에 개발한 기술을 수출할 수 있는 **기술력 확보가 매우 필요함**
- FTA 대응 생산비 절감을 위한 벼 재배 농사법으로 직파재배의 비중이 날로 증가하고 있으며, 무논직파와 건답직파 모두 논지의 평평화는 무엇보다 중요함

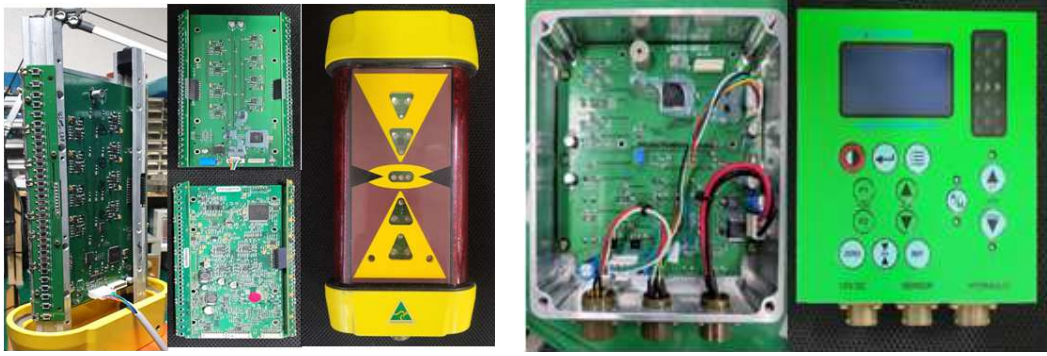


○ 선행 개발 내용 및 문제점



[선행 개발 차제 개발 레이저 트레서]

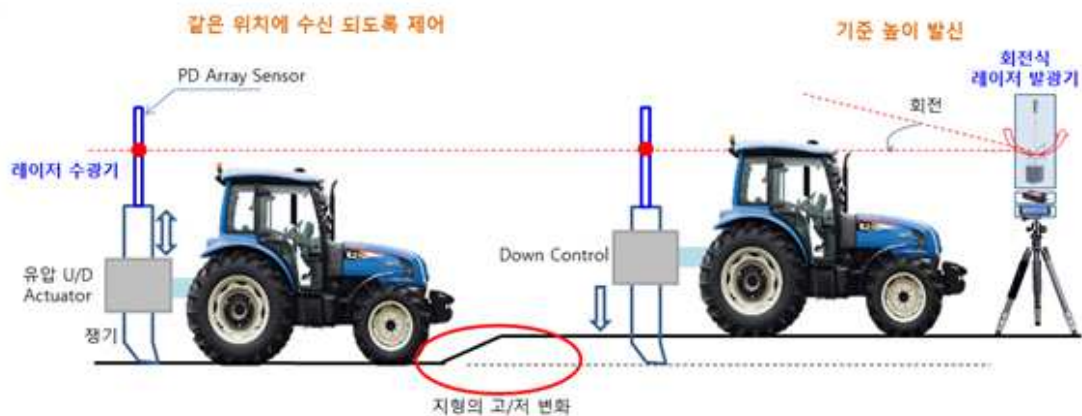
- 주관기업인 지금강(주)에서 선형 Array 센서(448개 광다이오드, 5μm 간격)와 레이저 송신기, 제어기 등 설계하여 **자체적으로 제품화여 도전**하였으나 자연광에 의한 광학 노이즈 문제, 신호처리 문제, 제어 불안정성 문제 등 **기술적인 한계**로 1차로 개발에 어려움이 발생하였으며 광학 기술과 자동제어 기술 등의 기술을 보완이 필요한 상황임
- 현재 수입 판매 중인 **선진사 제품을 벤치마킹**하여 문제점 보완 및 성능 평가를 진행하였으나 개발비용과 기술력의 한계로 광학 기술과 전자기술, 제어기술 등의 보완으로 사업화가 가능할 것으로 판단됨
 - : 레이저 수신기 폴대의 공진에 따라 트랙터가 10Hz로 진동하는 현상 발생
 - : 상용 레이저 송신기와 개발한 수신기 매칭 안됨



[선행 개발 차제 레이저 수신기 PCB, 컨트롤러]

나. 연구개발의 개요

- 1550nm 파장의 레이저를 이용한 회전식 레이저 송신기와 360도 수신이 가능한 레이저 수신기, 위치-자세인식모듈, 제어시스템, 무인 균평 시스템을 위한 GPS/GIS 연계 플랫폼을 개발

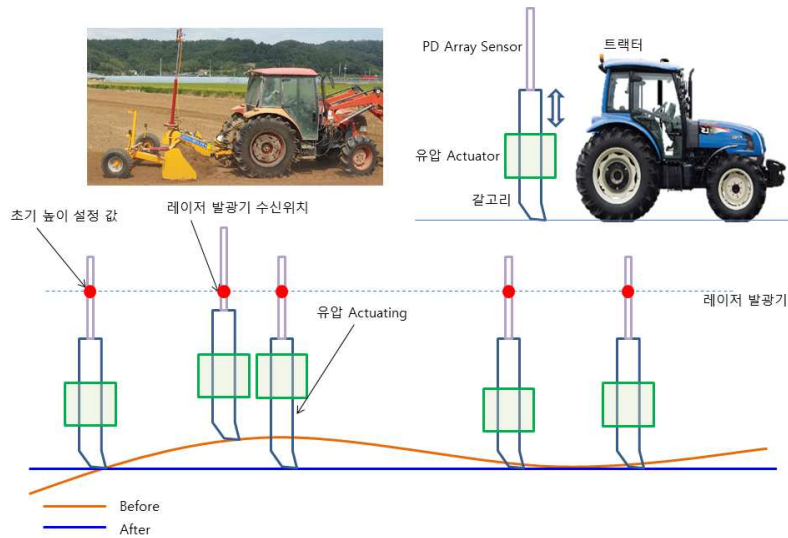


[레이저 균평기 구성 및 개요]

- 회전식 레이저 송신기는 기준 높이를 설정해주는 역할을 하고, 레이저 수신기는 기준 높이에서 현재 쟁기의 위치를 측정해주는 역할을 함.
- 또한 제어시스템은 레이저 수신기와 IMU의 정보로부터 트랙터의 자세를 측정하고 균평

시스템을 제어하는 역할을 하고, GPS/GIS 연계 플랫폼은 무인 균평 시스템을 위해 현재 이동 경로 저장과 가상 작업공간에서 주행 경로, 균평작업 지역 등을 구분하여 표시하는 역할을 함

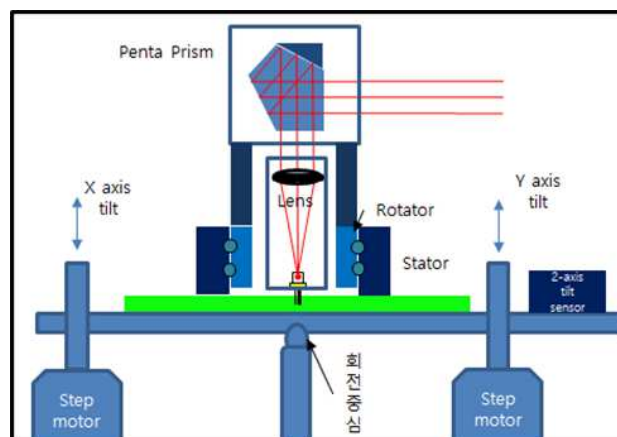
- 제어시스템의 기본적인 원리는 아래와 같이 지형의 변화가 발생하였을 때 절대 좌표(레이저 송신기)를 기준으로 동일한 쟁기의 위치를 제어하여 대기를 대지의 높이를 동일하게 만드는 원리임



[균평 제어 원리]

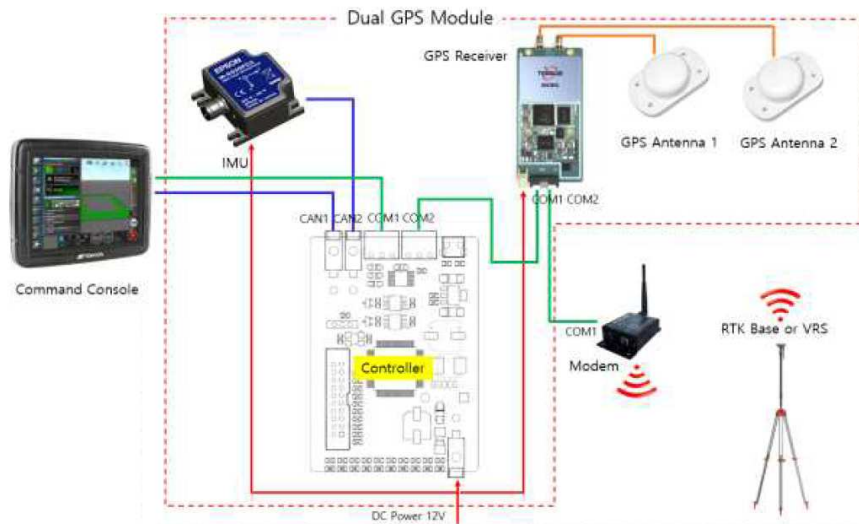
다. 연구개발 최종 목표

- 360도 회전식 1550nm 레이저광원적용 송신기 개발
 - 최대 600RPM 360도 회전 모듈 및 속도제어기 개발
 - 1550nm 레이저용 LD 드라이버 개발
 - Penta prism을 포함한 광학 모듈 개발
 - ± 5 도 이내에서 각도 보정(servo)이 가능한 self-Levelling 기구개발



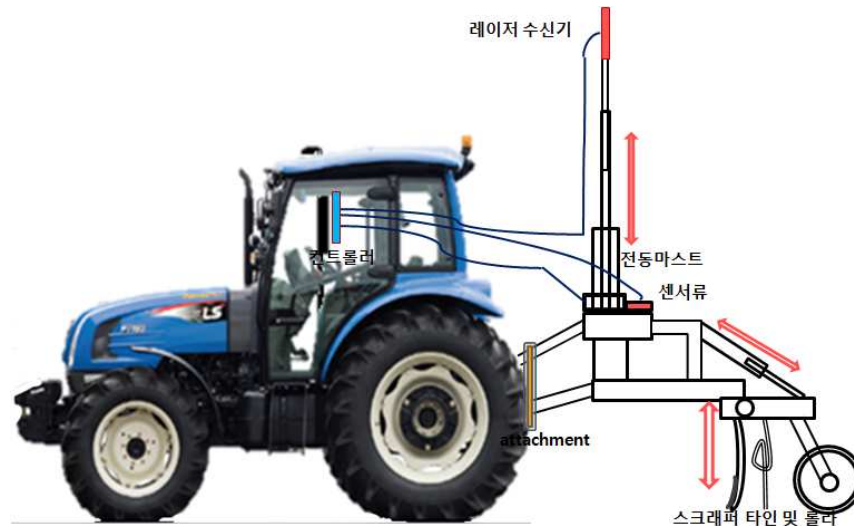
[송신모듈의 개념도]

- 상하 Range 200mm이상의 레이저 수광기 개발
 - 세로방향 40개/4면 Photo Diode 적용 레이저 수광기 개발
 - 고성능 Signal to Noise Ratio 회로 및 광학 필터 개발
 - 유압 Actuator 동작을 위한 인터페이스 회로 개발
 - PD Array Sensor 및 Auto Gain controller 개발
- 레이저 수신기와 IMU 센서 신호 기반 균평 모듈 정밀 제어기술 개발
 - 9축 IMU 센서 및 GPS로 구성된 균평 모듈 위치-자세 인식시스템 설계
 - 위치 및 자세 정보를 이용한 균평 모듈 정밀 자세 및 깊이 제어



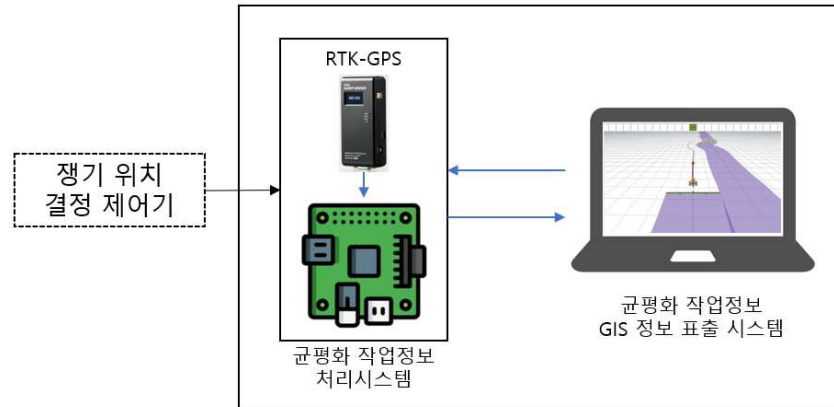
[위치-자세 인식시스템 구성도 예시(*참조:국제종합기계)]

- 100마력급 트랙터 부착형 레이저 균평시스템 개발
 - 레이저 수신기 부착을 위한 전동마스트(수신기 up/down) 개발
 - 균평기 수평제어 장치 및 유압제어 로직 개발
 - 높낮이 및 좌우 균평제어가 가능한 스크래퍼 개발
 - 균평시스템 트랙터 부착 attachment 개발
 - 균평기 부착 타인 및 롤라 개발
 - 레이저 송신기 및 수신기 설치 및 고정 기구물 개발
 - 레이저 송신기 입출력 및 전원부 개발
 - 레이저 수신기 광학필터 적용 하우징 개발
 - 레이저 균평시스템 모듈화 및 균평시스템 작업성능 평가
 - 균평모듈 현장 실증 및 상용화 기술 개발



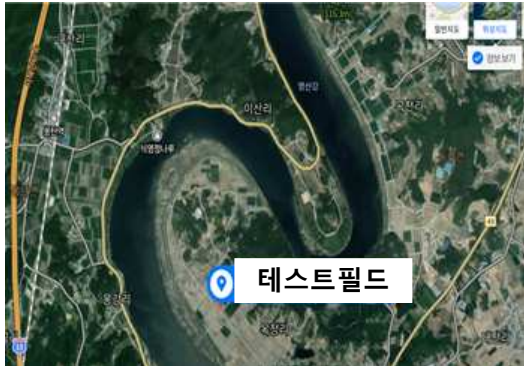
[트랙터 부착형 레이저 균평 시스템]

- GIS 정보 연동 균평화 작업정보 처리시스템 개발
 - 쟁기위치 결정 제어기와 연동 시스템 개발
 - GIS 작업 공간 정보와 GPS정보를 이용 균평화 작업 현황 매핑 기술 개발
 - GIS/GPS 정보를 이용한 균평화 작업 현황 표출 시스템 개발



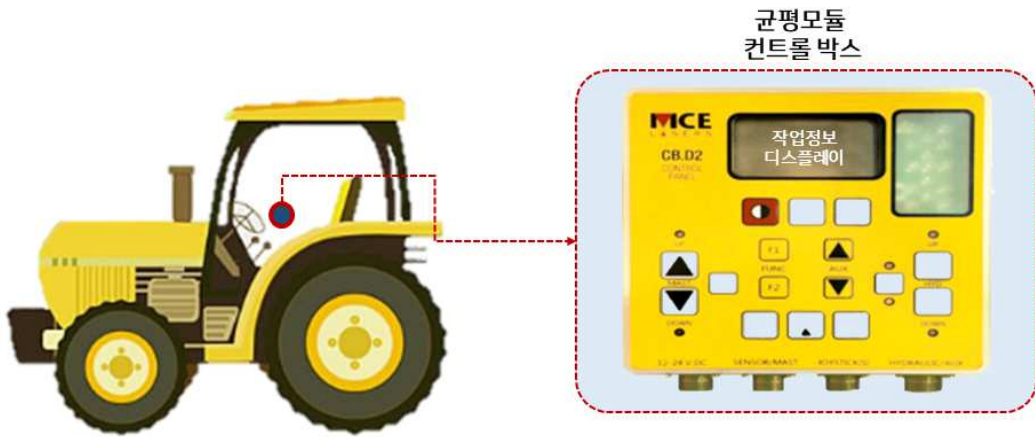
[GIS정보 기반 균평화 작업 정보처리 시스템(안)]

- 균평모듈 현장 실증
 - 주관기관 지금강에서 보유하고 있는 전남나주 4만평 규모 농기계 테스트 시설 활용
 - 국내최대 농기계업체 (주)대동의 자율주행 무인트랙터와 연계하여 개발 사양 선정 및 균평모듈 작업성 평가



[(좌)지금강 농기계 테스트 필드, (우) (주)대동 자율주행 트랙터]

- 균평작업자 확인 및 입력을 위한 디스플레이부 및 컨트롤러 개발
 - 균평모듈 수동 제어를 위한 캐빈 내부 설치형 컨트롤러 설계 및 제작
 - 현재 작업 정보 및 설정값 표시를 위한 컨트롤 박스 일체형 디스플레이부 개발



[자율주행 트랙터 내부 장착 컨트롤 박스 예시]

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

가. 주관연구기관 : 지금강(주)

○ 선진사 제품 벤치마킹 및 균평 시스템 각 구성 요소 분석

- 해외제품 레이저 균평기 벤치마킹(SUGANO)

: 일본의 선진사(SUGANO社)의 레이저 균평기기는 작업기 자체 스크래퍼 제어 기능(균평 깊이 조절, 균평 수평 조절)이 없고, 도로 주행시 작업기 폭을 줄이기 위한 접이 기능과 스크래퍼 뒤쪽의 흙 분쇄기 높이 제어 기능만 포함됨을 확인

: SUGANO社 균평기의 균평 깊이 제어 및 균평 수평 제어는 트랙터(KUBOTA社)의 3점 링크 제어로 작동되며, 균평 깊이를 제어 하는 기능은 경심조절 장치이고 수평 제어는 몬로 각도 제어임



[일본 KUBOTA 트랙터 및 SUGANO社 균평기]

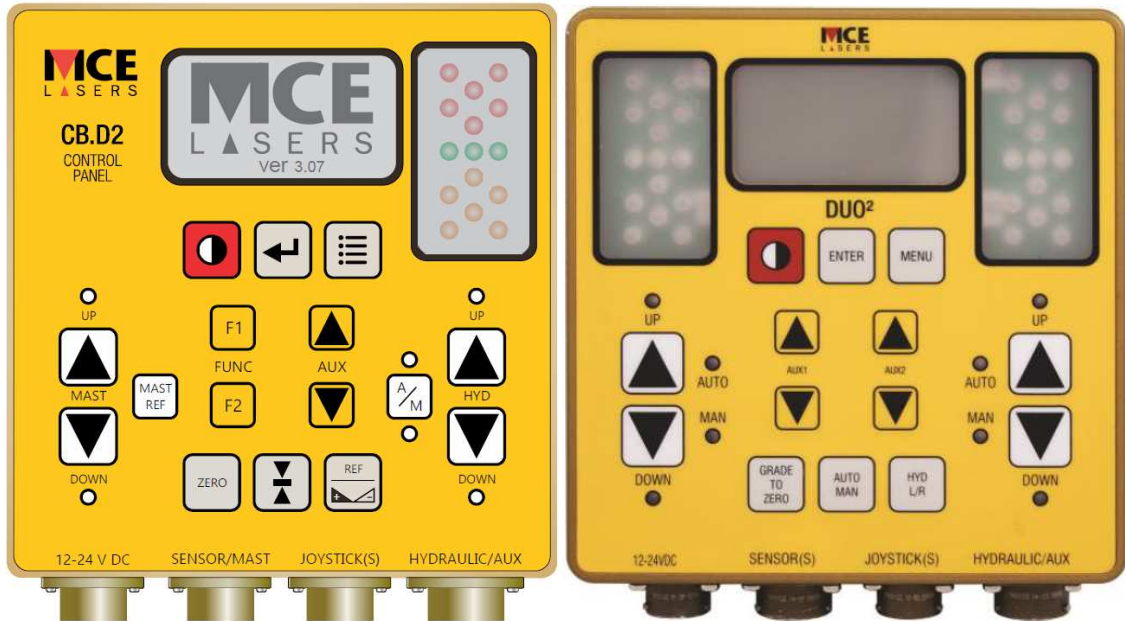
: SUGANO社의 균평기를 참고하여, KUBOTA社의 트랙터와 같이 경심제어 기능과 몬로(수평)제어로 3점 링크를 조절 할 수 있는 트랙터용 균평기 TYPE_A를 벤치마킹 함.

- MCE사의 Dual system 분석

: 일반적인 레이저 균평기는 수평면 제어 방식을 사용함. 국내에서 벼 재배를 위한 논외의 균평은 대부분 수평면만을 제어

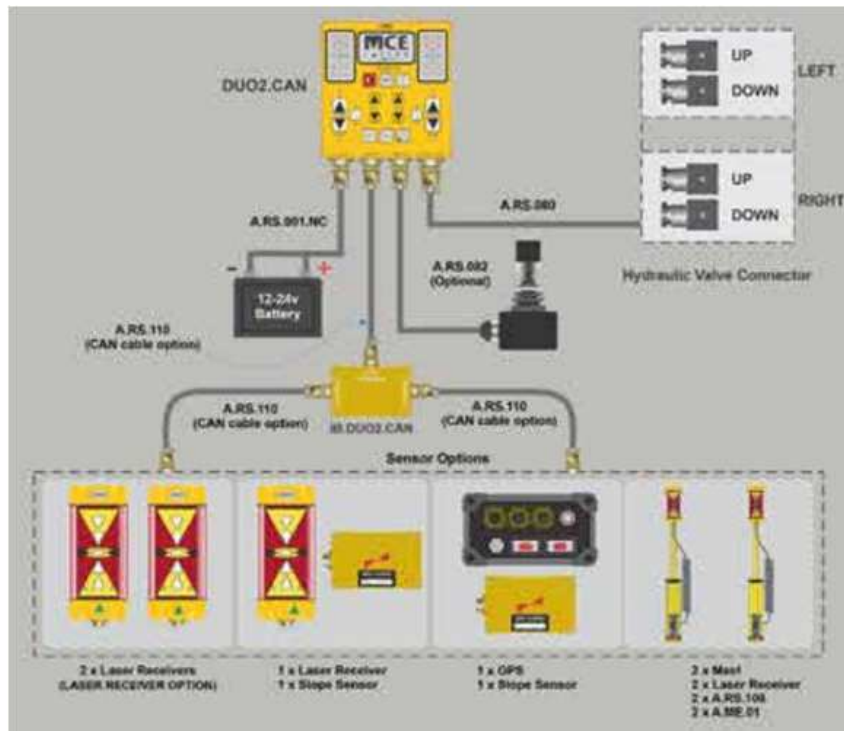
: 경사면의 경우는 발작물 재배시 배수를 양호하게 하기 위하여 경사면을 제어하는 경우가 있으나 산비탈을 따른 경사면을 제어하는 경우는 극히 드문데로 마 재배단지에서 배수를 위한 1도 이하의 경사면을 주어 작업함

: 논외의 균평에서 균평기의 스크래퍼의 길이가 길어지면 균평기 날의 좌·우 수평도 중요한 변수로 작용하며, 본 과제에서는 스크래퍼의 각도 조정과 산비탈과 같은 경사면 보다는 배수에 적용 가능한 지역에서의 경사만을 제어



[수평면 제어방식과 수평면/경사면 제어방식 컨트롤러]

: 아래 그림은 수평면과 경사면을 제어하기 위한 다양한 방법을 나타내고 있다. 레이저 수신기 두 개를 스크래퍼 양 끝단에 장착하여 수평면을 제어한다. 경사면을 제어하기 위하여 레이저 송신기의 레이저 발사 각도를 제어하여 경사면을 만들면 좌·우의 레이저 수신기가 레이저 경사면의 값을 좌우 각각 수신함으로써 제어가 가능



[수평면/ 경사면 제어를 위한 전략적 접근]

: 레이저 수신기 1대와 경사각 센서를 활용하여 수평면과 수평/경사면 제어가 가능한데 레이저 수신기를 스크래퍼 중앙에 위치시키고, 스크래퍼의 좌·우 각도 변화를 검출하여 원하는 수평면과 수평/경사면을 제어하는 방법이다. 본 과제에서는 이 방법으로 경사면 제어를 검토 개발할 계획임

: 또한 GPS로 높낮이를 파악하고, 경사면 센서를 이용하는 방안과 초음파를 이용하는 방안이 있음

- Electric Mast 벤치마킹

: 선진사 레이저 수신부 구입 후, 작동방식 확인

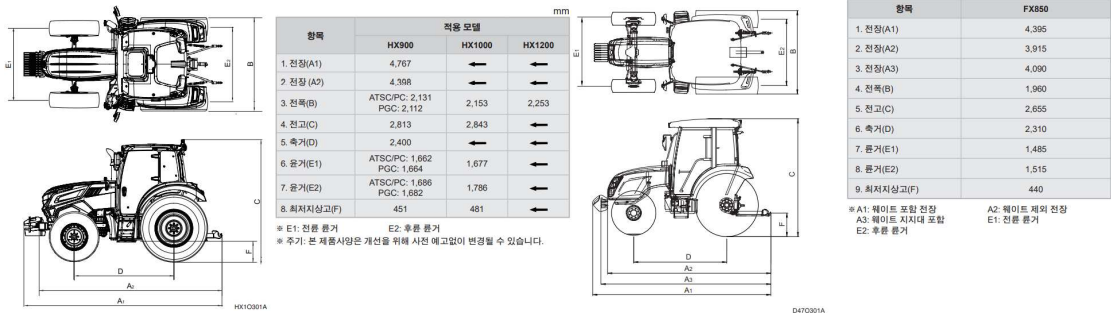
: 분해를 통한 Electric Mast 확인 및 작동 원리 분석

: 리미트센서(Magnetic)를 이용한 마스트 리미트 제어 방식 확인 및 마스트 작동 DC모터 사양(감속비 1:14, Torque : 637mNm, 12V, 405rpm, 9mm/rev, Encoder), Mast 전산볼트 나사선 Pitch 4mm 확인



[선진사 Electric Mast 분석]

- 100마력급 트랙터 부착형 레이저 균평시스템 개발을 위하여 대동 100마력급 트랙터 사양 분석



[대동공업 트랙터 제원]

: 대동공업의 트랙터중 계획한 100마력급은 FX850(85마력), HX900(100마력)으로 균평기 개발시 영향을 미치는 전고는 2655-2813으로 수신기 윈도우 200mm를 포함하면 약 3m 이상 높이에 수신기의 위치되어야 함

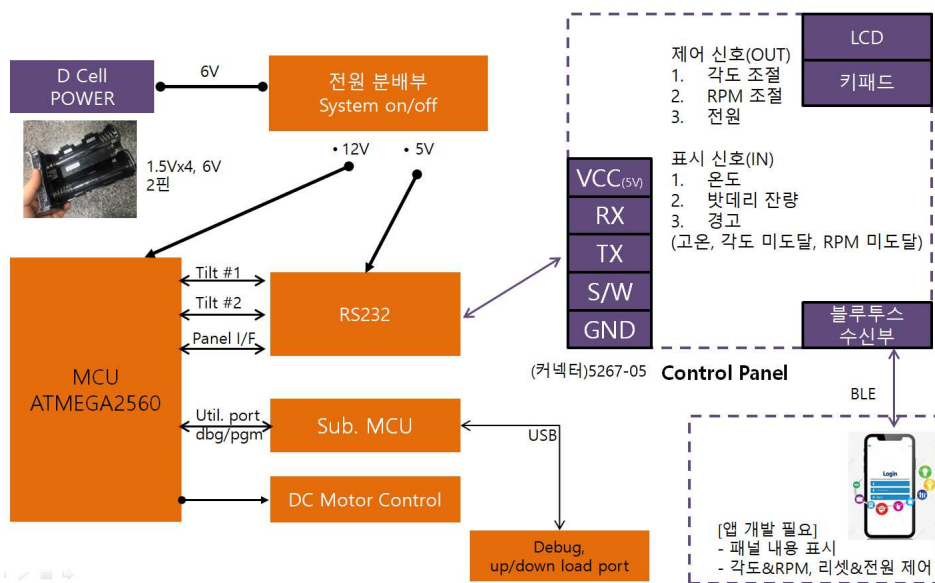
: 유압부의 3점 히치는 SAE 카테고리II이며, FX900의 경우 최대 승강용량은 610mm 후방에서 3630kgf, 로워링크 밑에서 3,665kgf이며, FX850의 경우 승강용량은 610mm 후방에서 2,195kgf, 로워링크 밑에서 2,935kgf으로 균평기의 최대 무게는 1.5ton, 그리고 최대한 로워링크에 근접하게 설계 및 제작할 계획임

: FX900의 경우 견인부하제어, 경심제어, 수평제어, 선회 자동상승 등의 자동화장치기 기본 기능으로 적용되어 있음

○ 레이저 송/수신기 입출력 및 하우징 개발

- 송신기 패널 개발 및 통신 설계

: 레이저 송신기 개발 관련 전원부(Power Cell), Control Panel(5V, RS232 통신, 5핀), 전용앱(블루투스), 송신기 하우징을 지금강에서 담당



[레이저 송신기 상세 업무 분장도(보라색:지금강, 주황색:위키옵틱스)]

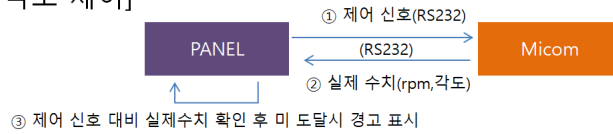
: 레이저 송신기 구동부는 X축 기울기, Y축 기울기, 레이저 회전 속도, Sleep&Wake up의 기능을 수행하며, PANEL로 실제 X축 기울기, 실제 Y축 기울기, 실제 레이저 회전

속도(RPM), 건전지 잔량, 내부 온도 데이터를 전송함

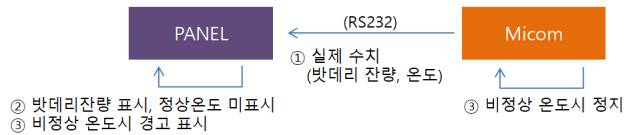
: 레이저 송신기 PANEL은 구동부로 X축 기울기, Y축 기울기, 레이저 회전 속도, Sleep&Wake 제어 신호를 보내며, 구동부에서 올라오는 신호 중에서 실제 X축 기울기, 실제 Y축 기울기, 실제 레이저 회전속도(RPM)가 제어 신호 대비 차이가 있으면 경고등을 표시하고, 내부 온도는 설정된 리미트 값을 벗어나면 경고등을 표시, 건전지 잔량은 PANEL에 바로 표시함

: PANEL에서 구동부로 Sleep 신호를 보내면, 구동부 Micom에서 모터와 레이저 발진이 멈추면서 저전력 모드로 전환됨. PANEL에서 Wake up 신호가 구동부에 들어오면 모터와 레이저가 활성화 됨.

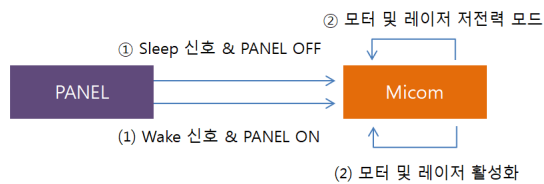
[RPM, 각도 제어]



[батери 잔량, 온도표시]



[Sleep& Wake]



[레이저 송신기 PANEL ↔ 구동부 제어 로직]

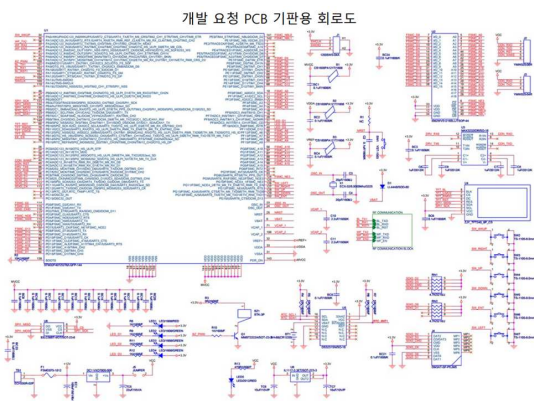
: 레이저 송신기 PANEL과 구동부간의 RS232 통신을 위해 '5267-05' 커넥터 설정 후, 통신 프로토콜 협의

: 통신 프로토콜 구성은 Start Code 5byte 이후, 데이터 개수 1byte, X축 기울기 3byte (도&분&초 표기, 각 byte 첫자리에 음수 '0', 양수 '1' 표기), 구분자 1byte, Y축 기울기 3byte(도&분&초 표기, 각 byte 첫자리에 음수 '0', 양수 '1' 표기), 레이저 회전속도 2byte, 내부온도 3byte(영상 '1', 영하 '2', 소수 표기), 건전지 잔량 1byte, Sleep&Wakeup 1byte, 실제 X축 3byte(도&분&초 표기, 각 byte 첫자리에 음수 '0', 양수 '1' 표기), 구분자 1byte, 실제 Y축 기울기 3byte(도&분&초 표기, 각 byte 첫자리에 음수 '0', 양수 '1' 표기), 실제 레이저 회전속도 2byte로 총 29byte로 구성

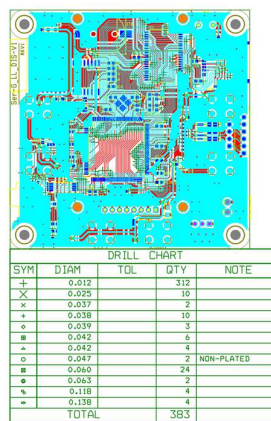
start code	00	5byte		
	00			
	00			
	00			
데이터 개수	7	1byte	패킷에 포함된 데이터의 수	
data1	00	1byte (도)	x축 기울기, 부호 : MSB 1bit	패널 → 구동부
	00	1byte (분)	x축 기울기, 부호 : MSB 1bit	패널 → 구동부
	00	1byte (초)	x축 기울기, 부호 : MSB 1bit	패널 → 구동부
구분자	FF	1byte (초)	항상 FF 값	
data2	00	1byte (도)	y축 기울기, 부호 : MSB 1bit	패널 → 구동부
	00	1byte (분)	y축 기울기, 부호 : MSB 1bit	패널 → 구동부
	00	1byte (초)	y축 기울기, 부호 : MSB 1bit	패널 → 구동부
data3	실제 회전값	1byte - 상위	spin speed (300 / 600 rpm)	패널 → 구동부
		1byte - 하위		
data4	1 / 2	1byte	온도 (영상 : 1, 영하 : 2)	구동부 → 패널
	00	1byte	온도 (가수부 숫자)	구동부 → 패널
	00	1byte	온도 (소수 숫자)	구동부 → 패널
예) 영상 23.14도 : 1(1byte) 23(1byte) 14(1byte) 영하 3.14도 : 2(1byte) 3(1byte) 14(1byte)				
data5	00	1byte	전압 값을 %로 계산 (6V : 100%) 1 : don't care, 2 : sleep, 3 : wakeup	구동부 → 패널
data6	00	1byte	4 / 5: 구동부 all stop/restart (패널 → 구동부)	패널 → 구동부
Data7	00	1byte (도)	실제 x축 기울기, 부호 : MSB 1bit	구동부 → 패널
	00	1byte (분)	실제 x축 기울기, 부호 : MSB 1bit	구동부 → 패널
	00	1byte (초)	실제 x축 기울기, 부호 : MSB 1bit	구동부 → 패널
구분자	FF	1byte (초)	항상 FF 값	
Data8	00	1byte (도)	실제 y축 기울기, 부호 : MSB 1bit	구동부 → 패널
	00	1byte (분)	실제 y축 기울기, 부호 : MSB 1bit	구동부 → 패널
	00	1byte (초)	실제 y축 기울기, 부호 : MSB 1bit	구동부 → 패널
Data9	실제 회전값	1byte - 상위	실제 spin speed (300 / 600 rpm)	구동부 → 패널
		1byte - 하위		

[레이저 송신기 PANEL ↔ 구동부 통신 프로토콜]

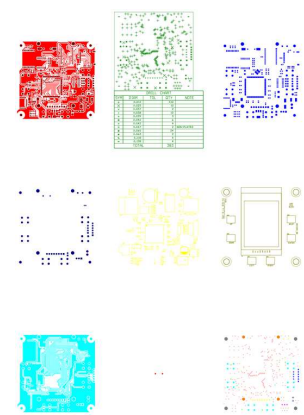
- : 협의 사항을 반영한 송신기 PANEL PCB 제작
- : PCB 앞면에는 경고등 표시 및 제어 수치를 보여주는 LCD 배치, 버튼은 설정 값 조절 버튼 2개(상승, 다운), 설정 목록 이동 버튼 2개(좌측, 우측), Sleep&Wake up 버튼 1개, 설정&Setting 버튼 1개로 총 6개 배치
- : PCB에 블루투스과 WIFI 통신 기능 추가



[개발 요청 PCB 기판용 회로도]



[PCB 부품배치도]

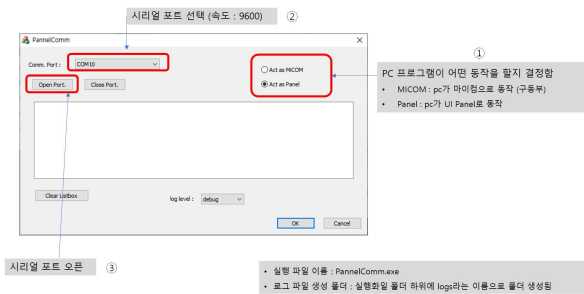


[PCB 아트웍]



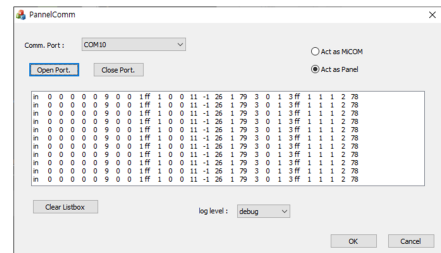
[개발 송신기 PANEL PCB 사진(좌:앞면, 우:뒷면)]

- : 참여기업 위키옵틱스에서 구동부가 작동할 수 있는 통신 코드를 시각화 할 수 있는 PC용 S/W 'PannelComm'을 제작하여 지금강에 공유함
- : 'PannelComm' S/W logs를 통하여 레이저 송신기 구동부 작동 알고리즘 파악



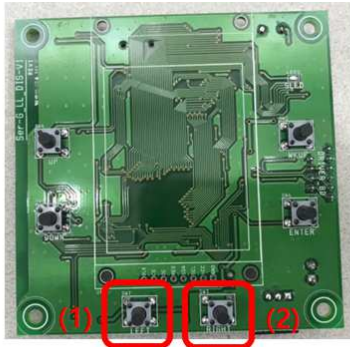
[(위키옵틱스 제공)'PannelComm' 사용방법]

프로그램 기본 값으로 했을 때 2560보에서 보내주는 값

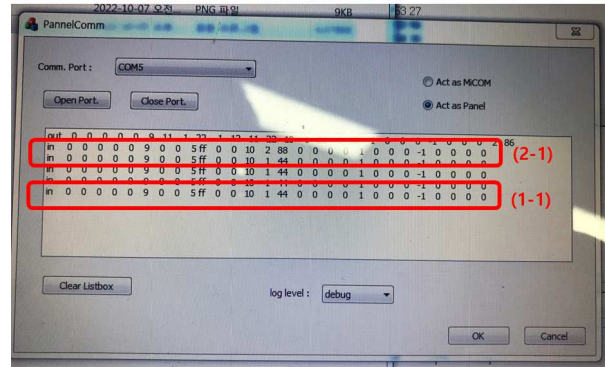


['PannelComm' 사용 결과 예시]

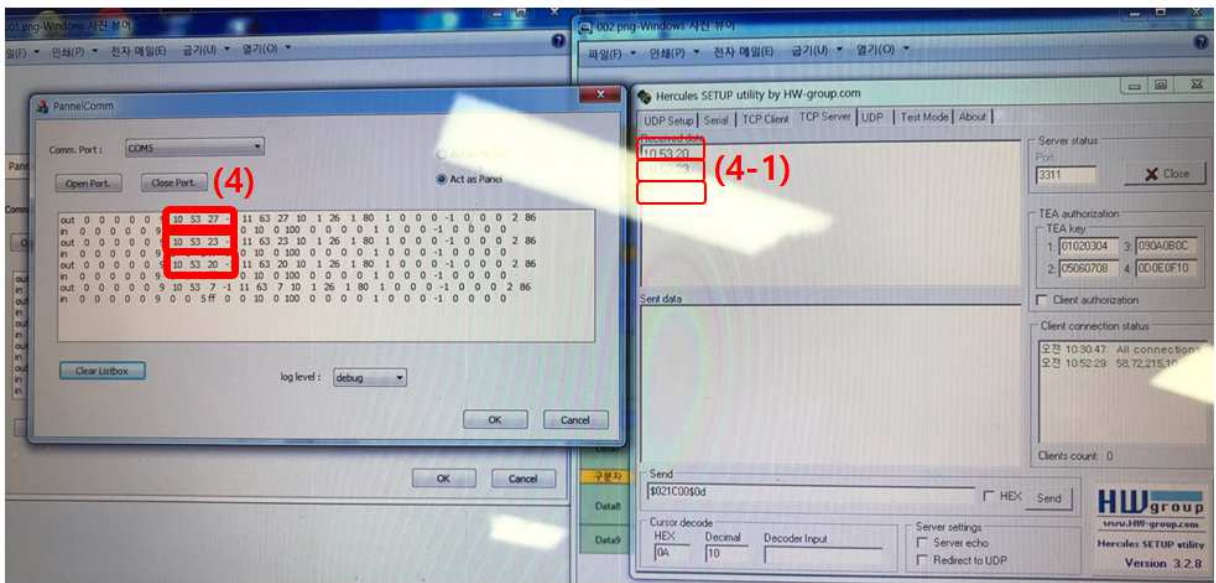
- : 'PannelComm' S/W를 기반으로 레이저 회전속도(RPM)만을 제어 할 수 있는 테스트용 PANEL PCB를 제작하여 참여기업 위키옵틱스에 공유
- : 테스트용 PANEL PCB 하측 버튼 2개를 통해 레이저 회전속도(RPM)을 1~600까지 제어 할 수 있음
- : 참여기업 위키옵틱스에서 요청한 통신 코드가 'PannelComm' S/W에 출력되는 것을 확인함
- : 구동부에서 피드백 신호로 패널에 올라오는 데이터를 패널 WIFI 통신으로 확인(테스트용 PCB는 LCD 미부착으로 피드백 신호 표시 불가능)



[송신기 테스트용 PANEL PCB]



['PannelComm' S/W를 통한 코드 확인]



[구동부 피드백 신호를 패널부에서 인식 확인]

: 지금강에서 제공한 송신기 테스트용 PANEL PCB를 통해 참여기업 위키옵틱스에서 레이저 회전속도 제어용 모터가 부착된 송신기 테스트용 구동부 PCB 제작 후 지금강에 공유



[(위키옵틱스 제공)송신기 테스트용 구동부 PCB]

- : 참여기업 위키옵틱스에서 제공한 '송신기 테스트용 구동부 PCB'를 이용하여 송신기 PANEL PCB(초안) 제작 후 위키옵틱스에 전달
- : 송신기 PANEL PCB(초안)은 LCD 사용자환경(GUI)을 제외한 협의사항을 모두 반영한 제품임
- : 송신기 PANEL PCB(초안)을 '송신기 테스트용 구동부 PCB'에 연결하여 레이저 회전 속도(RPM) 모터가 정상적으로 제어 됨을 확인함(신호 변화도 오실로스코프로 확인)
- : '송신기 테스트용 구동부 PCB'에서 올라오는 피드백 신호도 PANEL PCB(초안)에서 확인 가능함(실제 X축&Y축 기울기, 실제 레이저 회전속도, 내부온도는 '초안'에서는 구동부 제작을 위해 표기하지만, 추후 안보이고 경고 표시로 대체 계획), X&Y축 기울기 '- ' 표시 정상 작동 확인
- : 송신기 패널 버튼은 초기 계획대로 6버튼(설정 값 조절 버튼 2개, 설정 목록 이동 버튼 2개, Sleep&Wake up 버튼 1개, 설정&Setting 버튼 1개)으로 제작



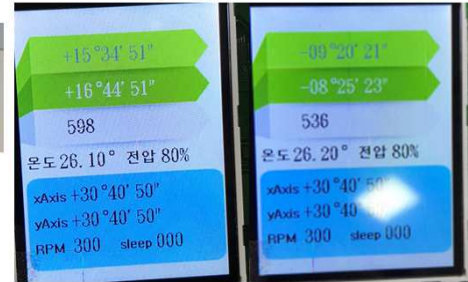
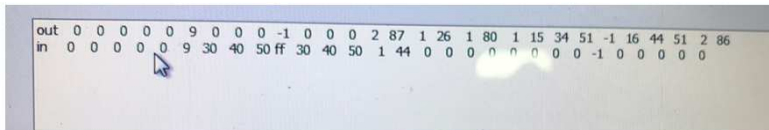
600rpm 신호



300rpm 신호

균평기 송신기 패널 테스트

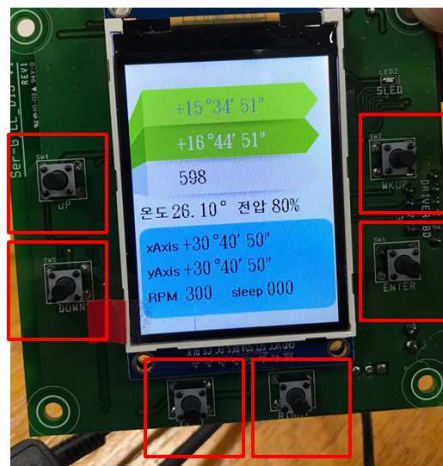
[송신기 PANEL PCB(초안) 테스트 사진]



[송신기 PANEL PCB(초안) 테스트 결과]

[1] 설정 값 상승

[2] 설정 값 다운

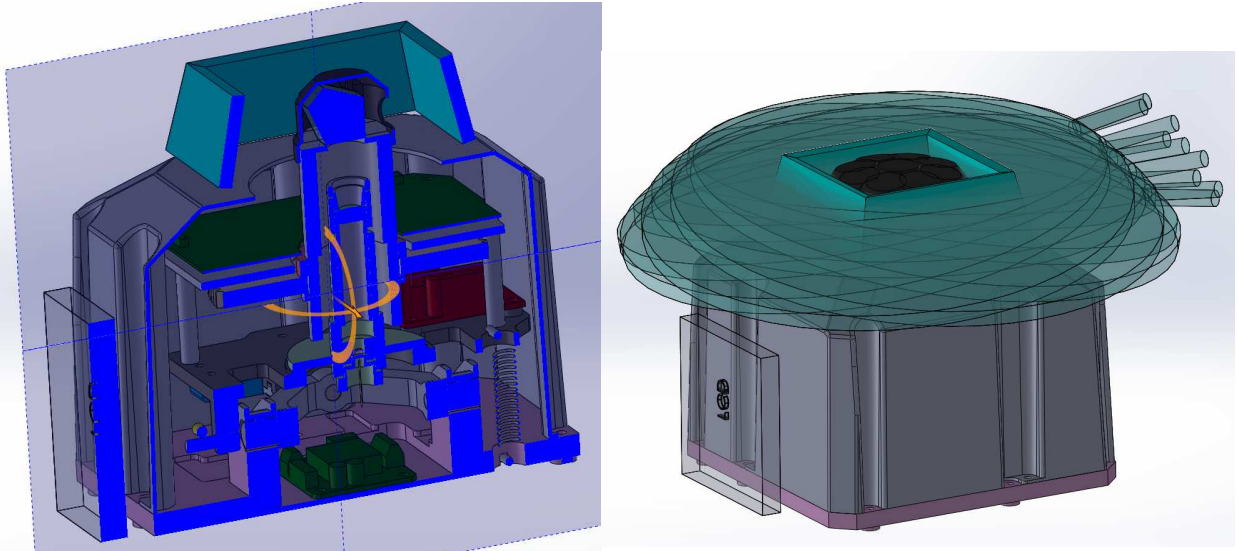


[6] Sleep(02)/Wake(03)

[5] 메뉴on/Setting 완료

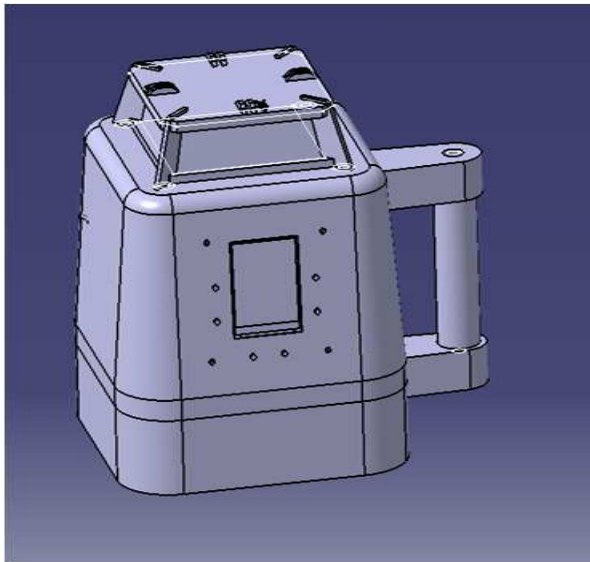
[3] 커서 좌(左) 이동 [4] 커서 우(右) 이동

[송신기 PANEL PCB(초안) 사진]



[(위키옵틱스 제공)송신기 기구부 모델링]

- : 참여기업 위키옵틱스에서 제공한 송신기 기구부 모델링을 이용하여 하우징 설계
- : 최초 개발한 송신기 PANNEL PCB 초안에 맞게 결합할 수 있도록 버튼부 구멍 및 결합부위 구성하여 3D 설계 및 3D프린터 출력
- : 출력에 사용된 장비는 RAPLAS사의 SL660으로, SLA방식, 즉 광경화 재료를 이용하여 UV 빛을 이용해 재료를 경화하여 층을 형성하는 방식의 3D 프린터이며, 정밀도가 높아 의료용 모델, 프로토타입 제작 등에 사용되고 있음

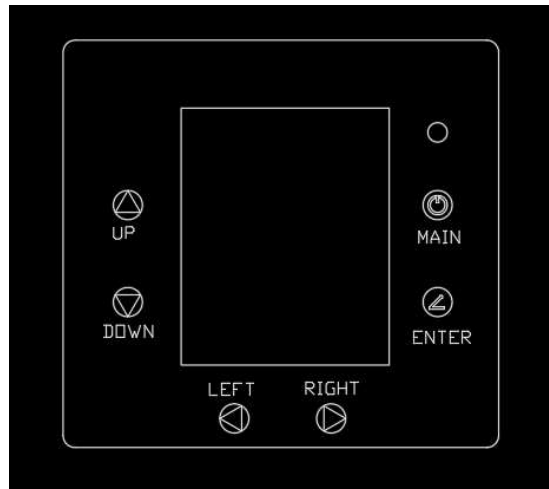
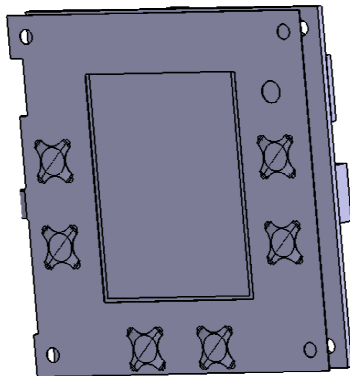


[송신기 하우징 모델링(초안) / SL660(3D프린터)]



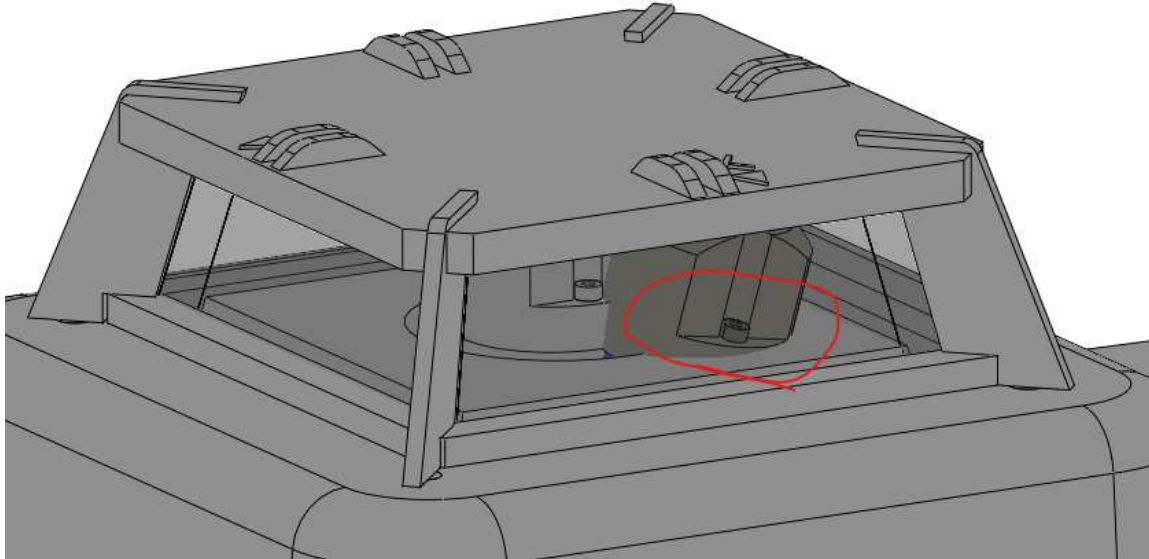
[출력 결과물 및 PCB/기구 결합]

: 프로토타입 제작 결과 돌출형 버튼의 경우 하우징 자체의 두께로 인해 버튼을 구현하는 데에 적절하지 않음. 따라서, 멤브레인 PCB를 추가 제작하고, 엠보싱 스티커를 추가 제작하여 버튼부로 사용할 수 있도록 설계 변경

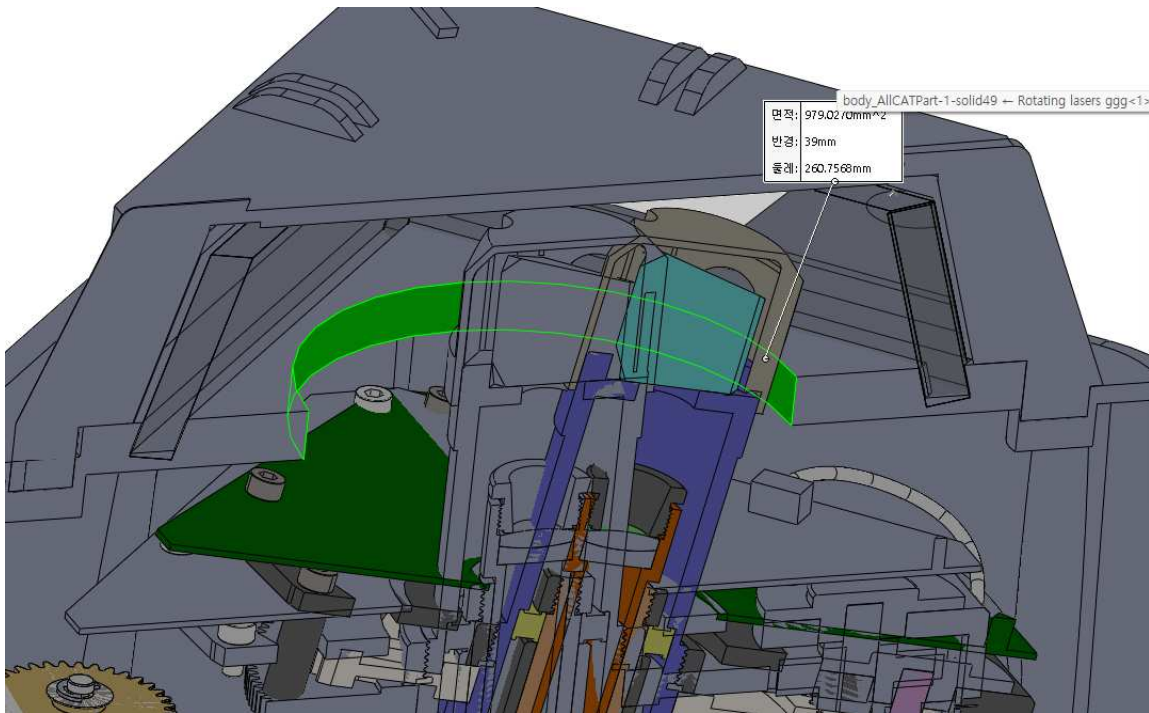


[멤브레인 PCB 및 엠보싱 스티커 초안]

: 또한 기구부 Tilting 시 간섭 문제를 해결하기 위해 상부 홀 지름을 50mm에서 78mm 까지 확장하여 tilting 각도가 x, y축으로 8도까지 기울일 수 있도록 설계 변경하였음. 이 때 gap margin은 3.6mm정도로 여유로움

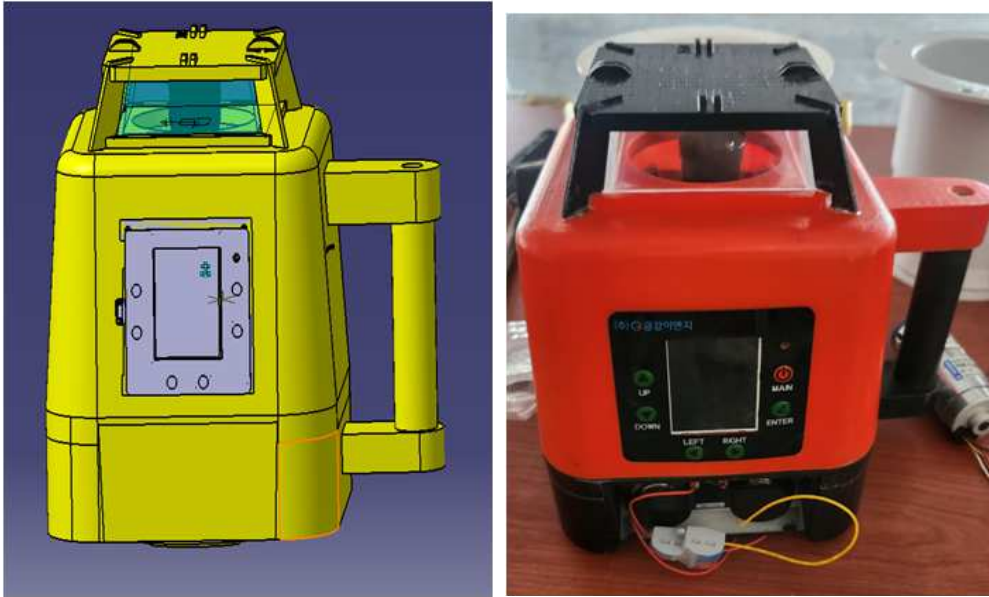


[기구부 tilting각도에 따른 간섭 문제 발생]



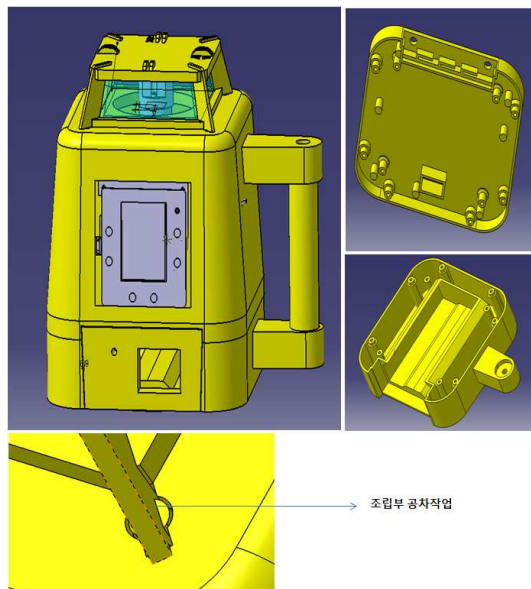
[기구부 tilting각도에 따른 홀 크기 계산]

: 설계 변경을 반영하여 3D프린터를 이용하여 케이스 제작을 진행하였으며 도색 작업을 하여 송신기케이스 시제품을 제작함.



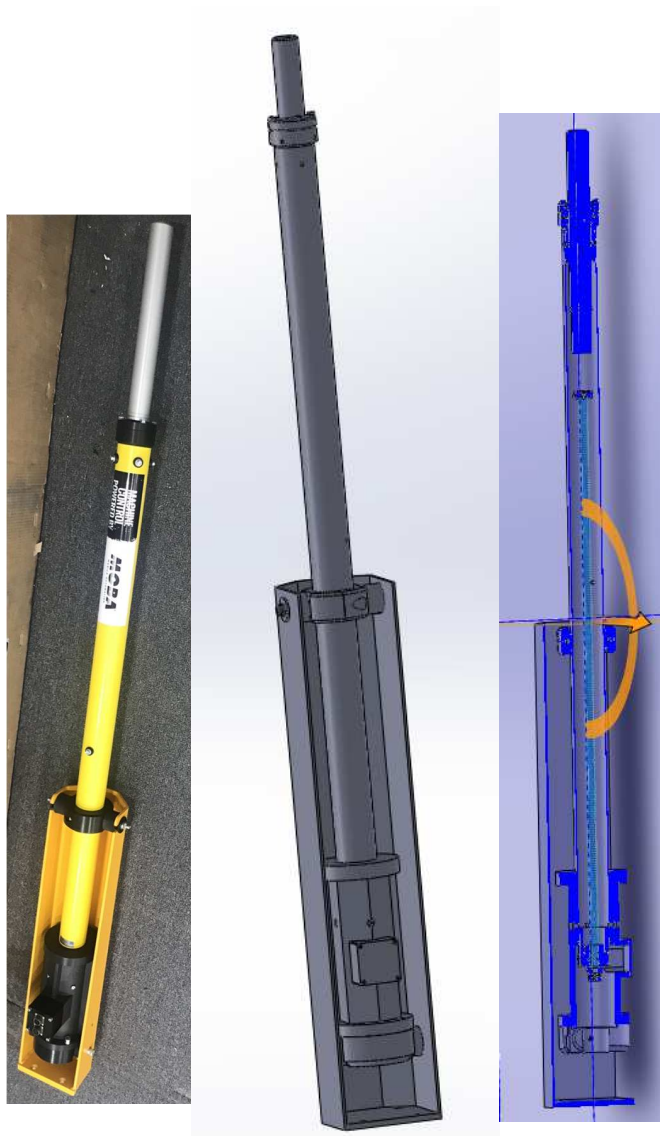
[모델링 수정 및 송신기케이스 시제품]

: 제작된 시제품의 경우 3D프린터의 특성 상 조립을 위해 만든 구멍들의 크기가 축소되는 문제가 발견되어, 조립에 어려움이 있었음. 따라서, 결합부에 공차를 적용하여 조립에 용이하게 설계를 변경하였으며, 무게를 줄이고 제작비용을 절감하기 위하여 살빼기 작업을 진행함. 또한 PANEL PCB와 기구부 사이에 약간의 간섭이 존재하기 때문에, 이 문제를 해결하기 위해 크기를 조정하였음.



[모델링 추가 수정]

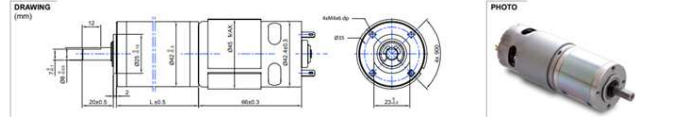
- 레이저 수신기 부착을 위한 전동마스트 개발
 - 수신기 up/down 제어를 위한 전동마스트 개발
 - : 선진社 Electric Mast 2D&3D 설계 수행



[(선진사)Electric Mast 2D&3D 부품 설계 및 Assembly 설계]

: 선진社 Electric Mast는 'PD4266 41W(Gear Reducer 14:1, Encoder)'을 사용했으나, 참여기업 한국로봇융합연구원이 국내용 Electric Mast에는 'PG42-BL4252-12V(24:1)'를 선정함

PD4266 / Ø 42mm / 41W / 35W



MODEL NO. DESIGNATION
 PD4266 - VOLTAGE - REDUCTION - B F E C
 Example: PD4266-12-4-BFEC
 B = Ball bearing E = Encoder
 F = EMC Filter C = Plastic encoder cover

GEAR MOTOR DATA

Reduction	4:1	14:1	17:1	24:1	49:1	61:1	84:1	104:1	144:1	212:1	294:1	504:1	624:1	720:1	864:1	1062:1	1470:1	2500:1	3000:1	3600:1
Nominal torque 12 V (mNm) *	216	637	863	863	1765	1765	1765	1961	1961	2452	2452	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942
Nominal speed 12 V (rpm) *	1400	405	325	248	120	98	76	63	45	31	22	13.5	13.9	9.5	8	6.5	4.6	2.7	2.3	1.9
Nominal torque 24 V (mNm) *	177	530	647	785	1569	1765	1765	1961	1961	2452	2452	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942
Nominal speed 24 V (rpm) *	1445	420	340	246	122	102	77.5	63	47	31	21.8	13.5	13.9	9.5	8	6.5	4.6	2.7	2.3	1.9
Length (mm)	98	105	105	105	112	112	112	112	112	119	119	119	119	119	119	119	125	125	125	125
Weight (g)	499	551	551	551	591	591	591	591	591	641	641	641	641	641	641	641	686	686	686	686

GEAR HEAD DATA


Reduction	4:1	14:1	17:1	24:1	49:1	61:1	84:1	104:1	144:1	212:1	294:1	504:1	624:1	720:1	864:1	1062:1	1470:1	2500:1	3000:1	3600:1
Max. continuous torque (mNm)	294	785	785	785	1765	1765	1765	1961	1961	2452	2452	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942	2942
Intermittently permissible torque (mNm)	883	2354	2354	2354	5296	5296	5296	5884	5884	7355	7355	8826	8826	8826	8826	8826	8826	8826	8826	8826
Efficiency %	60	70	70	70	60	60	60	60	60	50	50	50	50	50	50	40	40	40	40	40
Length L (mm)	32.5	39.2	39.2	39.2	45.9	45.9	45.9	45.9	45.9	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3
Weight (g)	139	191	191	191	231	231	231	231	231	281	281	281	281	281	281	326	326	326	326	326

[선진사 Electric Mast용 DC Motor]

GEAR RATIO

감속기 길이(L)	mm	32.5	39.2	45.9	52.6				
감속비	i/1	4	14	24	61	104	144	212	294
정격속도	rpm	2,615	747	436	171	101	73	49	36
정격토크	Kgf.c.m	1.62	4.9	8.4	20.13	34.32	47.52	69.96	97.02

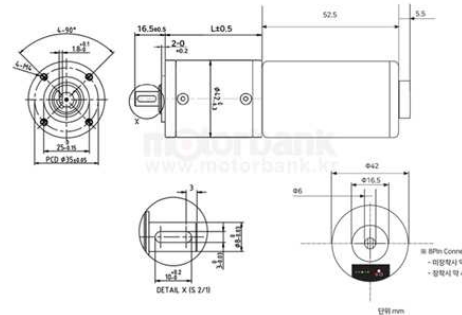
WIRING DIAGRAM



MOTOR SPECIFICATION

- 구동도구이며 외장형 BLDC 모터
- 전압 : DC 20V
- 전류 Current : 1.2A
- 출력 Power : 18W
- 최대 속도 Max.RPM : 10450 RPM

→ DC 12V 사용 가능



12V mm 용량(Weight) 510g (24에서 104까지 기준)

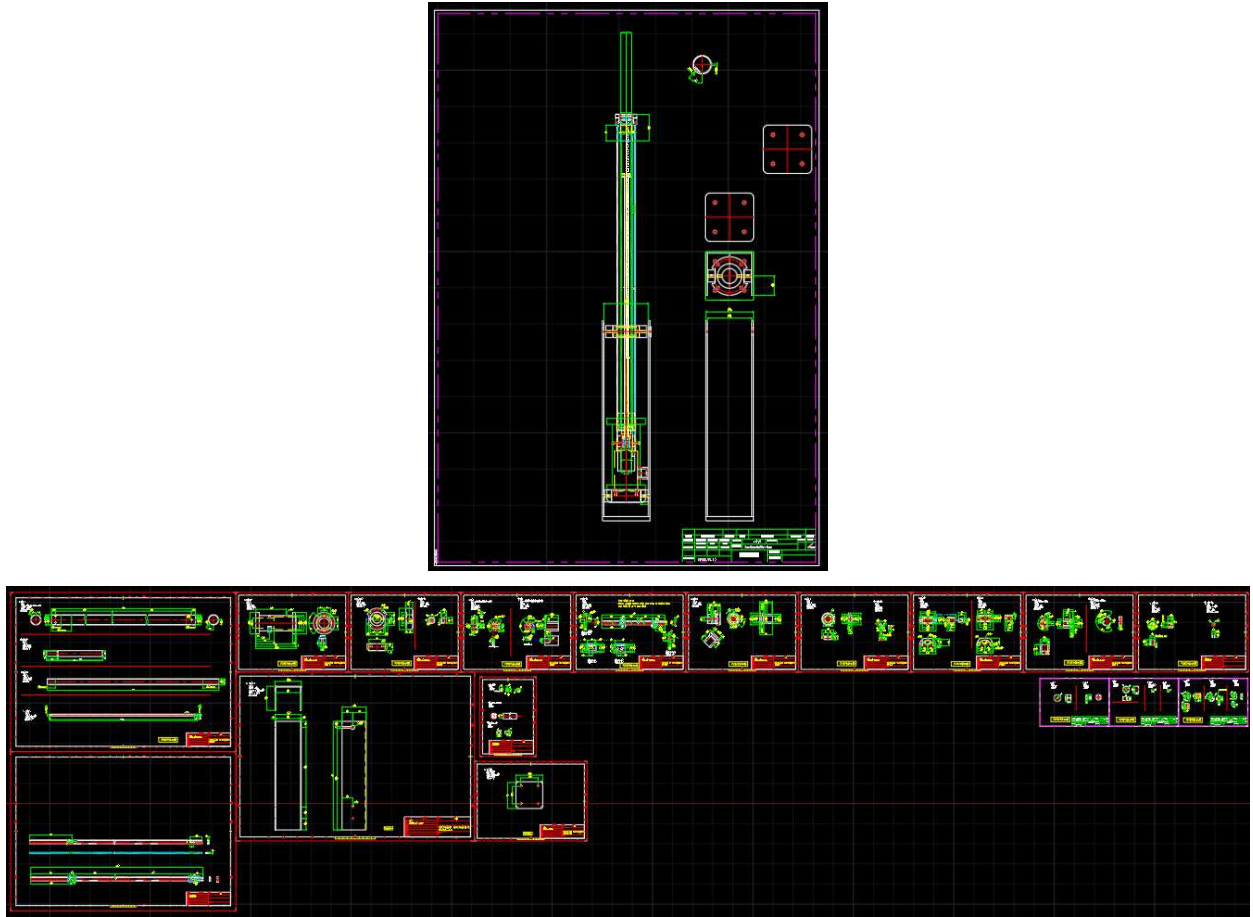


[국산화 Electric Mast 적용 BLDC Motor]

- : 트랙터 시가잭(or 배터리)에서 공급되는 12V 전원
- : Electric mast up/down를 위한 모터는 BLDC를 적용. 이동량은 홀센서에서 측정한 회전량을 바탕으로 산출
- : 수신기의 진동감쇄를 위하여 진동감쇄 고무를 적용하여 진동 최소화
- : 고감쇠 방진고무를 적용
- : 전동마스트는 균평할 위치의 높낮이를 평가하기 위한 등고선 생선시, 항상 레이저가 수신부의 중앙에 위치하도록 전동 마스트가 up/down하며 이때 변형량은 모터의 회전량에 의해 결정
- : 스크류와 리드 스크류 너트 선정
- : 트랙터 캐빈보다 수신기의 위치가 높아야 하기 때문에 최대 stroke는 1000mm 적용
- : 외부의 스테인레스 파이프의 규격은 호칭지름 65로 바깥지름이 76.3mm 이며, 두께는

3mm를 사용

- : 레이저 균평기 스크래퍼 위에 전동마스트를 설치시 수신기가 수직으로 설치됨
- : 변경된 BLDC Motor 연결부와 작동부 설계 변경을 포함하여, 국산 상용 파이프 규격 적용을 반영한 Electric Mast 벤치마킹 설계 수행
- : 국산화 Electric Mast 제작 완료



[Electric Mast 국산화를 위한 벤치마킹 설계]



[Electric Mast 기계부 제작 완료]

: 국산화 Electric Mast 제어부(컨트롤러)는 참여기업 한국로봇융합연구원에서 제작 중에 있지만, 기계부를 제작하는데 간단한 동작 테스트를 위해 참여기업 한국로봇융합연구원 에서 선정 한 'PD4266 41W(Gear Reducer 14:1, Encoder)' BLDC 모터 제어용 드라이버 선정 및 구입

BLDC 모터 센서 드라이버 BLC-151
Brushless Motor Controller Sensor BLDC 12V-24V 15A 10Pin / ACC

SPECIFICATION

- 사용 전압: DC 12V~24V
- 정격 전류: 15A
- 저전압: 9V ± 1V
- 위상: 60/120
- 10Pin, Sensor Controller

MOUNTING FEATURE

WIRING DIAGRAM

RED	VCC (+)
BLACK	GND (-)
YELLOW	PH (+)
BLUE	PH (-)
GREEN	Ma (+)
BROWN	Ma (-)
BLUE	Hb (+)
GREEN	Hb (-)
YELLOW	Hc (+)
BLACK	Hc (-)
RED	VCC (DI)

REVERSE
BROWN Reversing
BLACK GND

STARTER
YELLOW 5V
BLACK GND

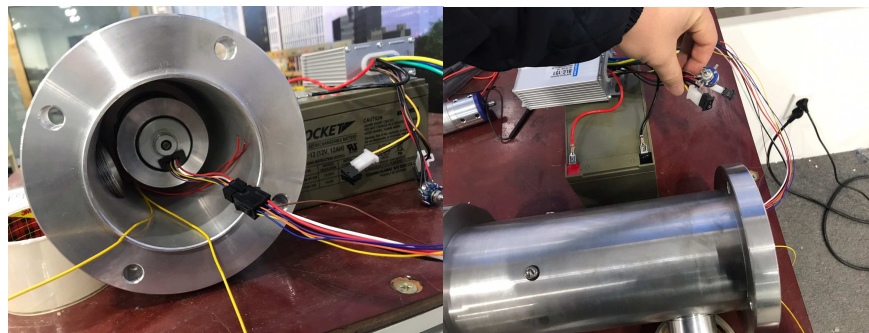
SPEED CONTROL INPUT
RED 5V
BLACK GND



[Electric Mast 국산화를 위한 벤치마킹 설계]

: Electric Mast 조립 후, BLDC 모터와 드라이버를 통한 작동 테스트 진행 완료

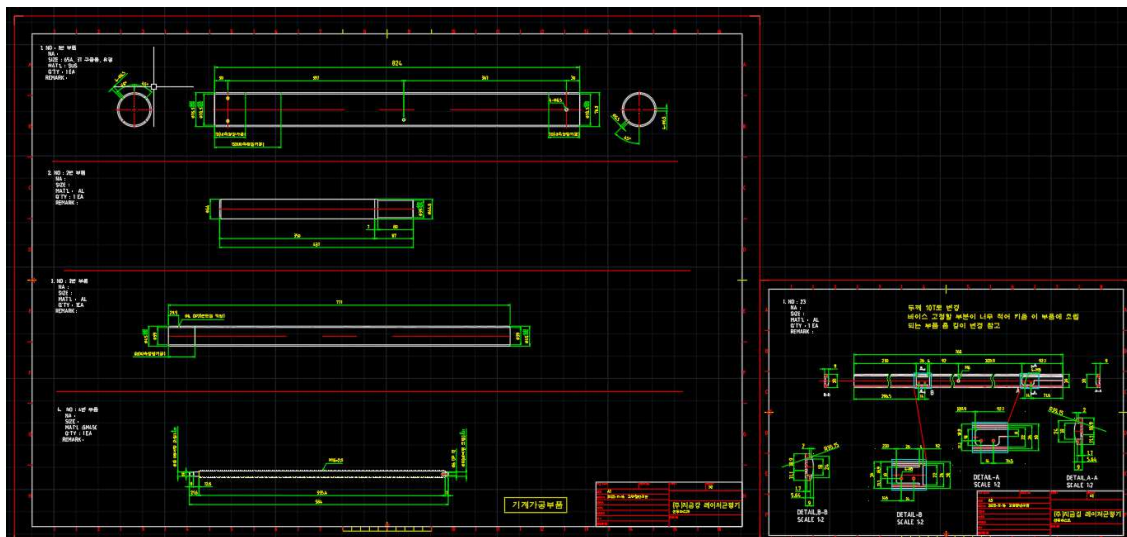
: Electric Mast 기계부 문제점 확인 및 수정 가공 계획



[Electric Mast 조립 및 작동 테스트 수행]

: 신규 제작한레이저 균평기 B타입의 경우 A타입에 비해 마스트 설치대가 높기 때문에 마스트 길이를 단축 설계하여 B타입용 마스트를 신규 제작함.

: 전체길이 1943.9mm에서 1582.5mm로 감소, 스트로크 890.1mm에 442.9mm로 감소



[길이 단축 마스트 가공 도면]



[길이단축 마스트 가공품]

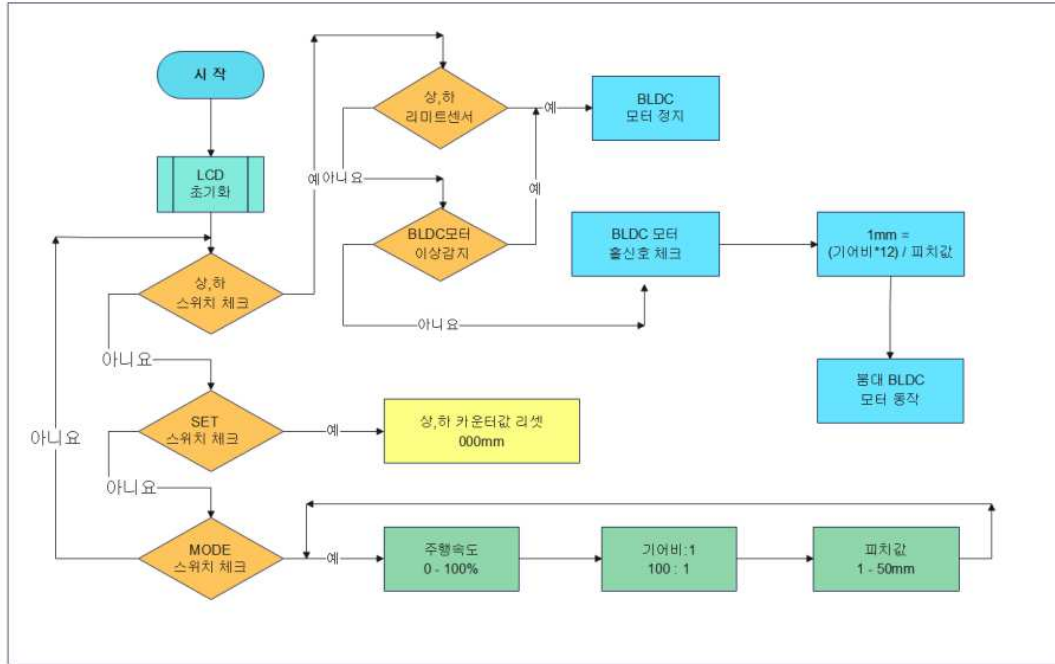


[길이단축 마스트 완성품]

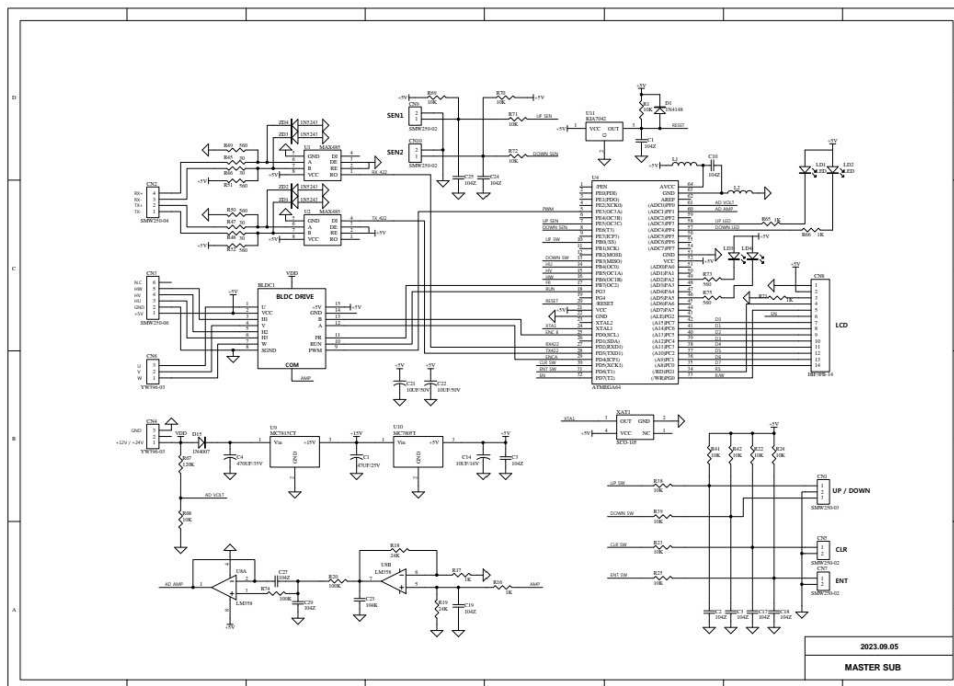
- 마스트 테스트를 위한 컨트롤 테스트기 제작

: BLDC 모터의 홀센서 신호를 취득하여 엔코더 없이 마스트를 mm단위로 제어하기 위해 마스트 컨트롤러 제작을 진행함

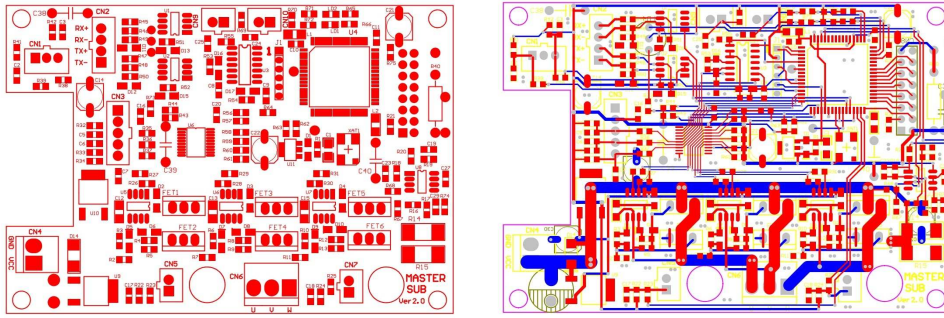
- : Parameter로 필요한 정보는 마스트 리드스크류의 pitch(mm)값과 기어비
- : 홀센서 신호로 취득한 RPM정보와 pitch, gear ratio를 이용하여 마스트 종단점 속도 계산 및 위치 계산이 가능함
- : Mode 변경을 통해 parameter를 입력하여 속도제어 및 위치제어가 가능하도록 개발
- : 플로우차트 및 PCB 설계 진행함



[마스트 컨트롤 테스터기 flow chart]

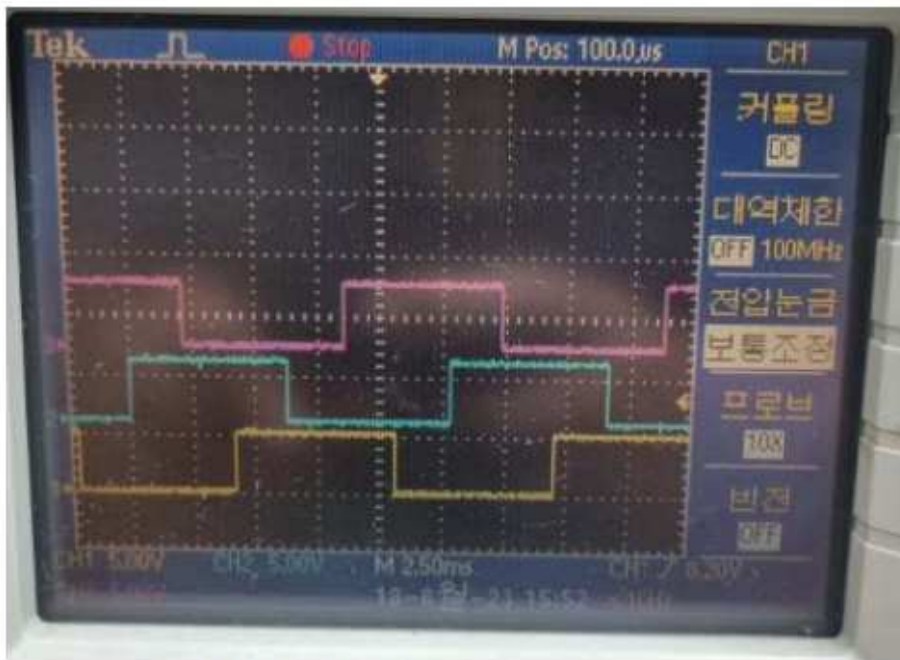


[마스트 컨트롤 테스터기 회로도]

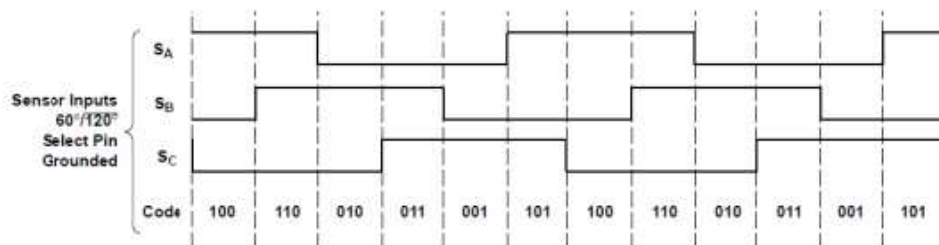


[마스트 컨트롤 테스터기 PCB 회로도]

- : BLDC모터의 홀센서 신호를 취득하였으며, 이 때 모터의 RPM 계산식은 다음과 같음
- : $RPM = 120 * \text{홀신호(Hz)} / \text{모터 극수}(4)$



< BLDC MOTOR HALL 신호 120각도 >



[BLDC모터 홀센서 신호 측정]

- : 모터 속도는 6개의 FET소자에 PWM방식으로 제어함
- : 이 때 마스트 종단위치 계산식은 다음과 같음
- => 종단위치 = $RPM * \text{감속기 기어비} * \text{pitch(mm)}$



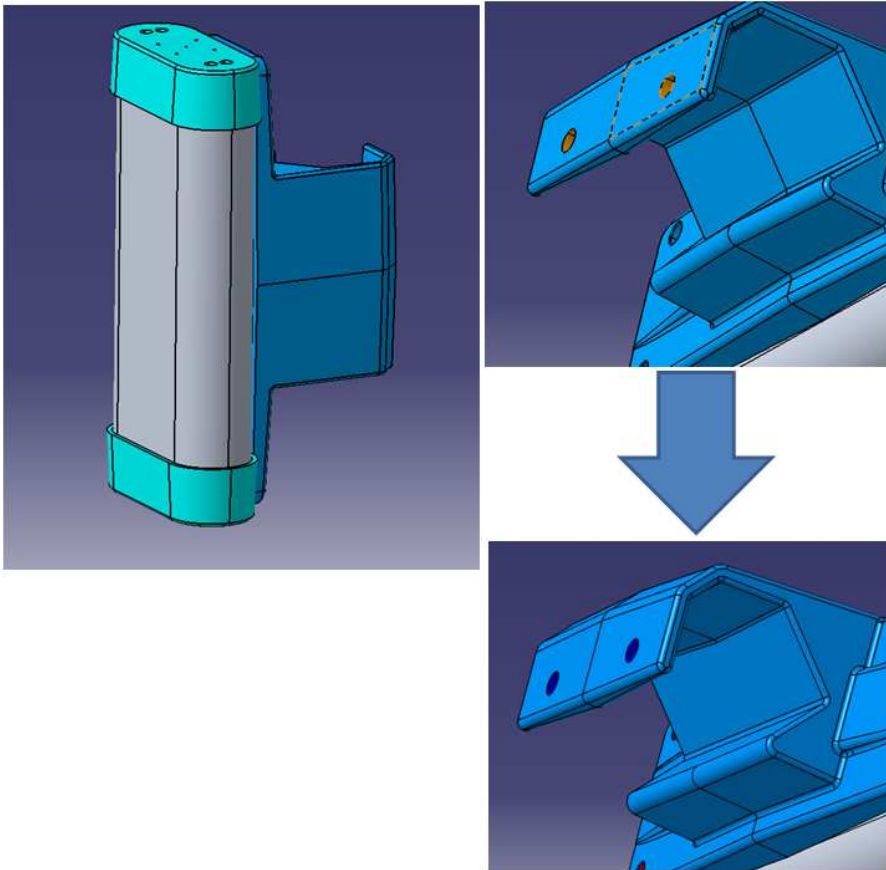
[BLDC모터 기반 마스트 컨트롤러]

- 수신기 하우징 개발

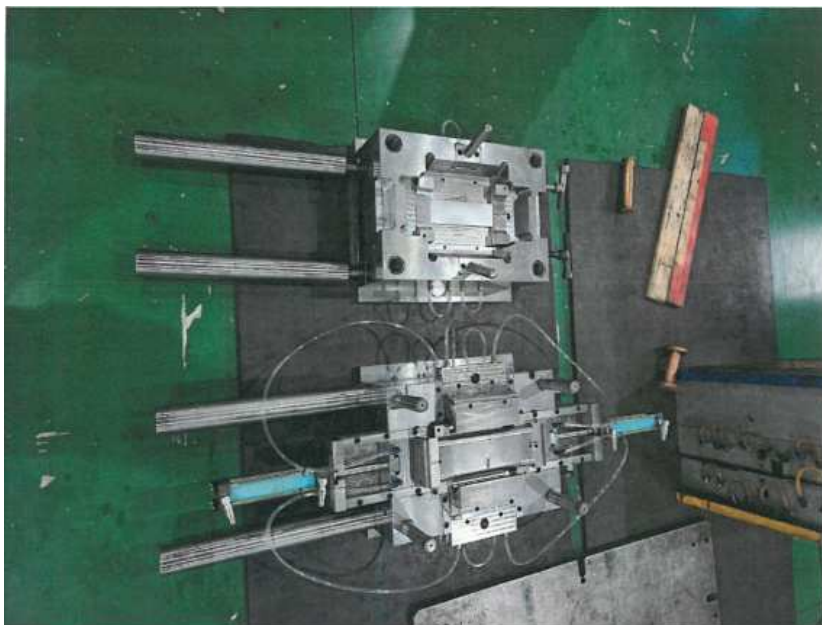
: 한국광기술원에서 PCB의 모델링을 제작하였으며 이를 기반으로 지금강에서 수신기 하우징을 개발함

: 최초 설계에서 금형을 제작할 것을 대비하여 틀빠기 작업에 용이하도록 경사면을 추가하여 설계하였고, 마스트 접촉면의 경사는 최소화 하였으며, 금형 제작 전 가공을 통해 조립성을 확인

: 수신기 케이스 또한 금형으로 제작하였으며 투과율 테스트를 진행함



[수신기 하우징 모델링/접촉부 경사면 제거]



[수신기 아크릴 케이스 금형틀]



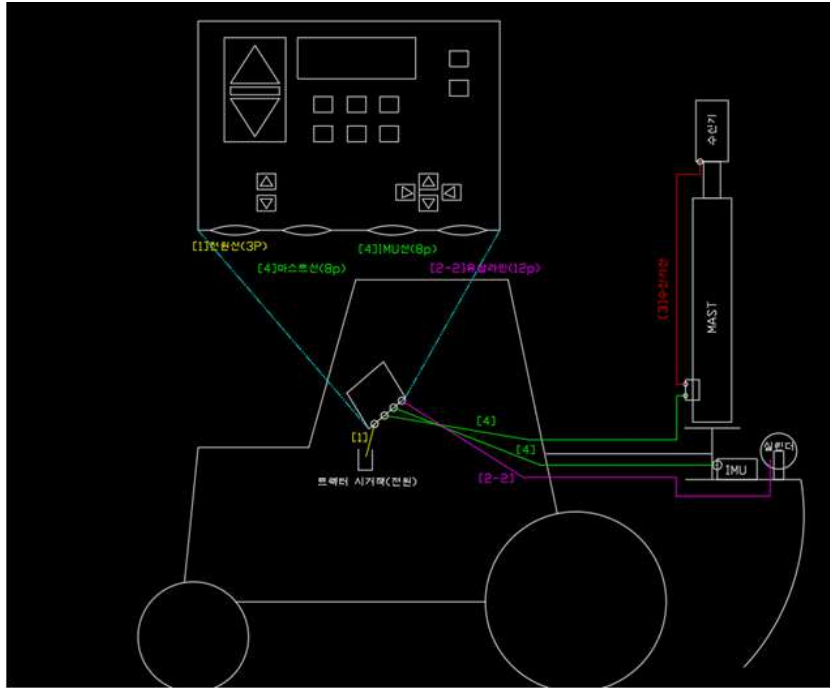
[하우징 가공 결과 및 사출 결과]

: 수신기 케이스 조립성 확인 후 상/하단 커버와 마스트 홀더 부분의 금형 및 도색을 진행함



[하우징 사출 및 도색 결과]

- 수신기/유압제어/컨트롤러 연결 하네스 제작
 - : 레이저 균평기 시스템 통신을 위해 통신선 제작을 지금강에서 진행
 - : 선진사 시스템을 벤치마킹하여 통신선 제작
 - : 전선 종류 및 커넥터는 사용 환경을 고려하여, 선진사 제품 조건을 충족 하게 설계했으며, 국산화를 위해 커넥터는 국내 연합정밀사의 제품으로 제작



[선진사 레이저 균평 시스템 통신선 연결 개략도]

: 통신선 종류는 (1) 12V 100W 정도의 트렉터 시거잭 연결 타입 to 3핀의 전원 선, (2) 12핀 to 'Cable socket with central screw'의 유압 제어선, (3) 8핀 to 8핀에 스프링 타입의 전선을 사용한 수신기선, (4) 8핀 to 8핀에 일반 전선을 사용한 IMU선, (5) 12핀 to 12핀 일반전선의 보조선을 제작 의뢰함

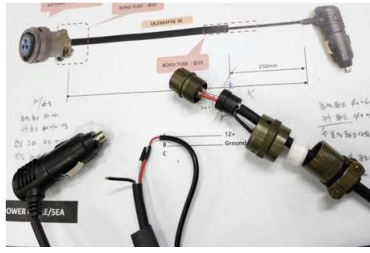
: (2) 12핀 to 'Cable socket with central screw'의 유압 제어선은 개발 균평기 TYPE_A는 접이용 실린더 1개(균평 스크래퍼)만 사용하기 때문에 (사각)Cable socket with central screw 2개를 설치한 (2-1)과, 개발 균평기 TYPE_B는 접이용 실린더 2개(균평 스크래퍼, 흙 분쇄기)를 사용하기 때문에 (사각)Cable socket with central screw 4개를 설치한 (2-2)를 별도로 제작 의뢰함(실린더 1개를 제어하는 Sol Valve 1개 당 2개의 Cable socket with central screw가 필요)

: 통신선에 부착되는 원형 커넥터와 연결될 사각 커넥터(상대물)도 수량에 맞춰 발주

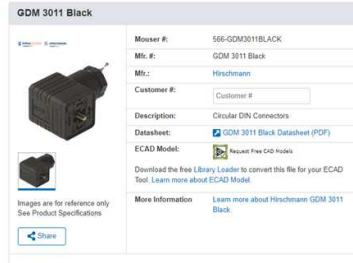
<p>1 전원선, 3M, 샘플점부 5개 제작</p> 	<p>2-1 HYDRAULIC, 5.5M, 12핀, 사각어댑터 2개 샘플점부 1개 제작</p> 	<p>2-1 HYDRAULIC, 5.5M, 12핀, 사각어댑터 2개 샘플점부 1개 제작</p> 	 <p>RIGHT SIDE - UP COIL</p>  <p>RIGHT SIDE - DOWN COIL</p> 
<p>3 수신기선, 길이샘플점조, 8핀, 스프링케이블, 샘플점부 5개 제작</p> 	<p>2-2 HYDRAULIC, 5.5M, 12핀, 사각어댑터 4개 전선별 추가 필요 샘플 미점부 4개 제작</p> 	<p>2-2 HYDRAULIC, 5.5M, 12핀, 사각어댑터 4개 전선별 추가 필요 샘플 미점부 2개 제작</p> 	
<p>4 IMU 선, 5M, 8핀 샘플 없음, 3번과 전선동일 5개 제작</p> 	<p>5 HYDRAULIC, 5.5M, 12핀, 양쪽 원형 어댑터 2개 제작</p>  <p>12핀 돌출형 12핀 매립형</p>	<p>LEFT SIDE - UP COIL LEFT SIDE - DOWN COIL</p>   <p>2-1 사각어댑터 2개 샘플 참조</p>	

[레이저 균평기 통신선 종류 및 핀 연결 조건]

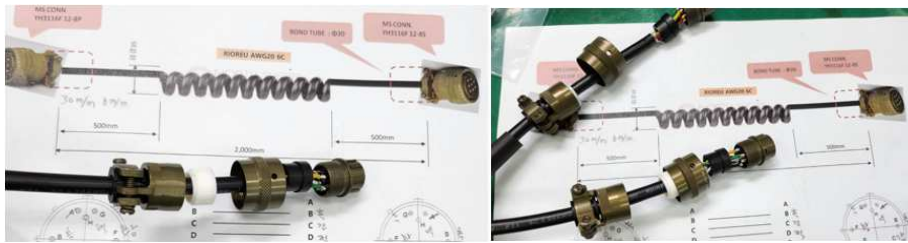
: 통신선 제작시 방수처리 확인 및 전선 및 어댑터 규격 확인



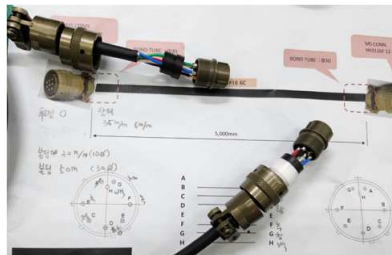
[(1)전원선 제작 사진]



[(2)유압 제어선 제작 사진]



[(3)수신기선 제작 사진]



[(4)IMU선 제작 사진]

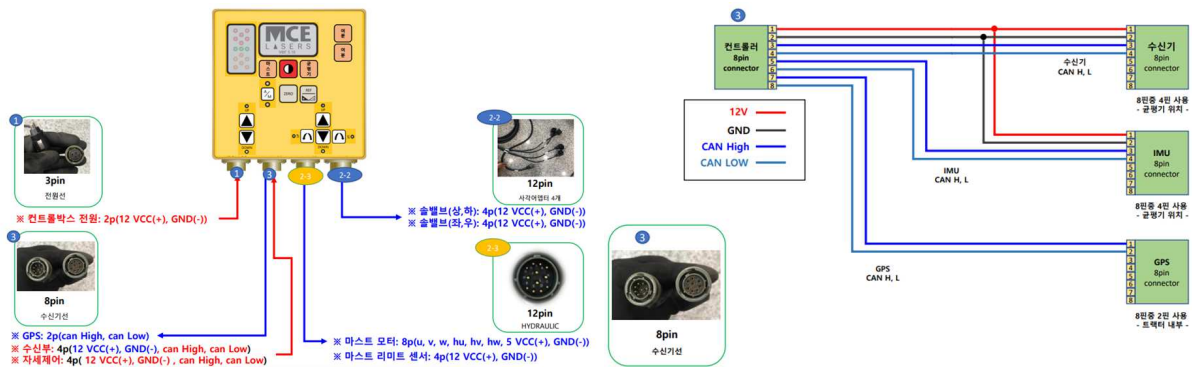


[(5)보조선 제작 사진]



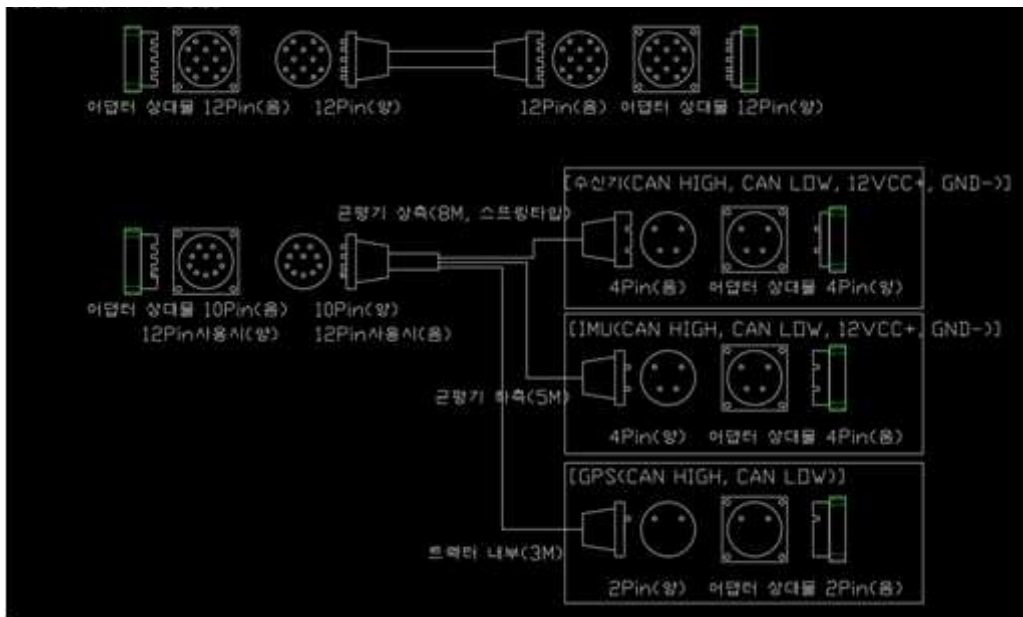
[통신선 및 사각 어댑터(상대물) 입고 사진]

- : 참여기업 한국로봇융합연구원에서 통신선 변경 요청
- : 선진사의 레이저 균평기 통신 라인은 수신기에서 마스트로 연결 후, 마스트에서 제어 DC모터 신호까지 통합해서 컨트롤러에 연결되었지만, 개발 균평기 통신 시스템은 정밀 마스트 제어를 위해 BLDC모터와 근접센서가 추가 부착되어 마스트 별도로 12핀 to 12핀 통신선을 사용해야함. 수신기가 컨트롤러로 직접 연결되어야 함.
- : 선진사 통신 시스템에 없는 GPS가 추가되었고, IMU도 상시 부착이 필요하여 추가 라인이 필요함
- : 컨트롤러는 이미 설계가 완료되어 제작이 준비 중이기 때문에 Port 추가가 어려움(기존 4 Port)
- : (2)유압제어 통신선은 실린더와 직접 연결되기 때문에 분배가 어려움



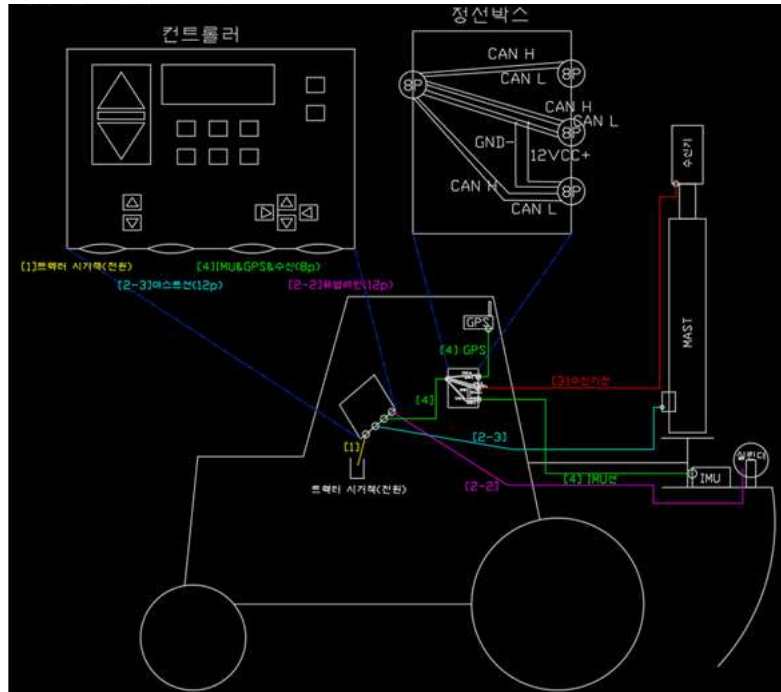
[(한국로봇융합연구원 제공) 통신선 변경 요청]

- : 선진사의 IMU 8핀 to 8핀을 분배하여 IMU & GPS, 수신기 신호를 받기 위해 통신선 변경이 필요함
- : 컨트롤러의 8핀을 통해 IMU와 GPS, 레이저 수신기를 모두 연결할 수 있는 추가 통신선 설계



[한국로봇융합연구원 요청, 통신선 추가 설계]

- : 커넥터 제작 및 하네스 작업 일정 문제와 GPS는 트랙터 내부에 설치되고 IMU는 균평기에 설치, 수신기는 마스트 위에 설치로 인한 전선 내구성 문제등으로 신규 IMU선 발주는 취소
- : 기존 발주 전선을 활용하기 위해서 정선박스를 추가 제작하기로 결정
- : 컨트롤러에서 정선박스 'IN'으로 (4) 8핀 to 8핀 통신선을 사용, 정선박스 OUT-1 GPS 라인에서 GPS로 (4) 8핀 to 8핀 통신선 사용, 정선박스 OUT-2 수신기 라인에서 수신기로 (3) 8핀 to 8핀 통신선 사용, 정선박스 OUT-3 IMU 라인에서 IMU로 'IN'으로 (4) 8핀 to 8핀 통신선 사용



[개발 균평기 통신 시스템 최종 개략도]

- : 참여기업 한국로봇융합연구원에 컨트롤러 케이스에 사각어댑터 부착 후, 통신선 연결하여 전달 완료, 정선박스에서 수신기와 연결될 (3)통신선 1개, IMU와 GPS로 연결될 (4)통신선 2개도 같이 전달
- : 참여기업 한국로봇융합연구원에서 핀 연결 단자 번호 전달 받으면, 정선 박스 작업 계획



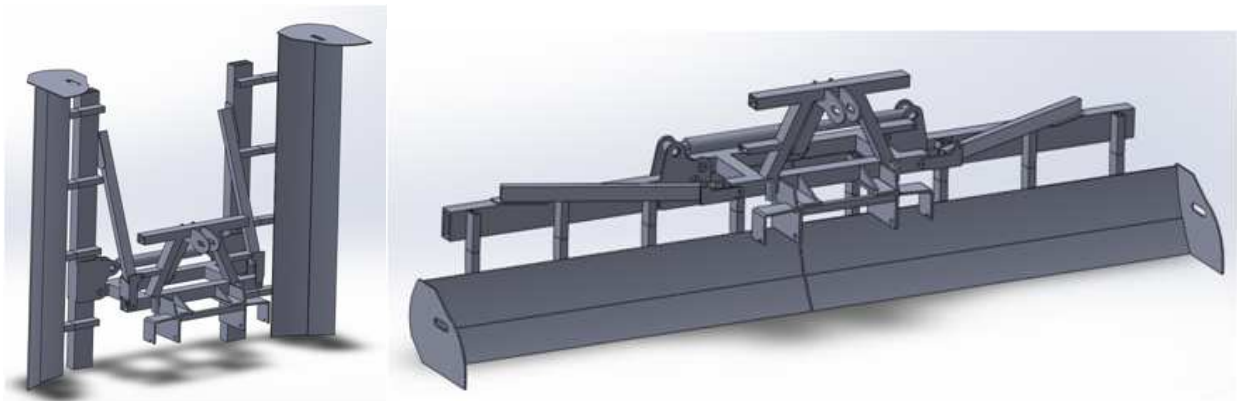
[컨트롤러에 통신선 및 사각 커넥터(상대물) 연결 사진]

○ 균평기 기구물 및 유압제어 로직 개발

- TYPE_A 균평기 설계(트랙터 부착 Attachment 개발)

: 시중 트랙터 사양을 고려한 레이저 균평기 모델을 2개로 선정(TYPE_A, TYPE_B)

: TYPE_A는 경심제어가 가능한 트랙터에서 사용할 수 있는 모델로 균평 깊이 조절은 트랙터 3점 링크의 경심조절 장치를 이용해서 로아 링크 움직임을 이용함. 균평기의 유압라인은 스크래퍼 접이를 위한 실린더 1개가 설치되며, 유압라인은 트랙터의 유압을 이용하기 때문에 자체 유압펌프나 오일탱크가 필요 없음. 수평제어도 트랙터의 수평(몬로) 제어를 통해 제어 함



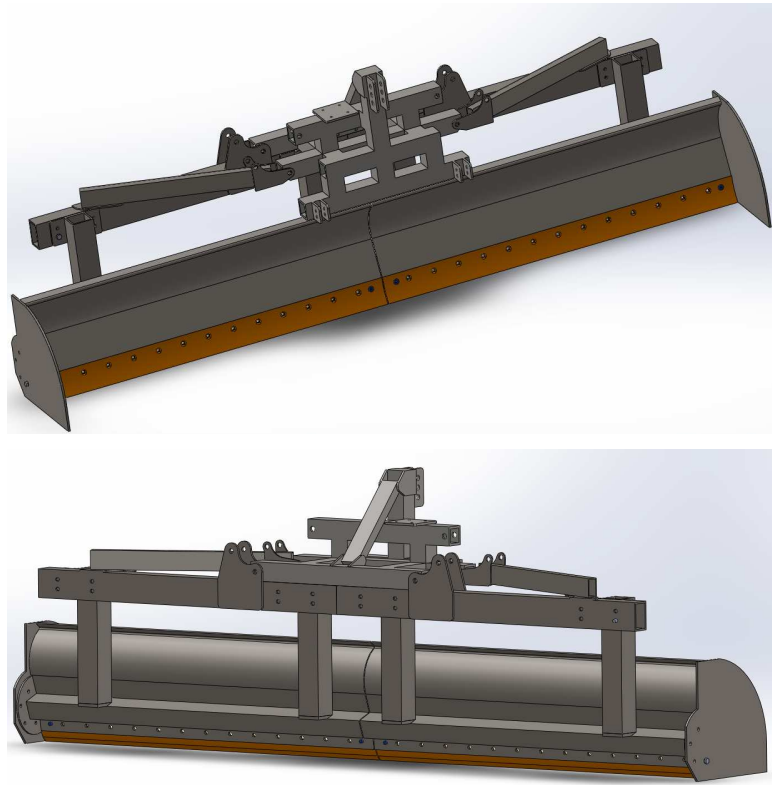
[SUGANO社] 레이저균평기 3D 모델링

: SUGANO社 레이저균평기를 벤치마킹하여 TYPE_A 레이저균평기 설계

: 국산 상용 각파이프 규격에 맞춰 파이프 사이즈 조절 및 트랙터 부착 Attachment 개발(3점 링크, 트랙터 종류 별 높낮이 조절을 위해 탑링크 홀 3개, 하부링크 홀 2개 제작)

: 스크래퍼 날과 측면 커버 등 부품 교체를 위해 볼트 체결 방식으로 설계

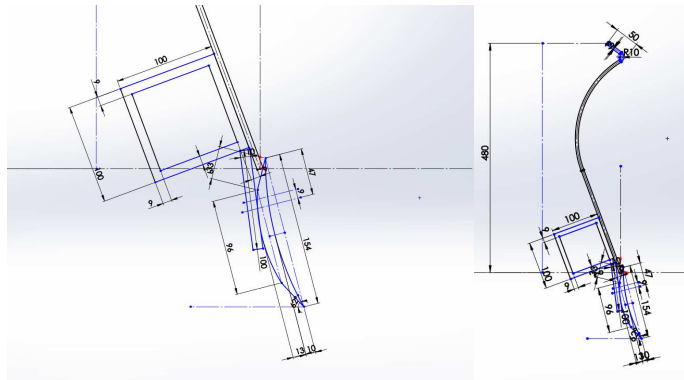
: 스크래퍼 후면에 강도 보강을 위해 각파이프 추가, 제작 용이성을 위해 스크래퍼 고정
은 각파이프 밴딩 없이 2개로 지지



[TYPE_A 벤치마킹 설계]

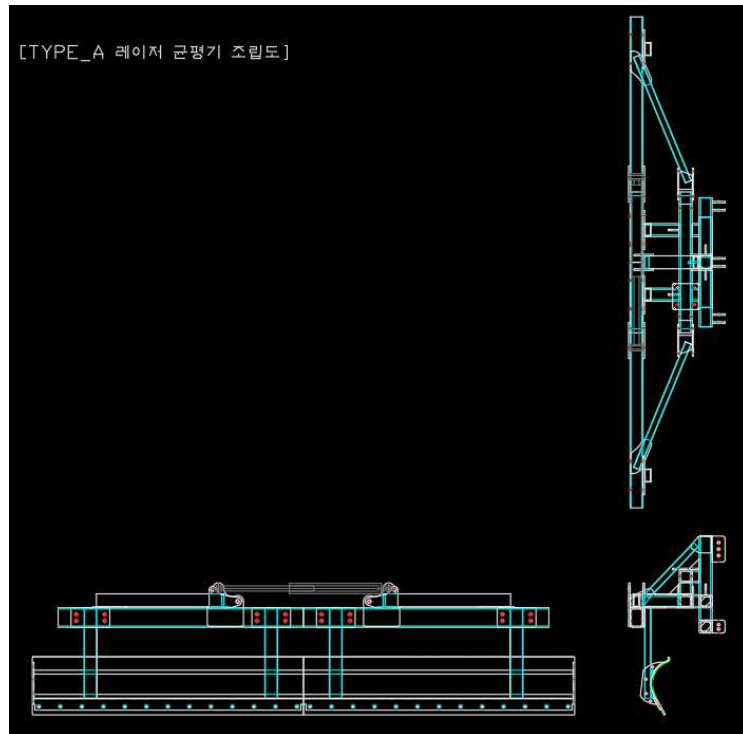
: 스크래퍼 날은 그레이더용 날 적용을 검토했으나, 자체 날의 각도 때문에 균평각 조절
에 문제가 있어 미적용

: 스크래퍼 날은 판재 가공을 통해 평면 날로 적용

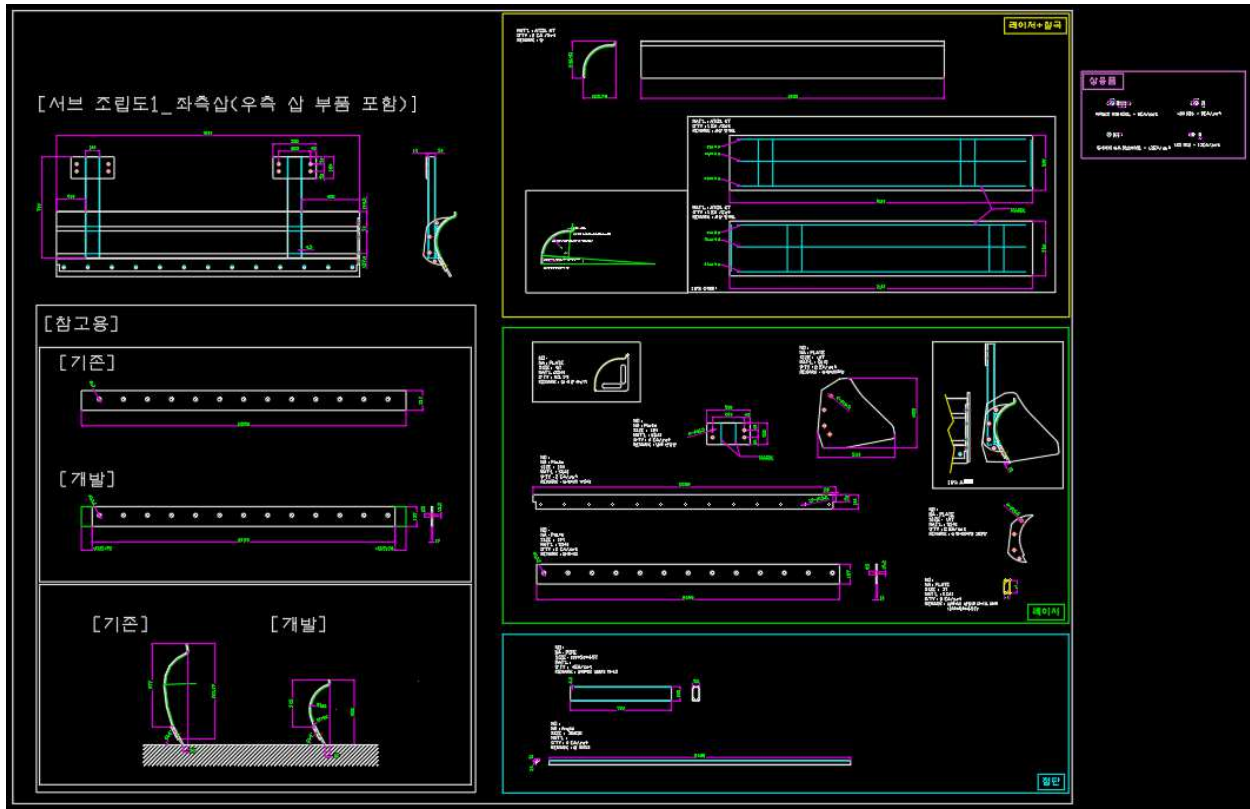


[스크래퍼 날 적용 검토]

: Type_A 레이저 균평기 전체 조립도 및 서브조립도, 부품도 설계



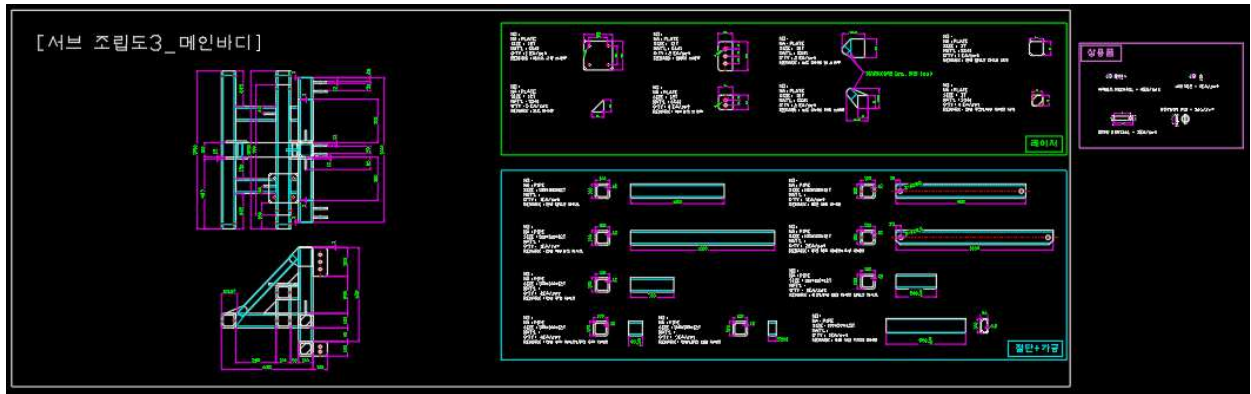
[(TYPE_A) 전체 조립도]



[(TYPE_A)서브 조립도1_스크래퍼(좌&우) 서브 조립도 및 부품도]

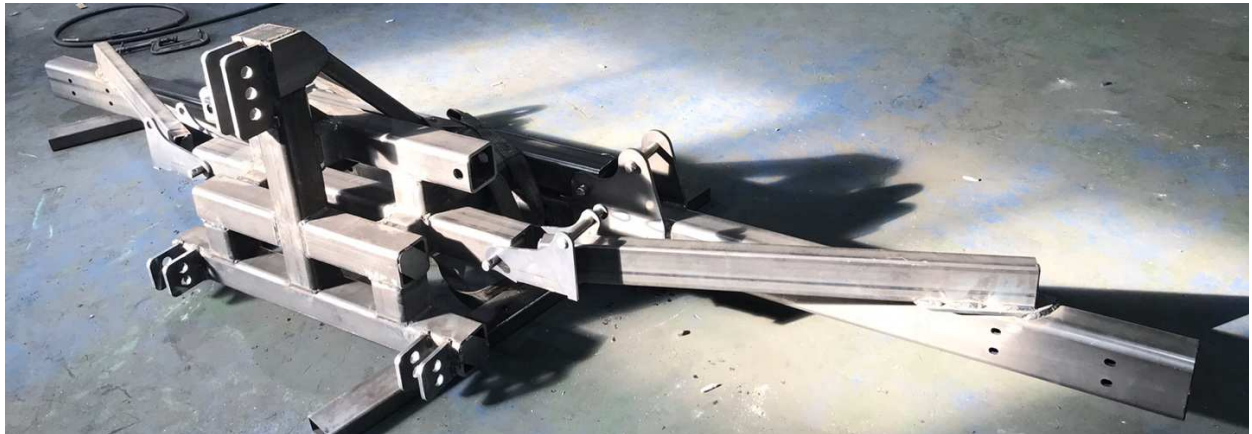


[(TYPE_A)서브 조립도2_날개(좌&우) 서브 조립도 및 부품도]



[(TYPE_A)서브 조립도3_메인바디 서브 조립도 및 부품도]

- TYPE_A 균평기 제작(트랙터 부착 Attachment 개발)
- : 레이저 균평기 시제품 TYPE_A 용접 및 제작 완료
- : TYPE_A 시제품 수동 동작 테스트 및 간섭체크 확인 완료

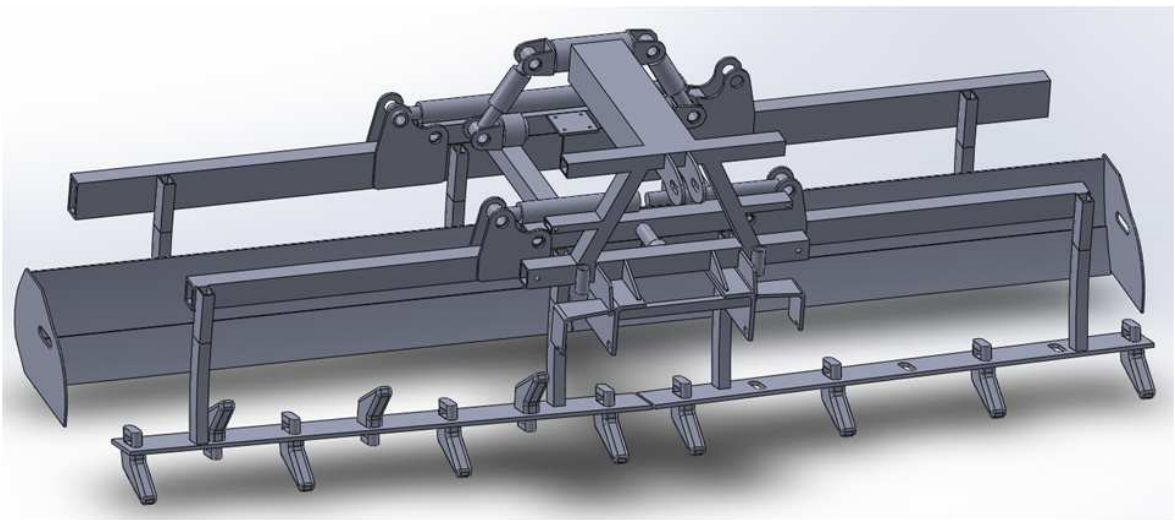
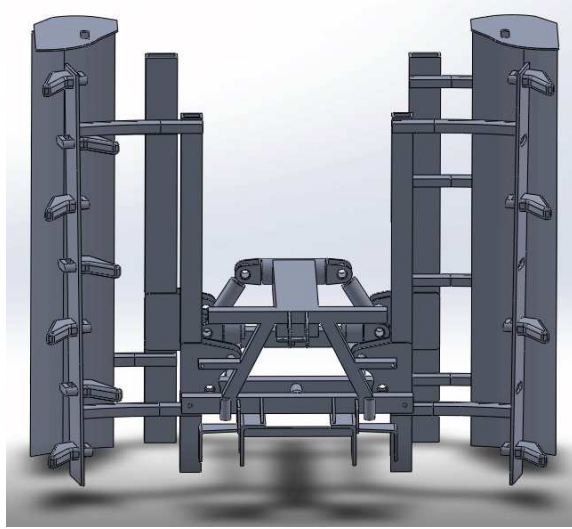


[레이저 균평기 시제품 TYPE_A 제작 사진]



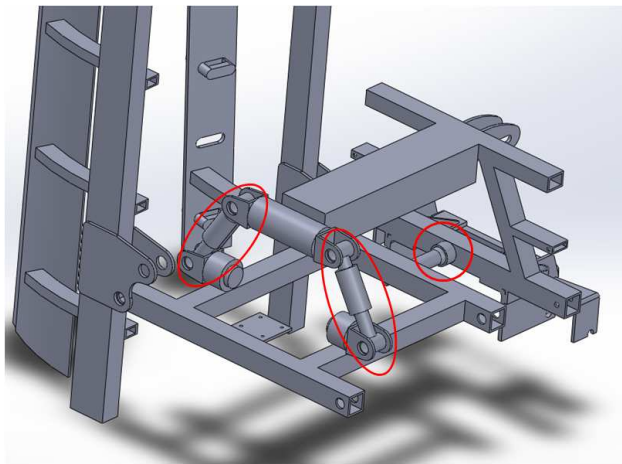
[레이저 균평기 시제품 TYPE_A 도장 완료 사진]

- TYPE_B 균평기 설계 (균평기 수평제어 장치 및 유압제어 로직 개발 및 높낮이 및 좌우 균평제어가 가능한 스크래퍼 개발)
 - : TYPE_B는 경심 제어가 불가능한 트랙터에서 사용할 수 있는 모델로 선정
 - : Type_A와 같이 작업 시 4.2m의 작업 폭을 사용하지만, 도로 주행 시에는 2.5m 이하로 접어서 이동해야함. 접이식 실린더가 필요하며, 트랙터의 유압을 사용할 계획임
 - : 작업기(균평기) 자체적으로 스크래퍼 높이 제어를 위해 추가 실린더가 필요하며, 스크래퍼 높이 제어용 실린더 작동을 위해 별도의 유압펌프와 오일탱크가 필요함.
 - : 수평&경사 제어도 작업기(균평기) 자체적으로 수행해야 하며 균평기 자체실린더를 사용해야함.(유압시스템을 고려하여 높이제어 실린더를 공용으로 사용 계획)
 - : TYPE_B의 스크래퍼 높이조절 및 수평제어는 메인바디와 서브바디를 연결한 실린더 2개로 제어 할 계획임. 높이&수평 실린더를 동시에 같은 방향으로 작동하면 스크리퍼 높이가 조절되고, 다른 방향이나 하나의 실린더만 작동하면 스크래퍼 경사를 조절하는 방식으로 설계



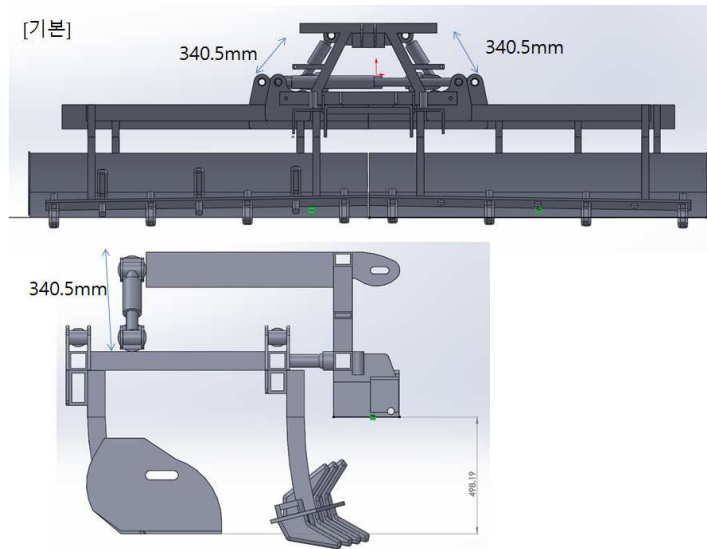
[TYPE_B 개념도 설계]

- : TYPE_B 초기 설계는 메인바디와 서브바디가 2축 힌지로 연결 되어 있고, 서브바디 뒤 쪽과 메인바디 위쪽이 실린더(스크래퍼 높이&수평 제어용) 2개로 3 Point 고정됨
- : 또한 별도의 유압펌프와 오일탱크를 설치해야 해서 메인바디 뒤쪽에 설치함



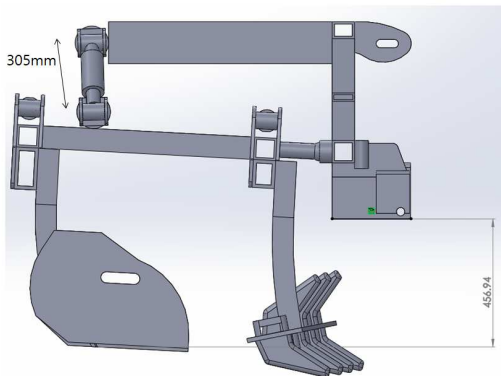
[TYPE_B 개념도 설계]

: 개념 설계 상, 스크래퍼 상승 및 하강은 큰 문제없어 보였으나, 중립시 양쪽 피스톤 길이가 정확히 동일하지 않아 비틀림 발생 확인(균평 깊이 목표는 만족)

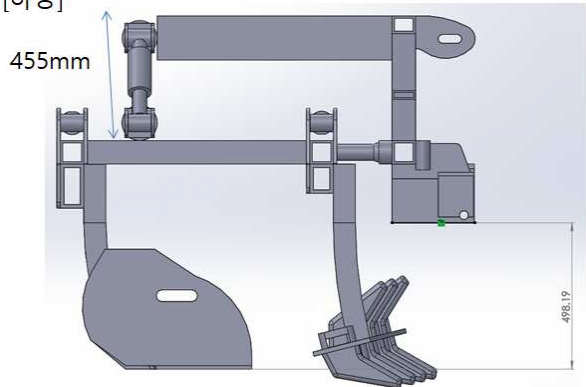


[TYPE_B 스크래퍼 중립]

[상승]



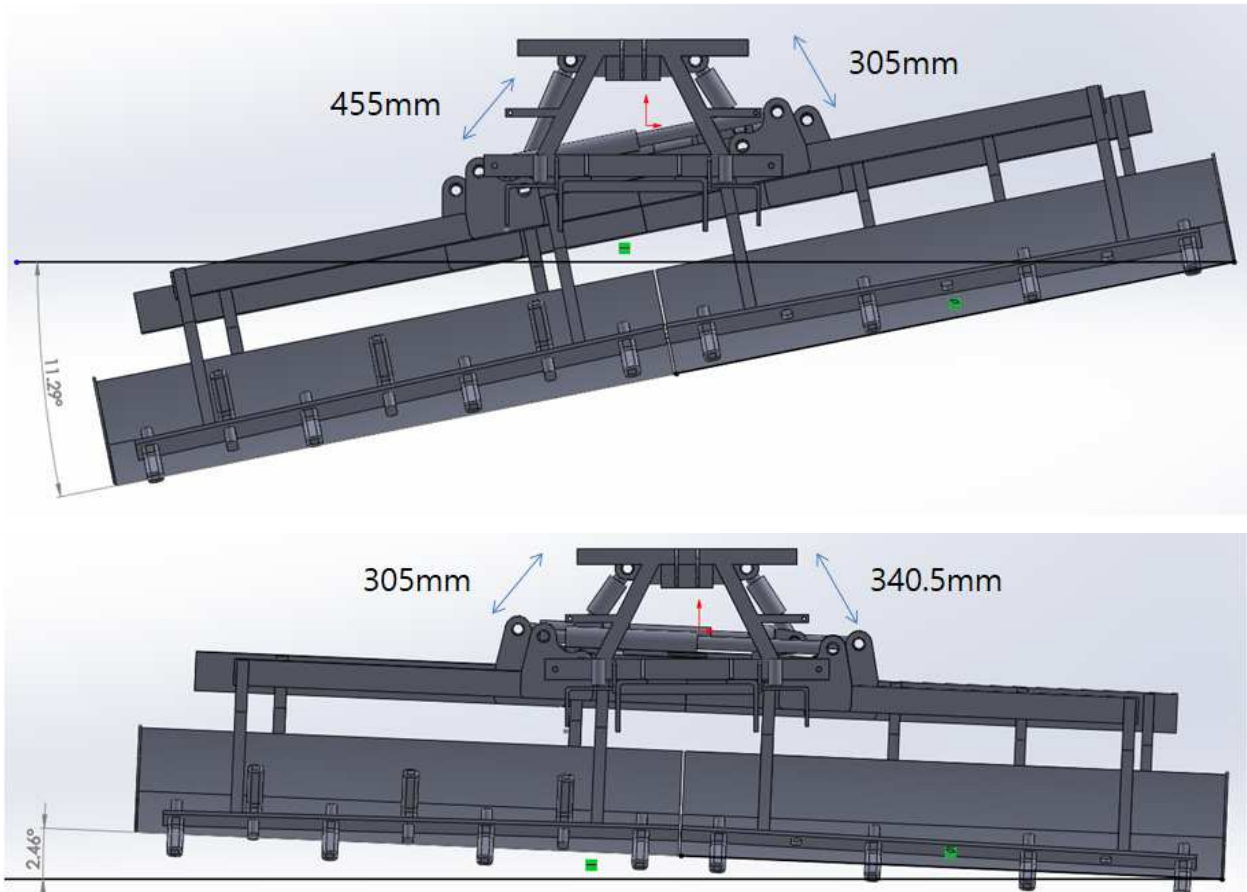
[하강]



[TYPE_B 스크래퍼 상승 및 하강]

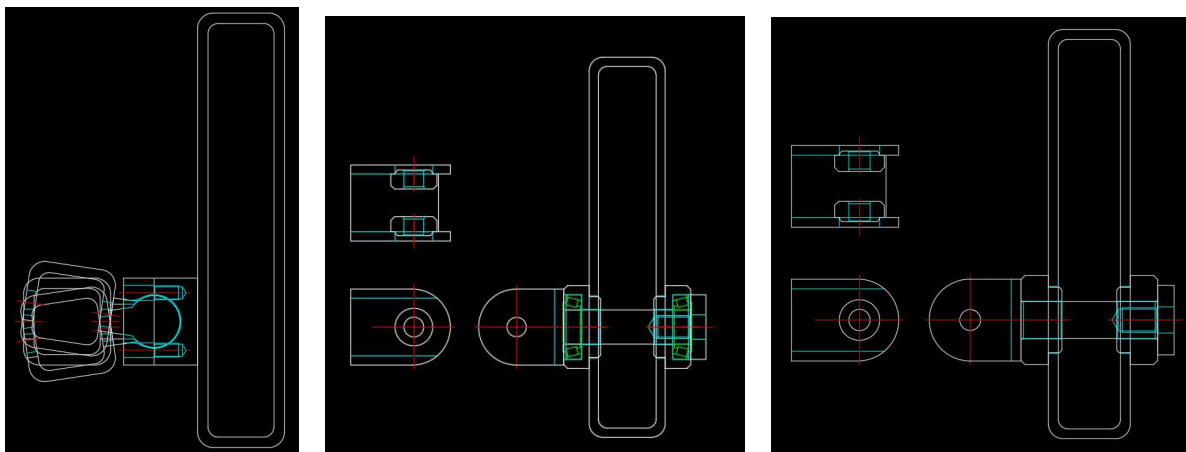
: 수평제어 시에도 목표한 균평기 제어 사양은 맞췄지만, 수평 복귀시 정확한 수평 복귀가 어려움

: 또한 높이&수평 실린더 설계시, 균평기 작업 목표 달성을 위해서는 실린더 양쪽 홀 센터간 최소거리는 305mm, 최대거리는 455mm로 약 150mm 이상의 Stroke가 필요한데, 150mm이상의 Stroke를 가지려면 최소거리가 370mm이상이 필요하여 실린더 제작이 불가능함



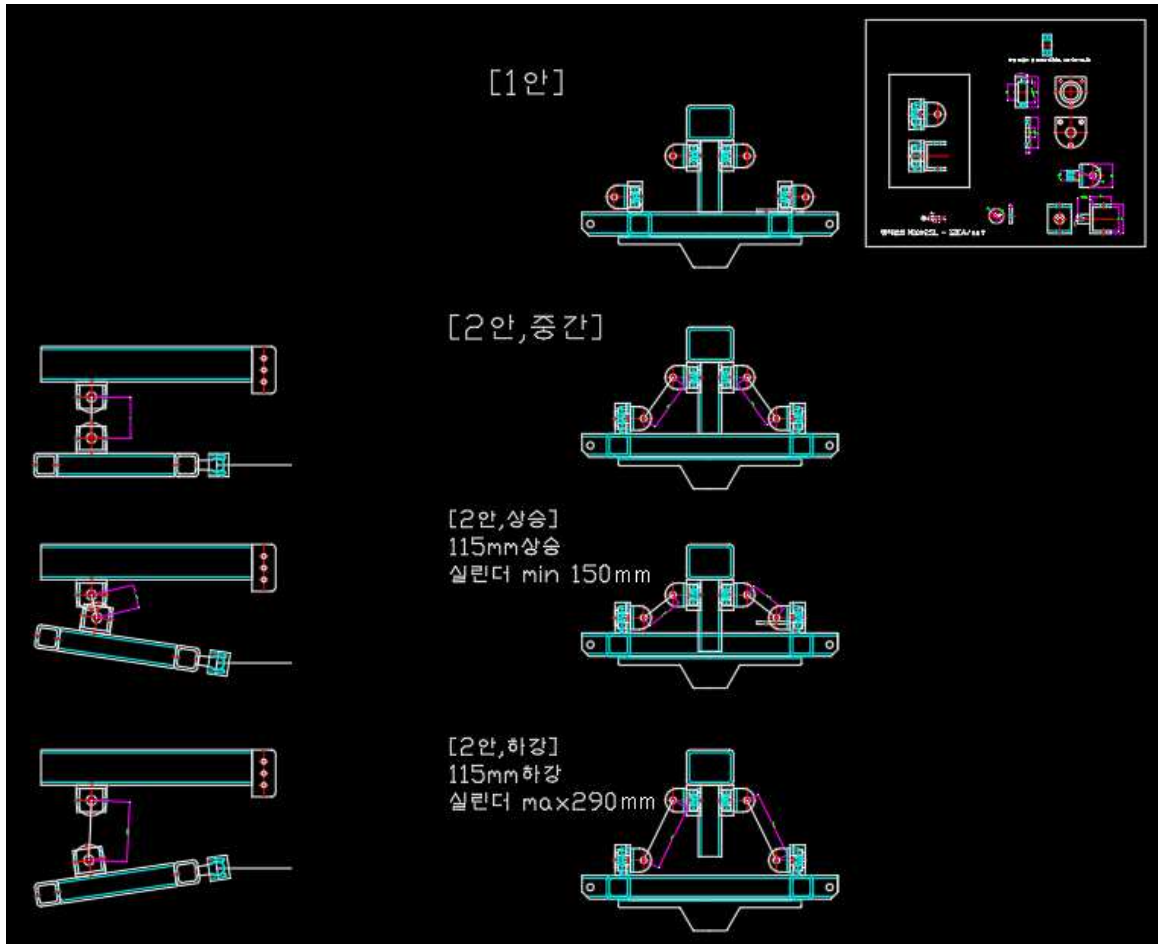
[TYPE_B 스크래퍼 수평 조절]

: 기존 볼 타입 힌지에서 파이프체결 방식에 '단열테이퍼 로울러 베어링' 삽입으로 변경 후, Y축 회전 마찰력이 너무 낮아 베어링 제거 타입으로 설계 변경

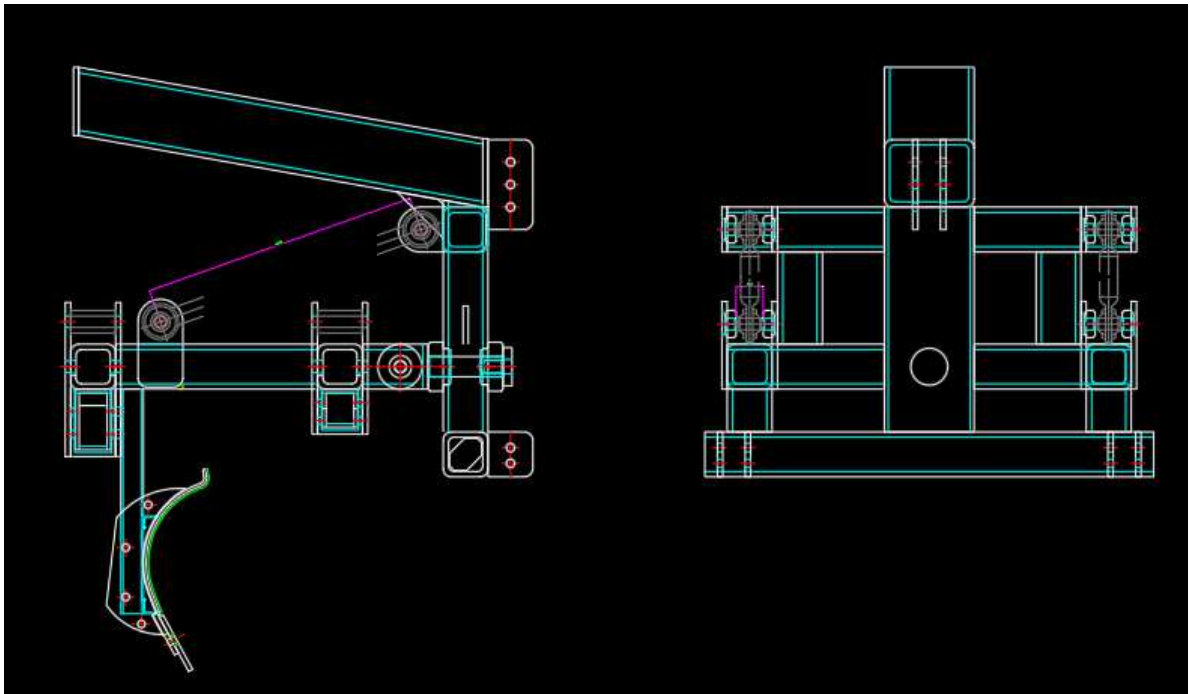


[메인 바디 - 서브 바디 체결 방식 변경]

- : 높이&수평 실린더 유효거리 측정을 위해 설계변경 수행, 기존의 메인바디 오일탱크 뒤쪽에서는 실린더 유효거리 보다 짧음을 확인
- : 구조적 안정성과 실린더 유효거리 확보를 위해 메인바디에서 탭링크 고정부 좌&우로 실린더 고정위치 변경
- : 오일 사용 효율성을 높이기 위해 오일통 경사각 수정

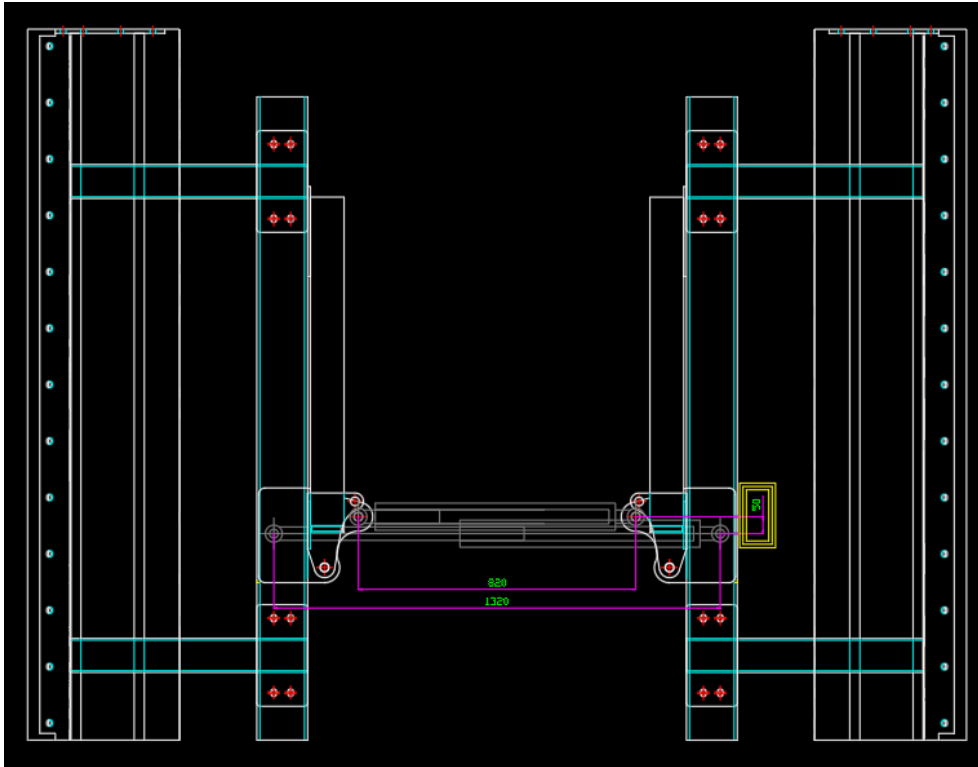


[실린더 고정 위치 변경에 따른 실린더 유효 거리 측정 : 유효거리 X]

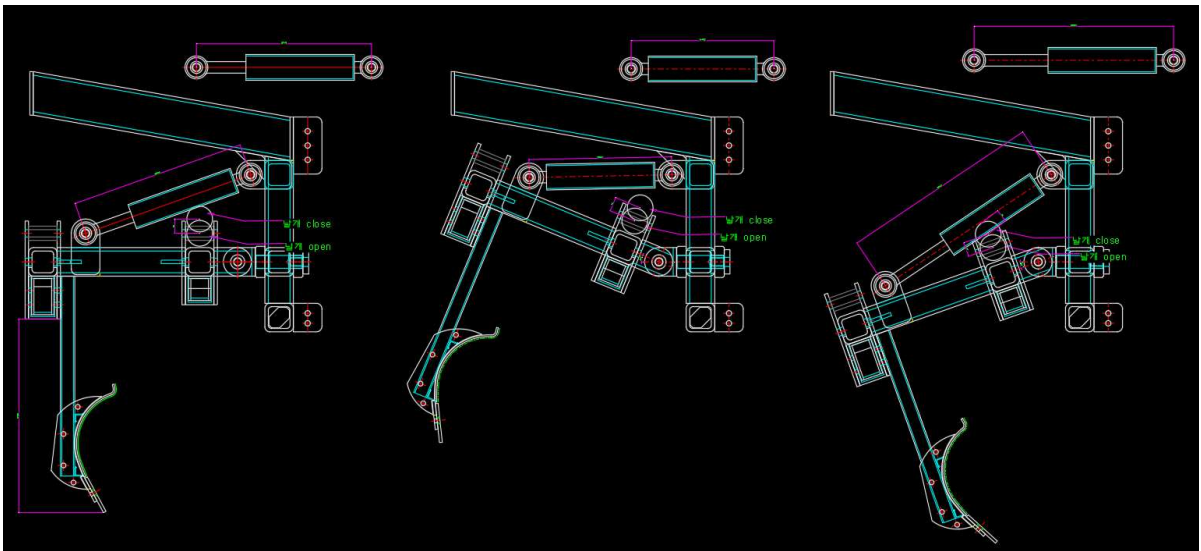


[실린더 고정 위치 변경에 따른 실린더 유효 거리 측정 : 유효거리 O]

- : 균평기 스크래퍼 및 흠분쇄기 날개가 닫힐 때, 실린더 높이가 50mm 높아짐
- : TYPE_B 조립도 설계시 높이&수평 실린더와 흠분쇄기 날개접이 실린더 간섭을 확인

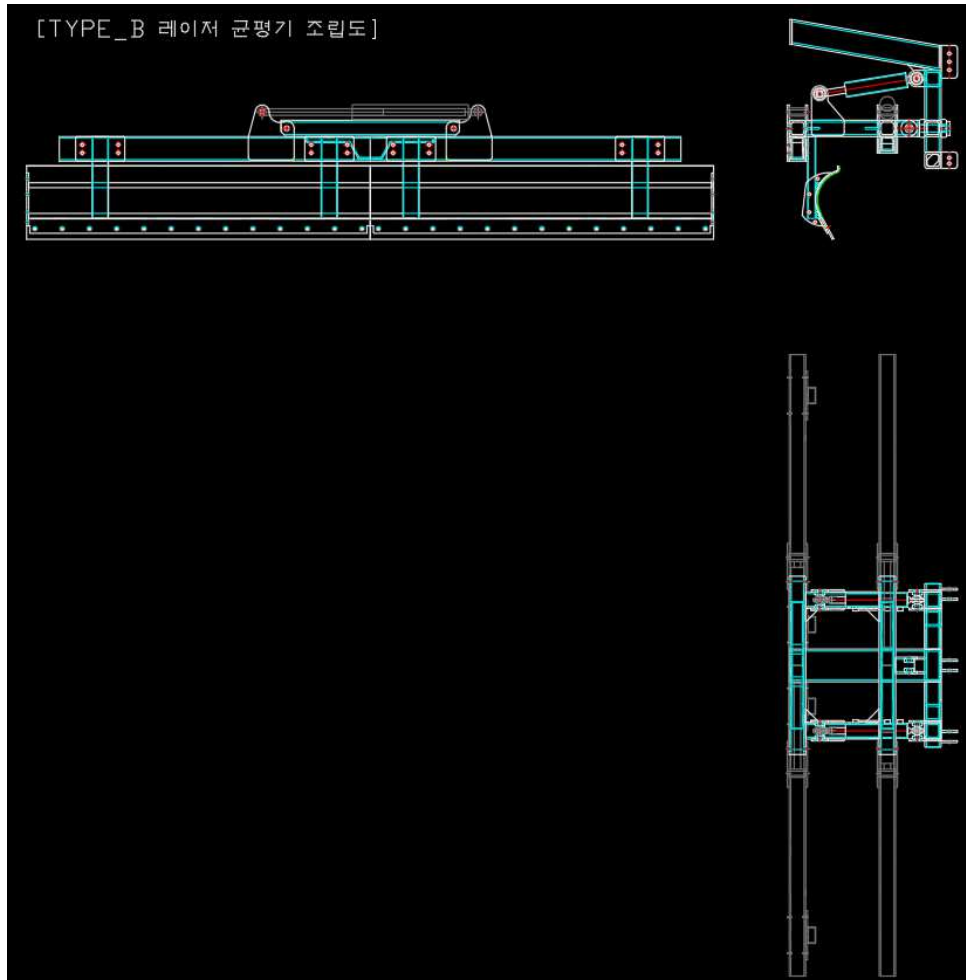


[날개 Close & Open 시 실린더 높이 변화]

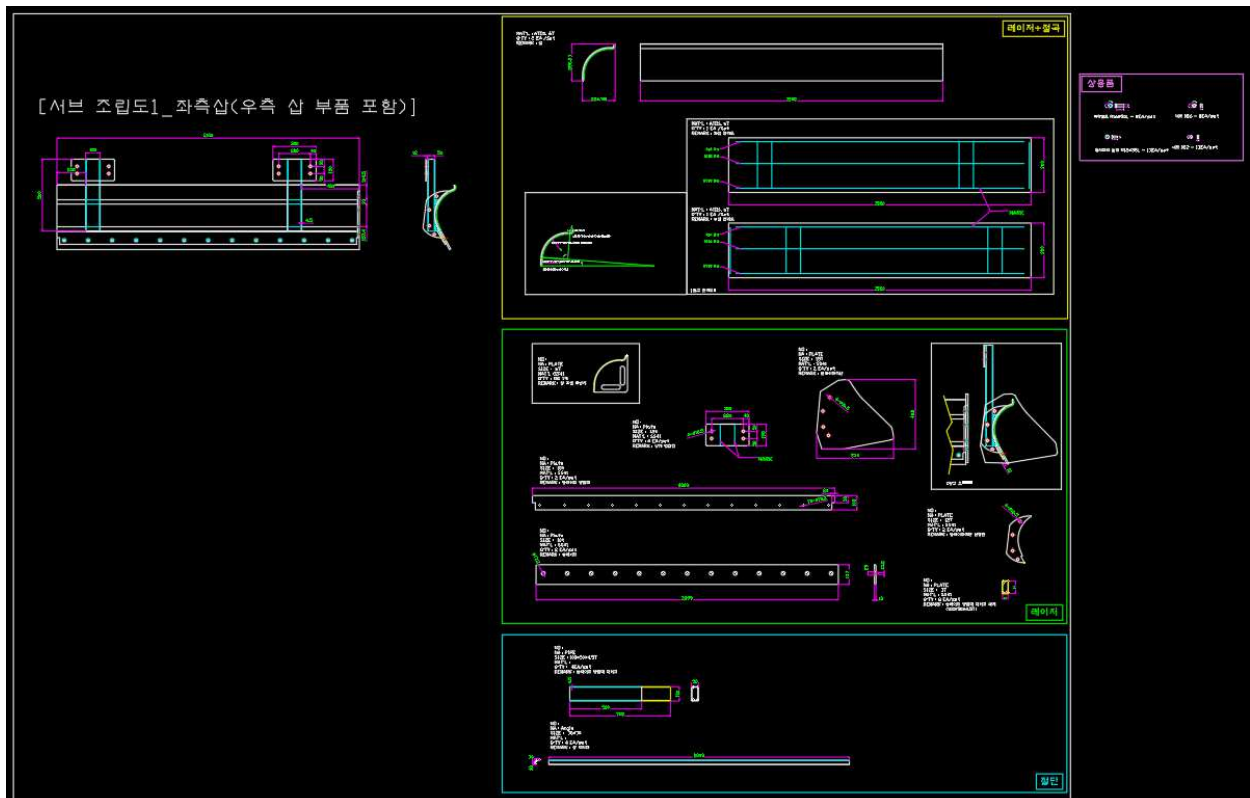


[높이&수평 실린더와 흡 분쇄기용 날개접이 실린더 간섭 확인]

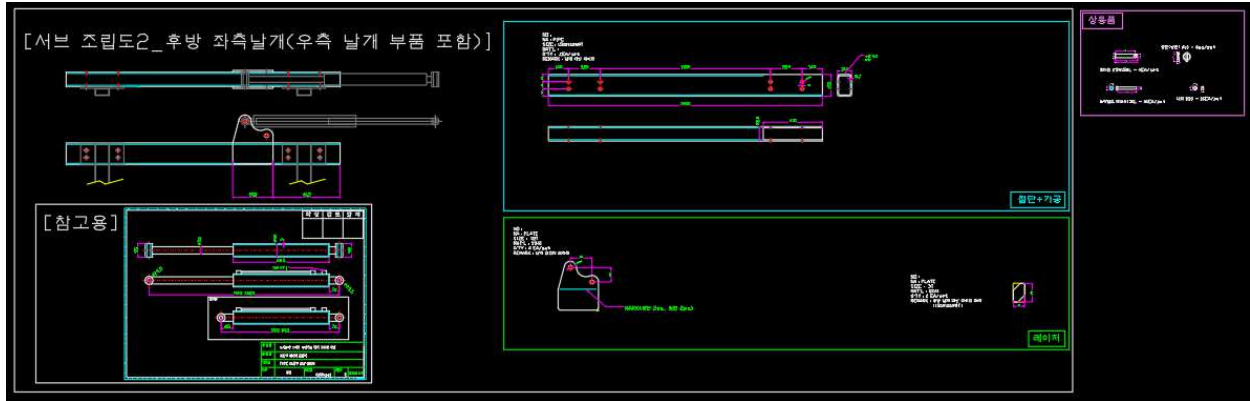
: 문제들을 해결하여 TYPE_B 레이저 균평기 전체 조립도 및 서브조립도, 부품도 설계



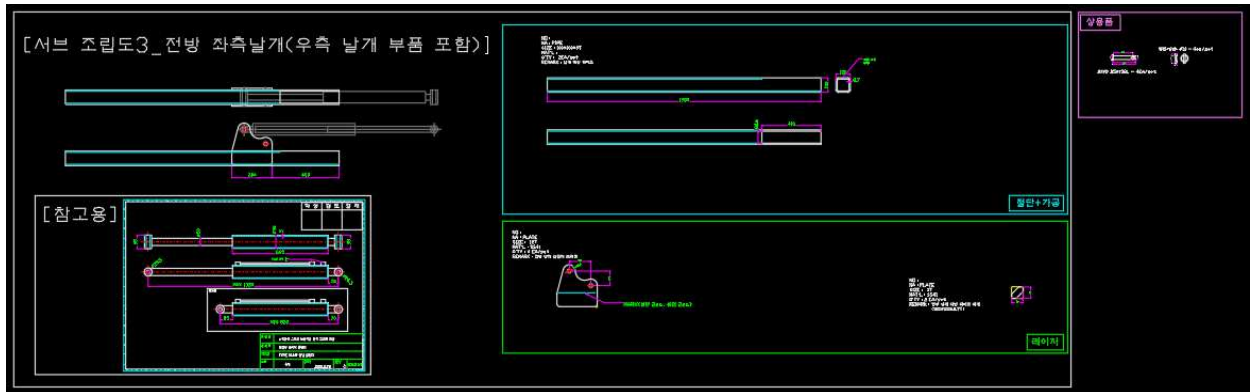
[(TYPE_B) 전체 조립도]



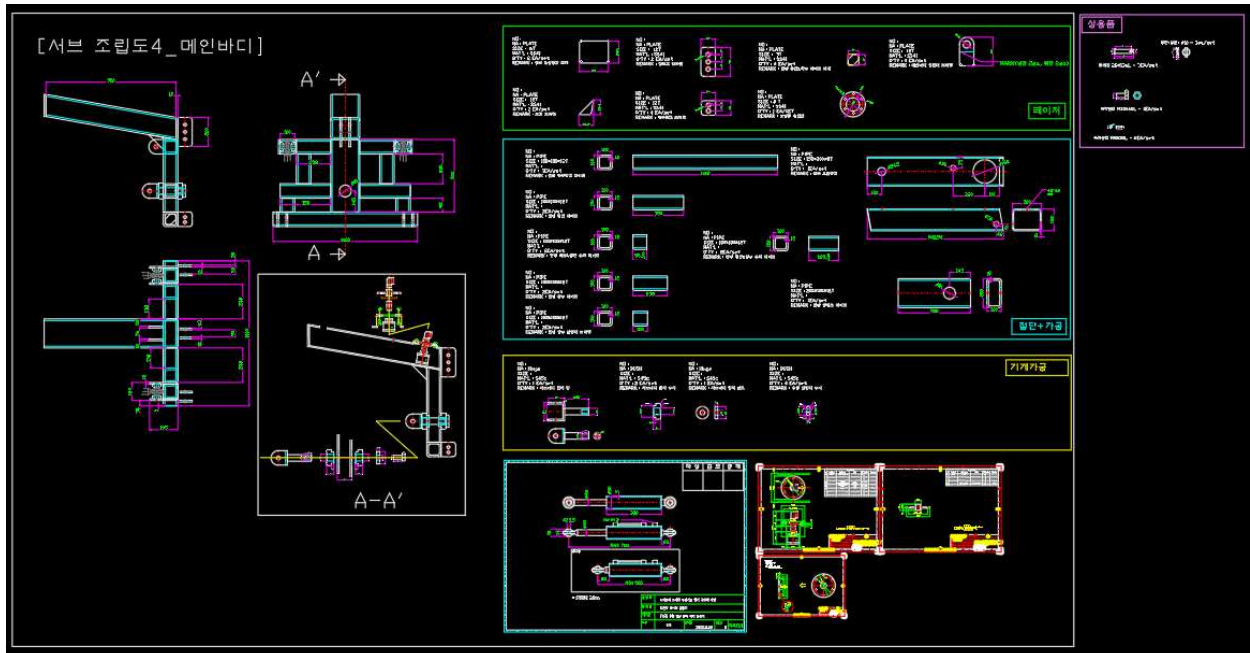
[(TYPE_B)서브 조립도1_스크래퍼(좌&우) 서브 조립도 및 부품도]



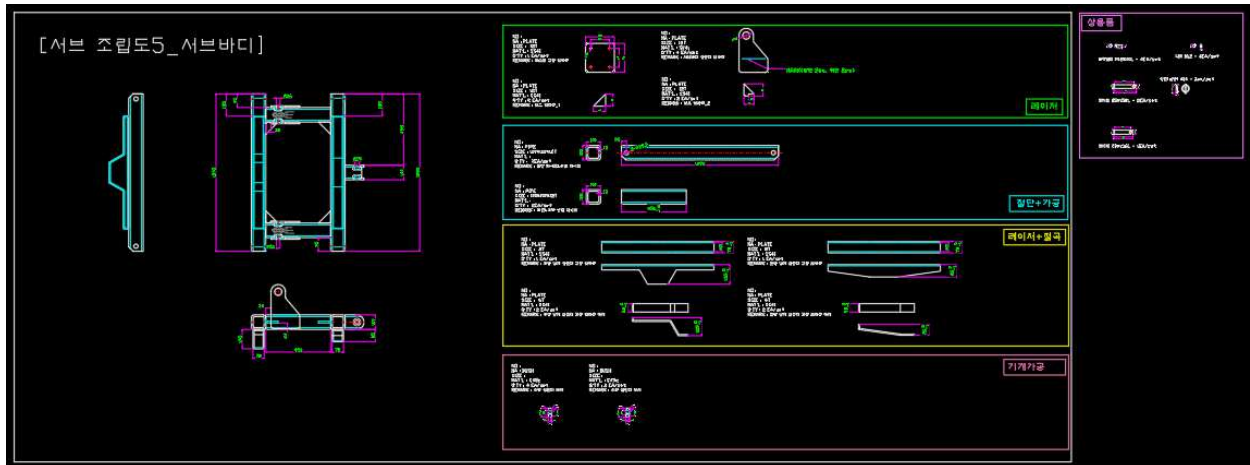
[(TYPE_B)서브 조립도2_후방 날개(좌&우) 서브 조립도 및 부품도]



[(TYPE_B)서브 조립도3_전방 날개(좌&우) 서브 조립도 및 부품도]

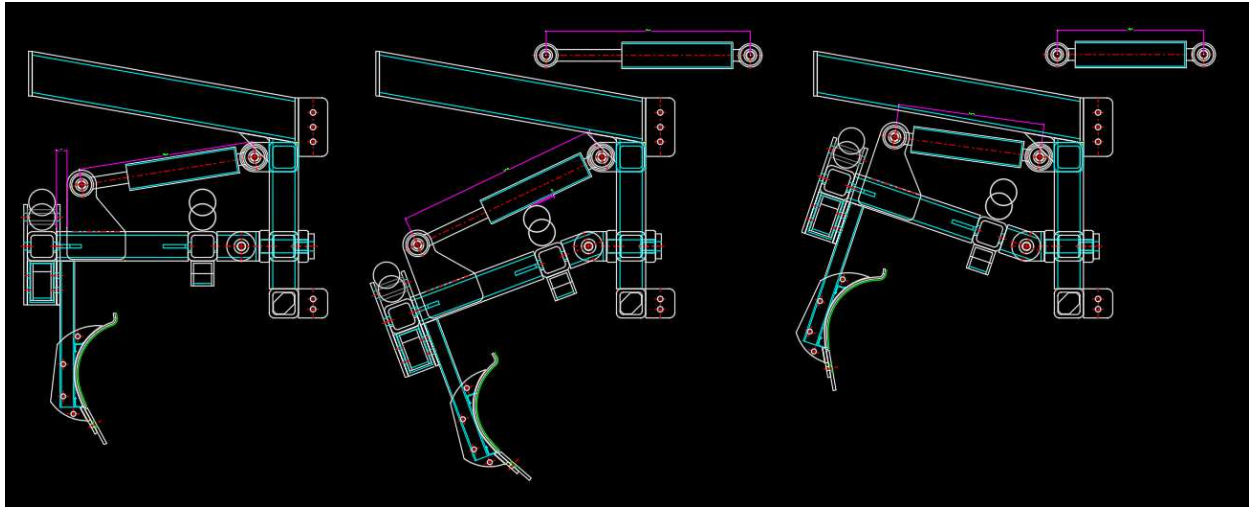


[(TYPE_B)서브 조립도4_메인 바디 서브 조립도 및 부품도]

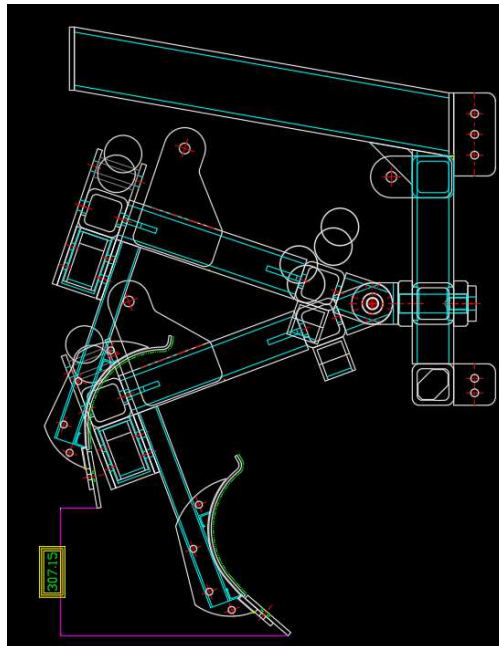


[(TYPE_B)서브 조립도5_서브 바디 서브 조립도 및 부품도]

: TYPE_B 균평기 높이&수평 실린더 최소 거리 & 최대 거리에 따른 균평기 스크래퍼 높이 비교를 통한 균평 깊이 측정(TYPE_B 균평깊이 : 약 307mm)

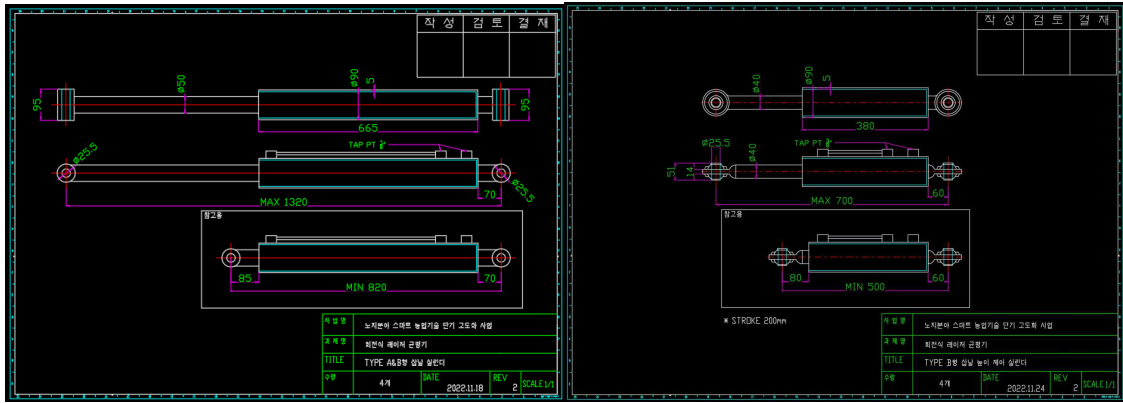


[(TYPE_B) 최종 간섭 체크]



[(TYPE_B) 균평 깊이 확인]

- : 기구물 작동 시 간섭 및 Stroke, 작동유압 등을 고려한 유압 실린더 설계
- : 높이&수평 실린더는 수평제어(실린더 1개만 작동 or 실린더 작동방향 상이) 시 실린더 양끝단 핀 고정부위 비틀림 발생을 고려하여, 로드엔드 베어링 타입으로 설계
- : TYPE_A, TYPE_B 균평기 부품은 발주 후, 제작 완료
- : 유압실린더 2종 발주 후 제작완료



[TYPE_A&B 공용 날개 접이 실린더 및 높이&수평제어 실린더 설계]



[날개접이 실린더(좌) 및 높이&수평제어 실린더(우) 제작 사진]

- TYPE_B 균평기 제작 (균평기 수평제어 장치 및 유압제어 로직 개발 및 높낮이 및 좌우 균평제어가 가능한 스크래퍼 개발)
- : 레이저 균평기 시제품 TYPE_B 용접 및 제작 완료
- : 메인바디와 서브바디 연결 힌지 확인
- : 날개 스톱퍼 작동 확인 및 간섭체크 완료
- : TYPE_B 시제품 수동 동작 테스트 및 간섭체크 확인 완료

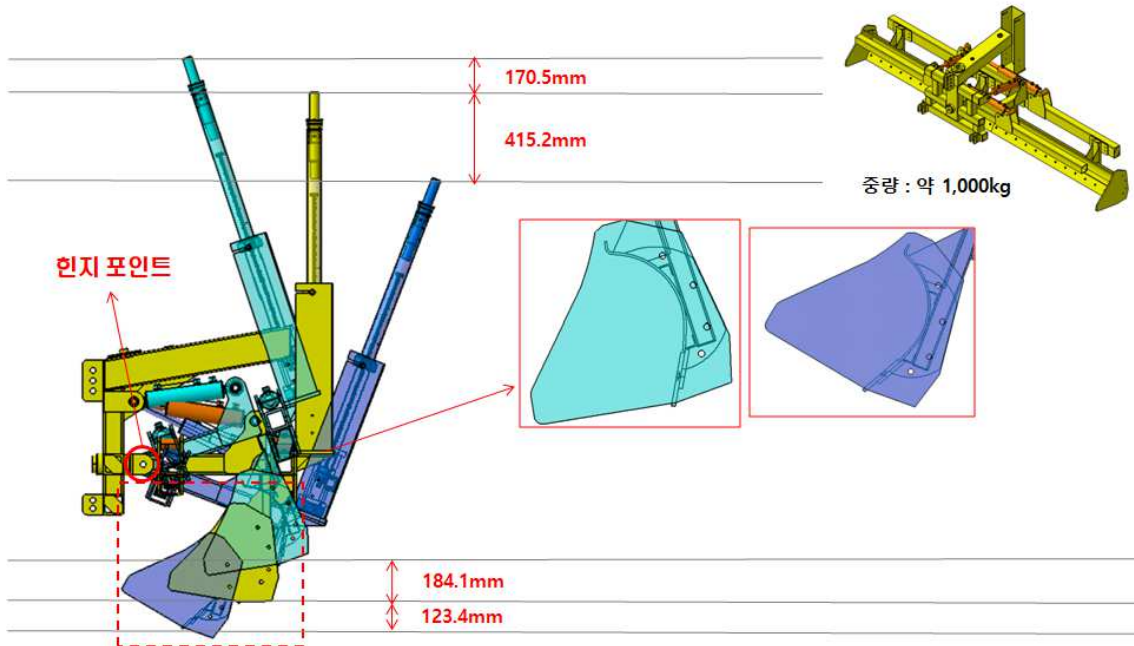


[레이저 균평기 시제품 TYPE_B 제작 사진]



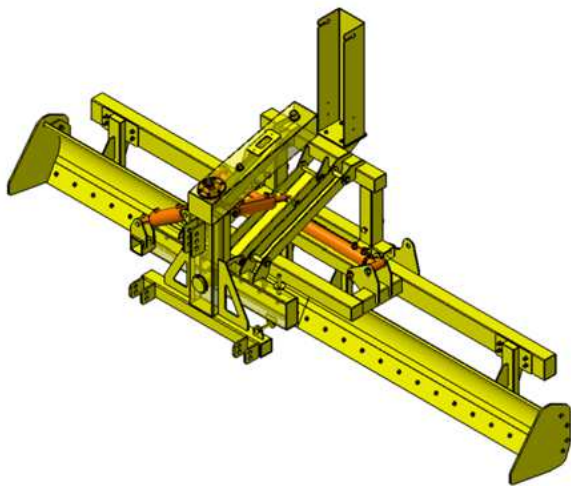
[레이저 균평기 시제품 TYPE_B 도장 완료 사진]

- TYPE_B 시제작품 문제점 수정
 - : 삽날의 승하강 높이와 마스트 승하강 높이가 일정하지 않음
 - : 1개의 축을 가지고 회전하여 가이드가 삽날보다 깊음



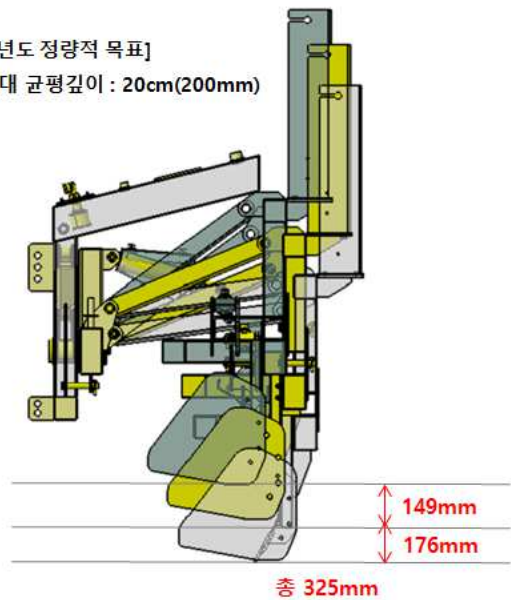
[(TYPE_B) 균평기 문제점]

: 해당 문제를 해결하기 위해 TYPE_B 균평기 재설계 및 제작



LIFTING SYSTEM

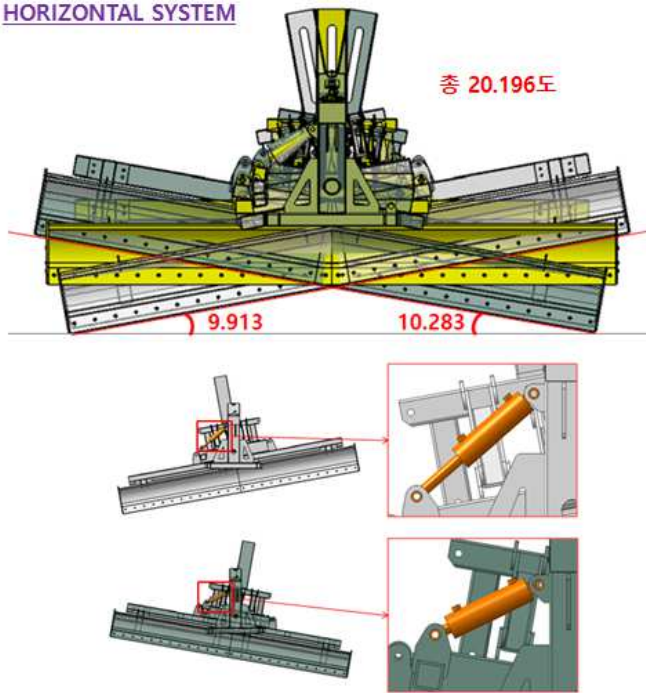
[2차년도 정량적 목표]
2. 최대 균평깊이 : 20cm(200mm)



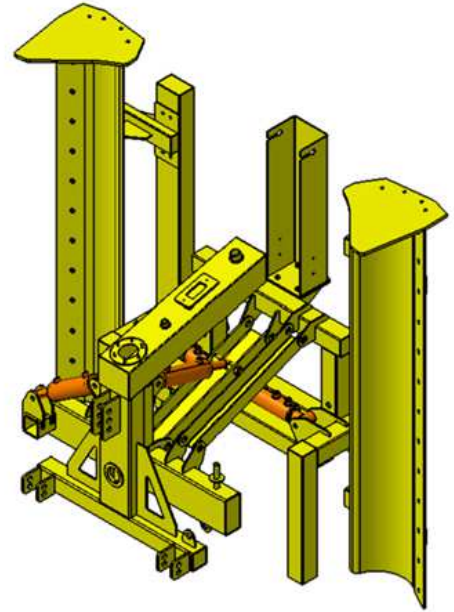
MAIN FRAME	700kg (H/W 포함)
HYDRAULIC	80kg (오일 21L 포함)
MAST	45kg (예상)
합계	총 825kg

[(TYPE_B) 균평기 재설계(1)]

HORIZONTAL SYSTEM

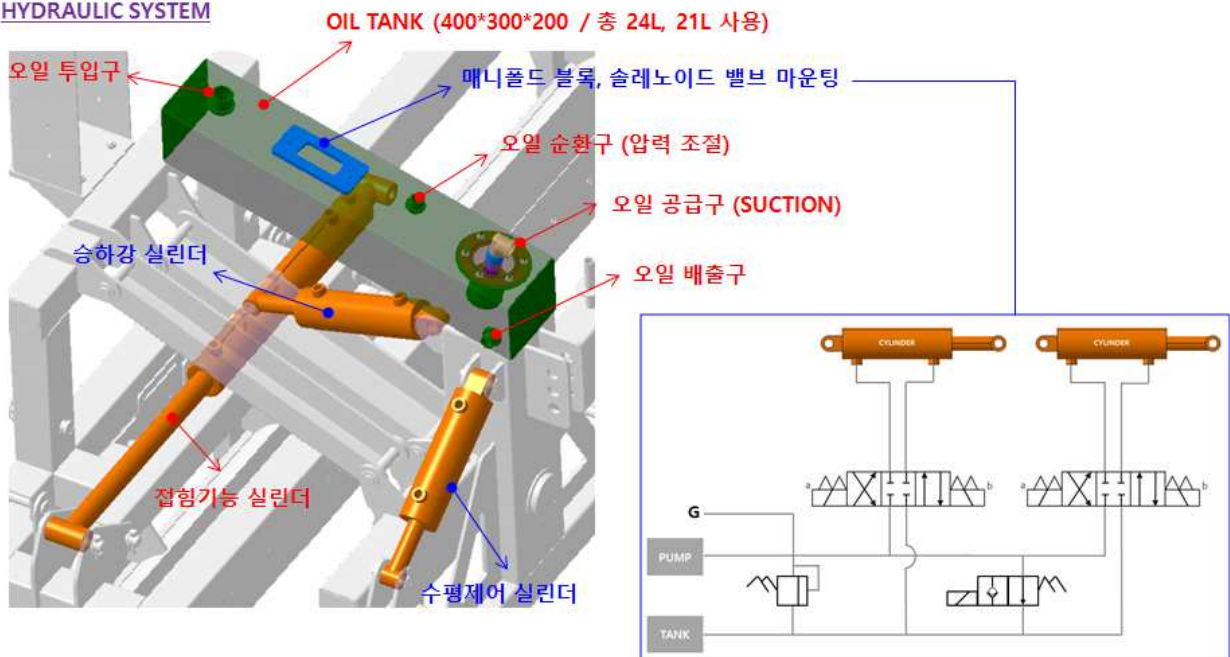


FOLD SYSTEM

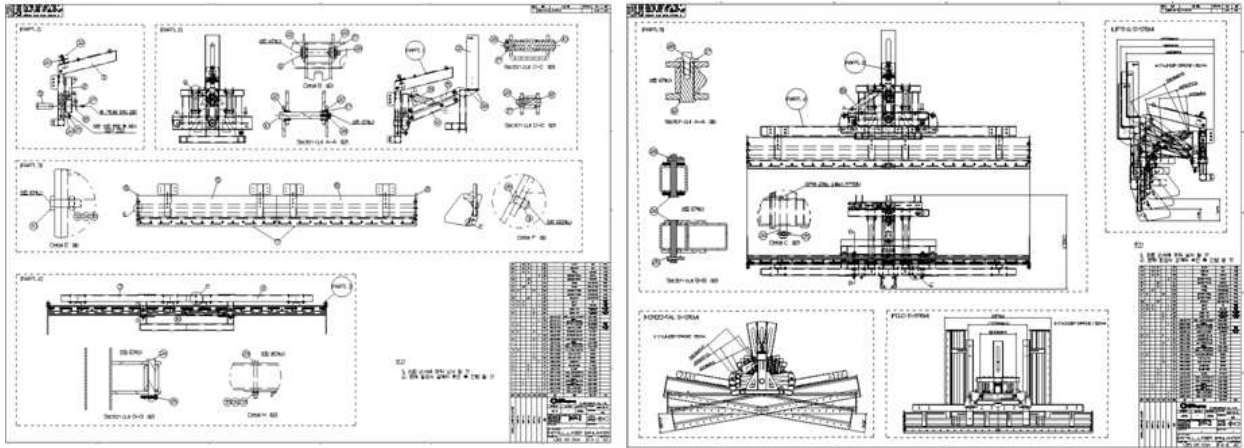


[(TYPE_B) 균평기 재설계(2)]

HYDRAULIC SYSTEM



[(TYPE_B) 균평기 재설계(3)]

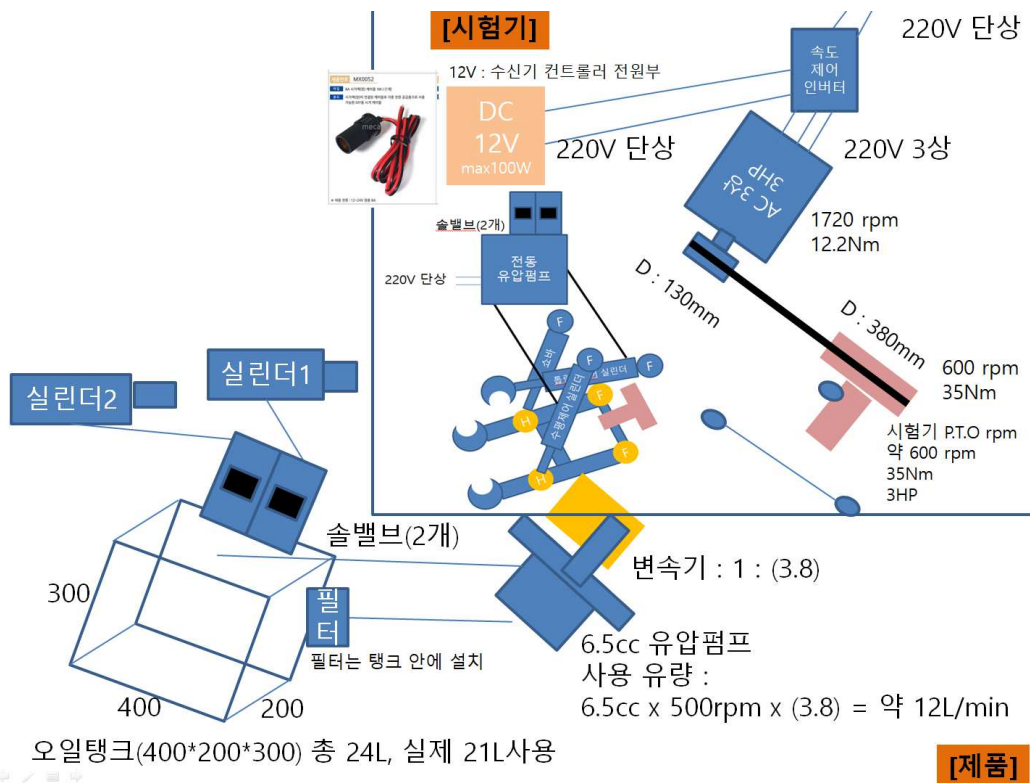


[(TYPE_B) 균평기 재설계(4)]



[(TYPE_B) 균평기 제작 사진]

- 유압제어 실험용 시험기 및 트랙터 링크 개념 설계
: TYPE_B 유압시스템 개념도 설계 및 유압 제어 실험을 위한 시험기 개념도 설계



[균평기 TYPE_B 및 유압시험기 개념도]

- : TYPE_B 유압시스템은 설계시 유압부품 설치 고려하여 진행
- : 유압펌프는 6.5cc/rev 펌프를 선정, 변속기는 3.8:1로 선정하여, 트랙터 RPM 550에서 약 2,000rpm을 유지하게 설계
- : 유압펌프는 2,000rpm에서 약 13L의 유압을 밀어내고, 유압탱크는 132.6mm*182.6mm *900mm(200*150, 8.7t 각 파이프)=21.8L로 약 1.6배의 오일을 보관할 수 있음

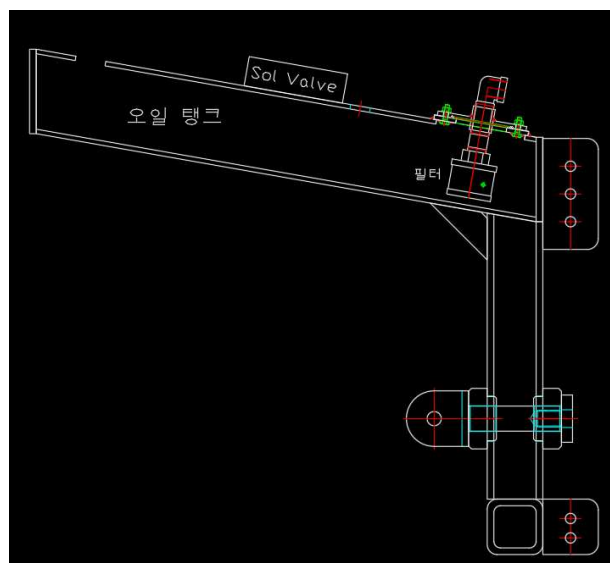
펌프 사양

Type	Displacement (cm ³ /rev)	Min. Speed (rpm)	Max. Speed (rpm)	Max. Flow (l/min)	Max. G.O.P. Pressure (bar)	Max. Torque (kgm)	Max. Power (kW)	Approx. Weight (kg)
SAP20-4.0	4.0	200	4000	200	280	4.08	3.30	
SAP20-6.3	6.5	200	4000	250	280	5.45	3.95	
SAP20-8.0	8.0	200	3500	250	280	6.96	3.90	

6.5cc 유압펌프에 1:3.8 변속기 부착형

실린더2
 실린더1
 솔밸브(2개)
 필터
 필터는 탱크 안에 설치
 변속기 : 1 : (3.8)
 6.5cc 유압펌프
 사용 유량 : 6.5cc x 500rpm x (3.8) = 약 12L/min
 오일탱크(400*200*300) 총 24L, 실제 21L사용

[제품]



[균평기 TYPE_B 유압시스템 반영]

- : 유압 시험기 전단에는 트랙터용 3점링크 고정용 실린더를 설치하여 트랙터를 모사
- : 실제 균평기 시험도 가능하게 설계 진행

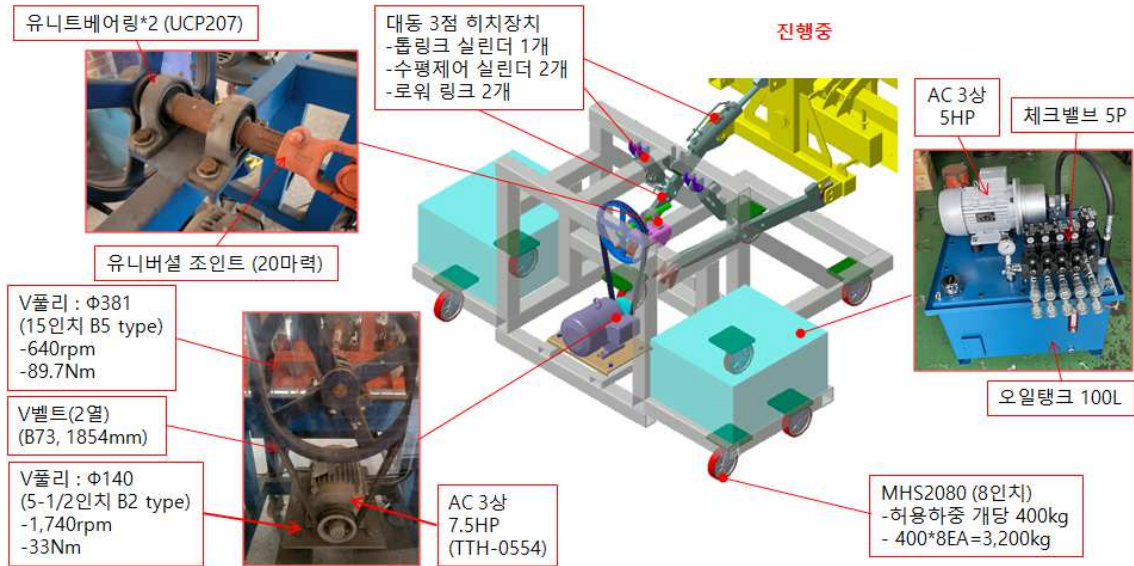


[유압 시험기 3점 링크 고정 개념도]

- : 시험기에서 트랙터의 P.T.O를 모사할 AC모터 및 단상-삼상 인버터 선정 및 구매 완료
- : 시험기 하드웨어 제작 및 상세설계 후 테스트 진행함



[단상-삼상 인버터 및 제어함 입고 사진]



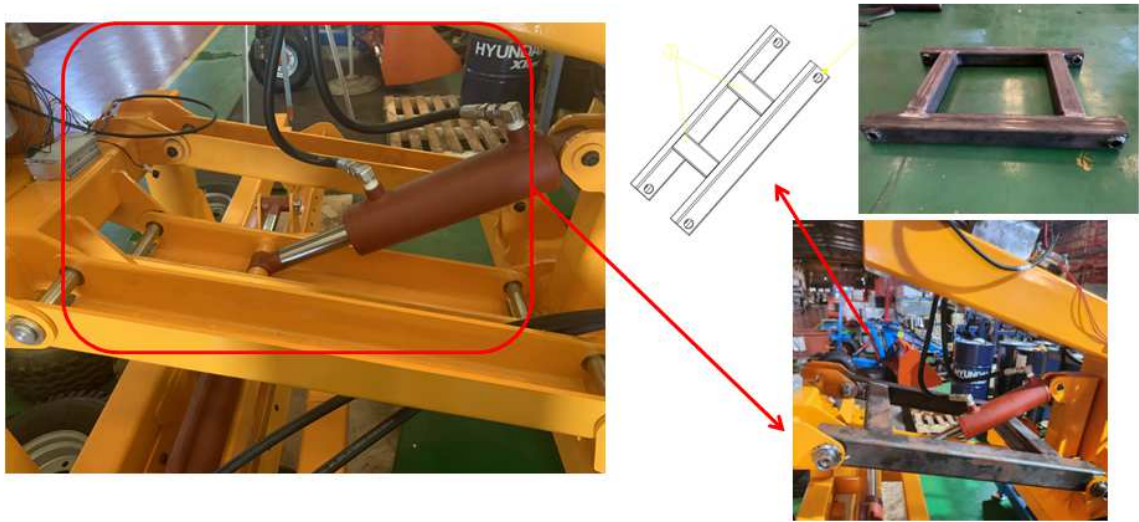
[시험기 모델링 및 상세 설계]



[시험기 모델링 및 상세 설계]

- TYPE_B 보완설계 및 제작

: 신규 제작한 TYPE_B의 경우 힌지 포인트 부에 트위스팅 문제가 있어 방지를 위해 보강 설계를 진행하였음



[보강대로 트위스팅 문제 보완]

: 추가적인 문제점으로 오일탱크 발열문제와 폴딩 시 치우침 현상, 상/하 조작 시 안정성 문제 보강 등이 있음

: 또한, 틸팅축의 경우 스크래퍼 날 끝에 힘이 실렸을 시 틸팅축에 용접부가 탈거되는 문제점이 발생하였음

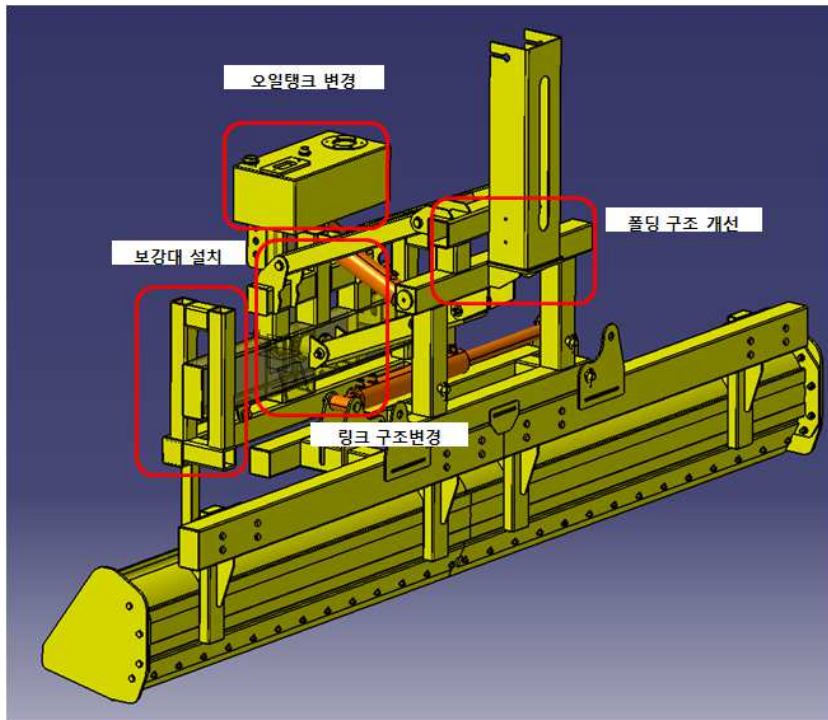
: 해당 문제점을 수정하기 위해 TYPE_B의 보완 설계 및 제작함



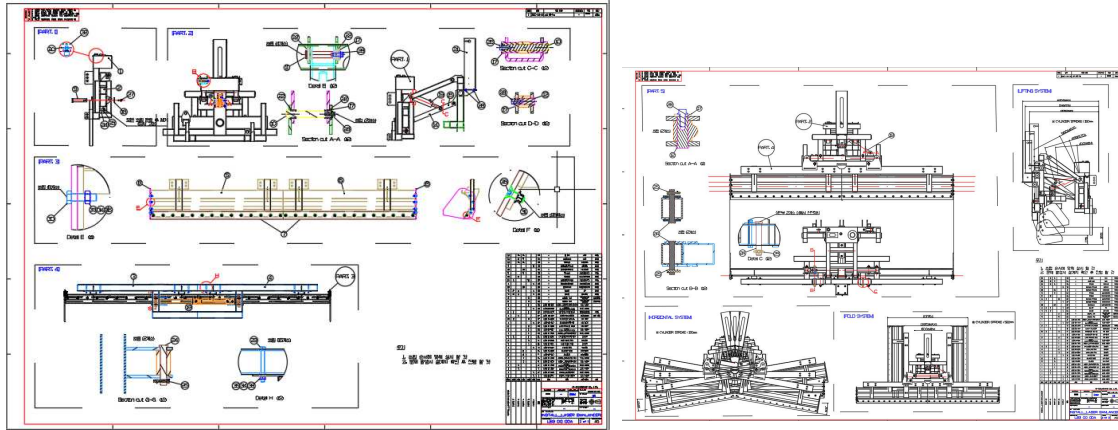
[틸팅 축 탈거현상]



[폴딩 시 치우침 현상]



[TYPE_B 보강 설계]



[TYPE_B 조립도]



[부품 제작 후 TYPE_B 조립]



[TYPE_B 도색 및 트랙터 장착]

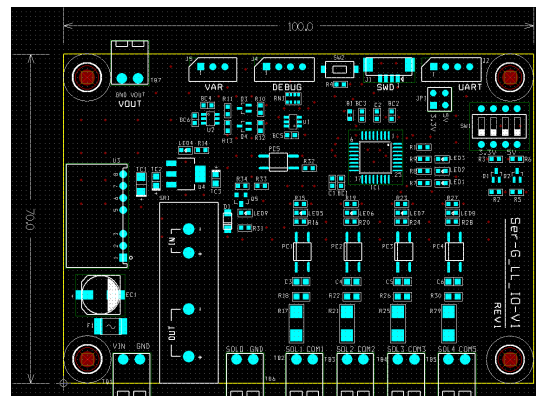
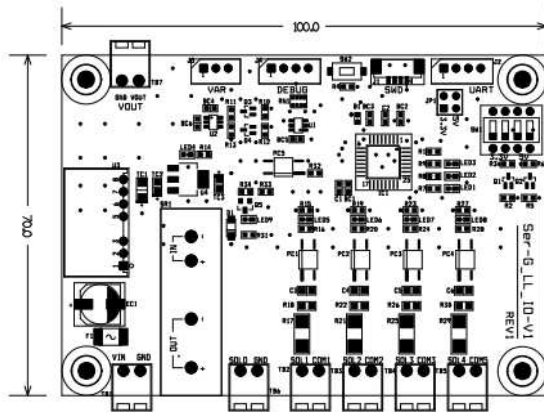
: 출고 후 균형 테스트 진행하며 오일탱크 온도 체크

- : 결과적으로 2시간 운용 시 최대 섭씨 54도 정도로 적정온도임을 확인하였음.
- : 보강대 설치로 틸팅축 안정성 확보 확인
- : 사각링크 구조 변경으로 상하 이동시 안정성 확보 확인

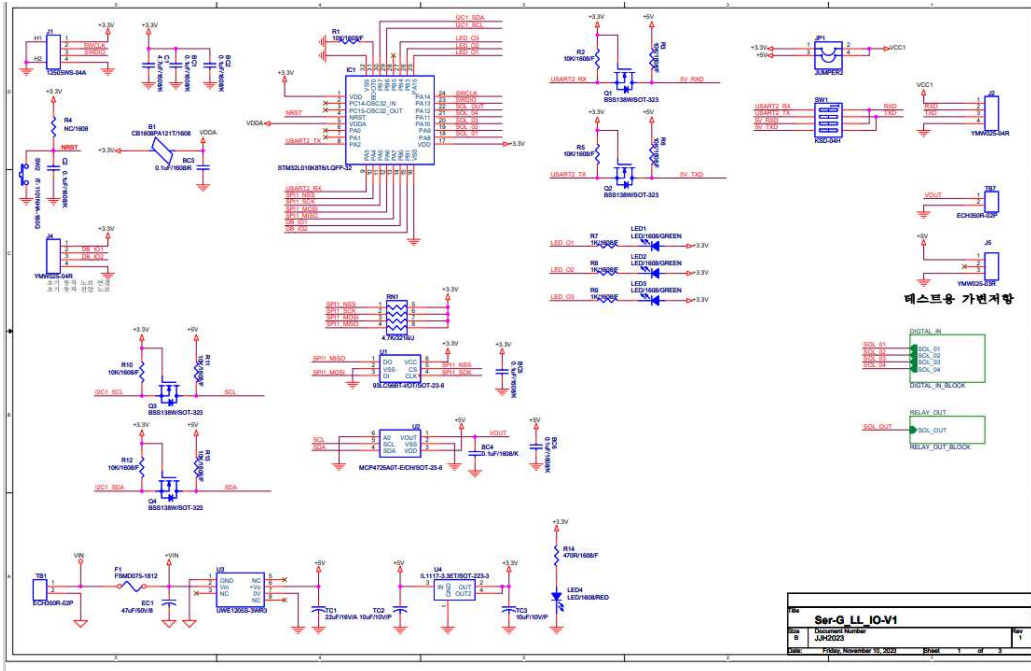


[TYPE_B 균평 테스트]

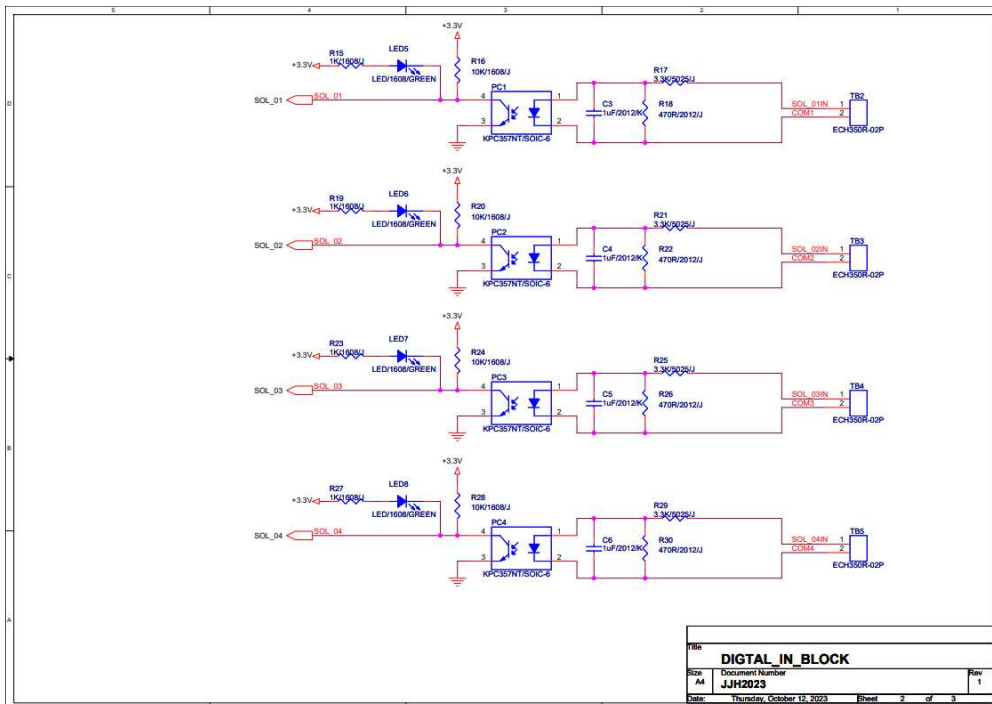
- : 오일탱크의 경우 온도 상승 문제 해결방안 중 하나인 솔레노이드 제어기 개발을 진행 함
- : 상승/하강 신호가 컨트롤러에서 입력될 시 솔레노이드 밸브를 열어 유압라인이 작동할 수 있게 설계하여 신호 입력 시에만 유압라인이 순환할 수 있도록 하였음



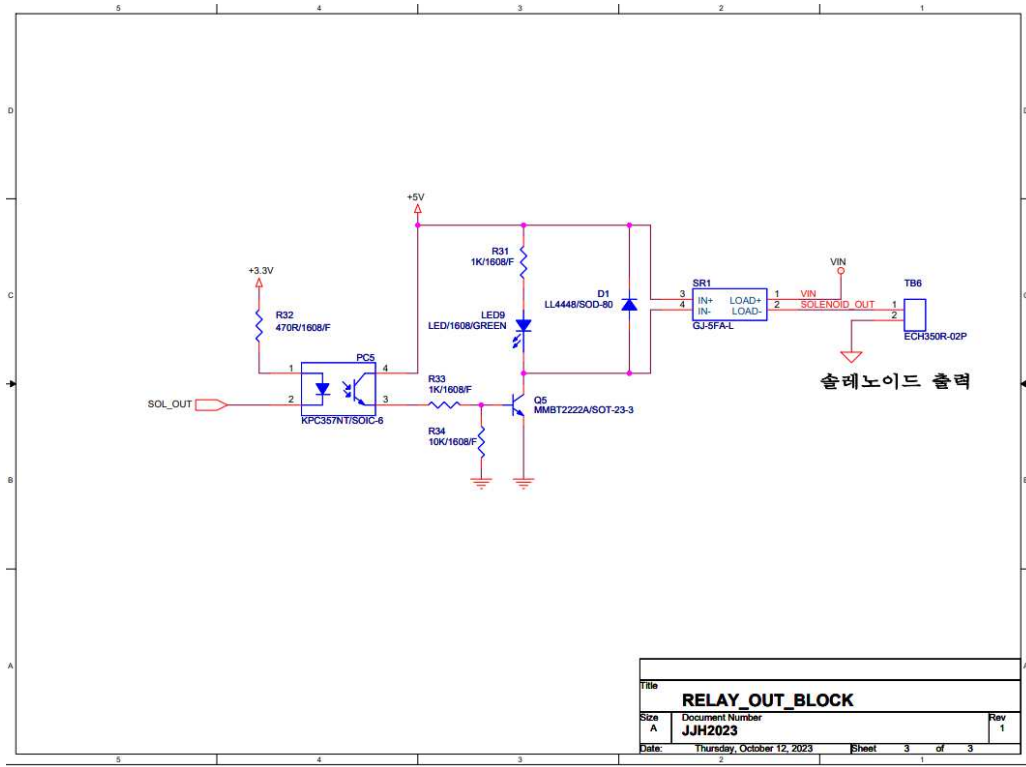
[솔레노이드 제어기 부품 배치도]



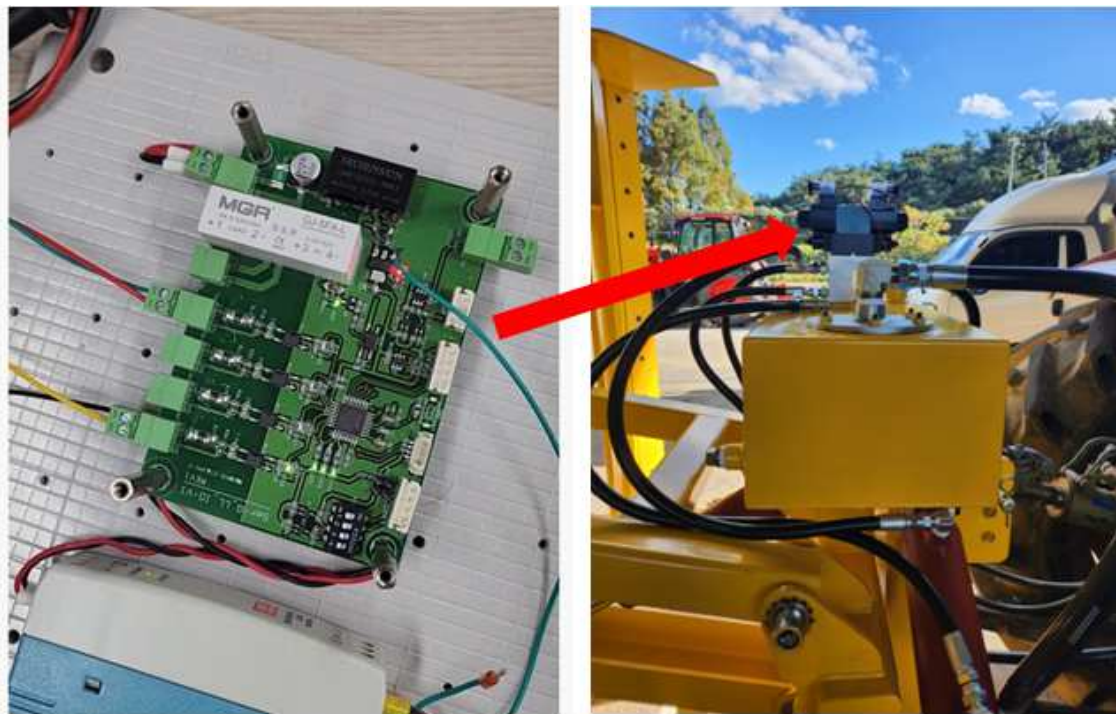
[솔레노이드 제어기 회로도(1)]



[솔레노이드 제어기 회로도(2)]



[솔레노이드 제어기 회로도(3)]



[솔레노이드 제어기 프로토타입 / 밸브로 신호 전달]

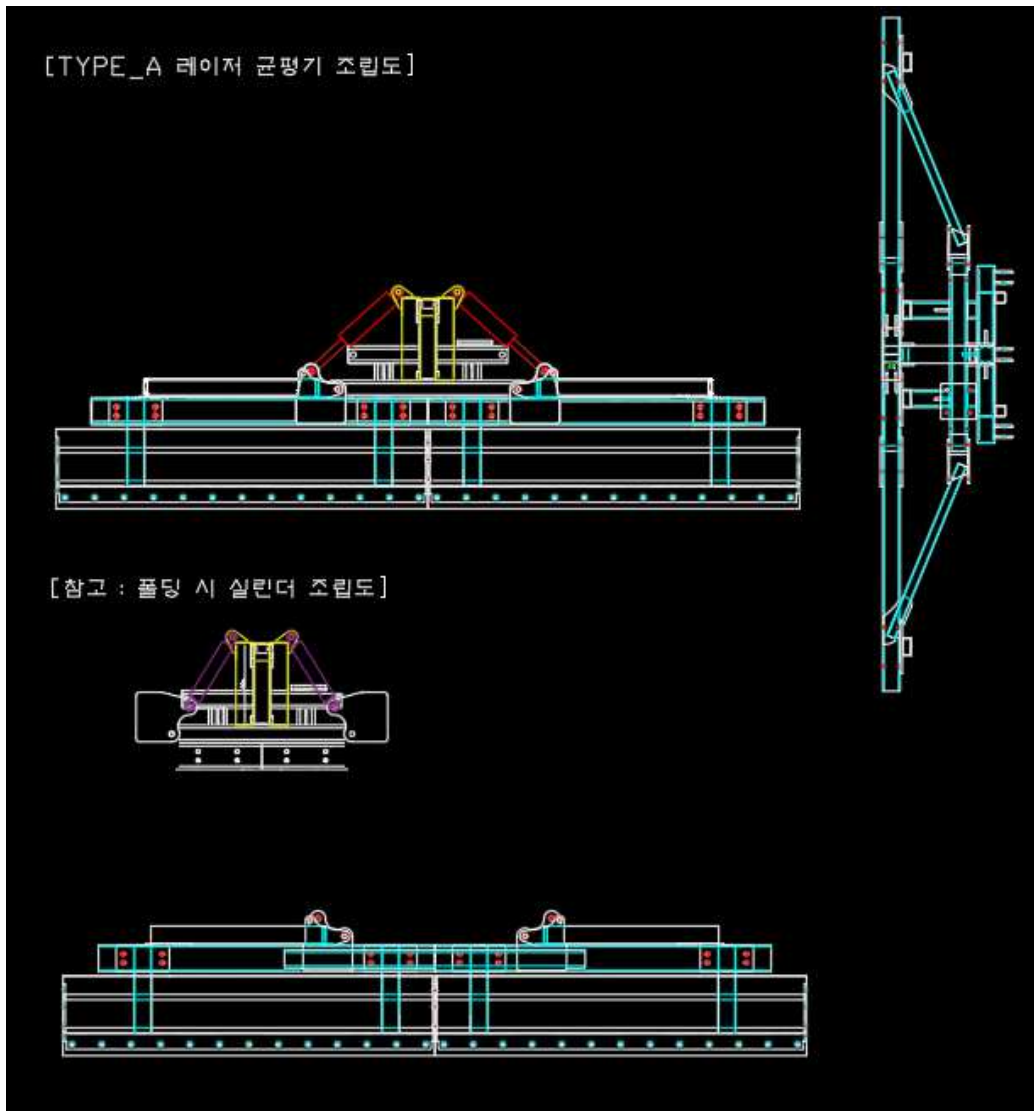
: 프로토타입 테스트 후 완제품 제작을 진행하였으나, 신호 취득 후 밸브 열림, 유압 작동 순서로 진행되기 때문에 반응성이 동작 명령과 동작 시행 간 딜레이가 발생함.

: 오일탱크 용량 증가 이후 온도 문제가 개선되었으므로 수정 보류

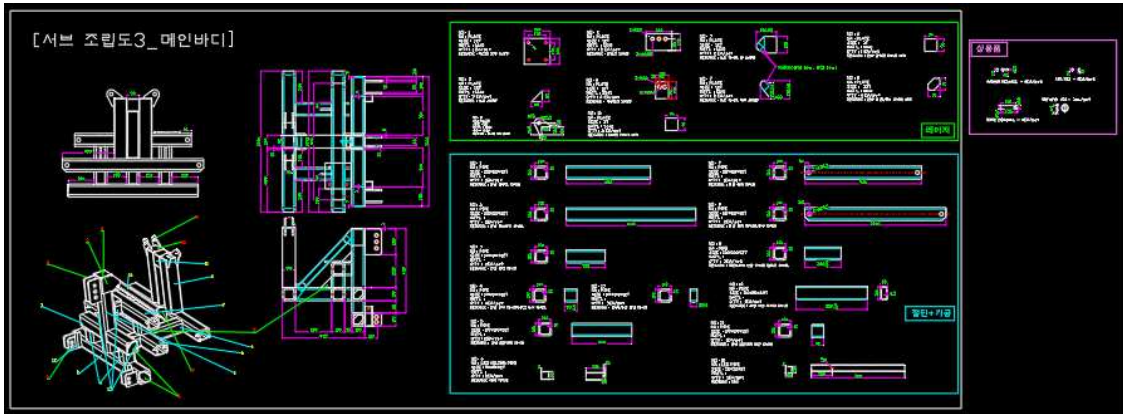
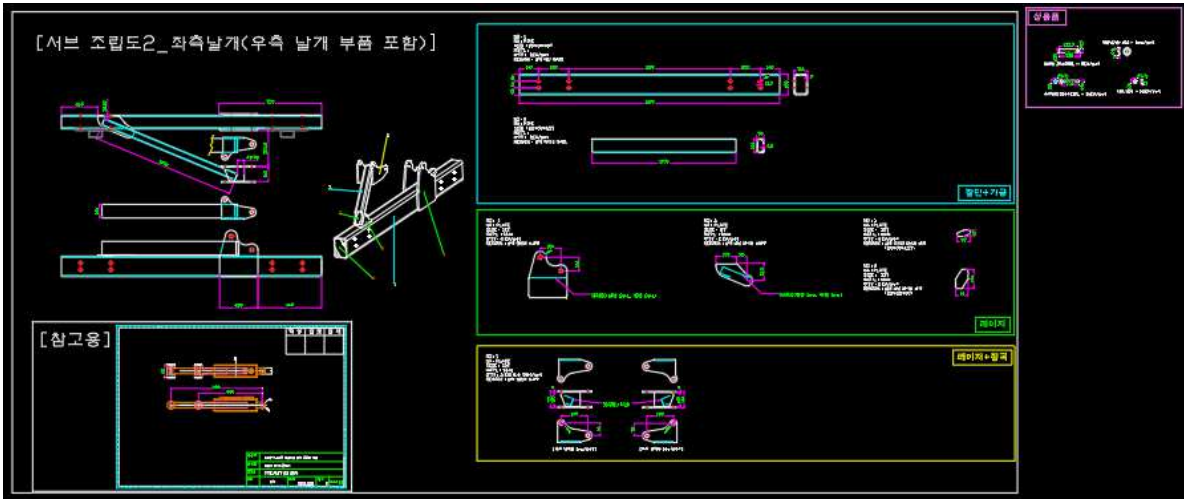
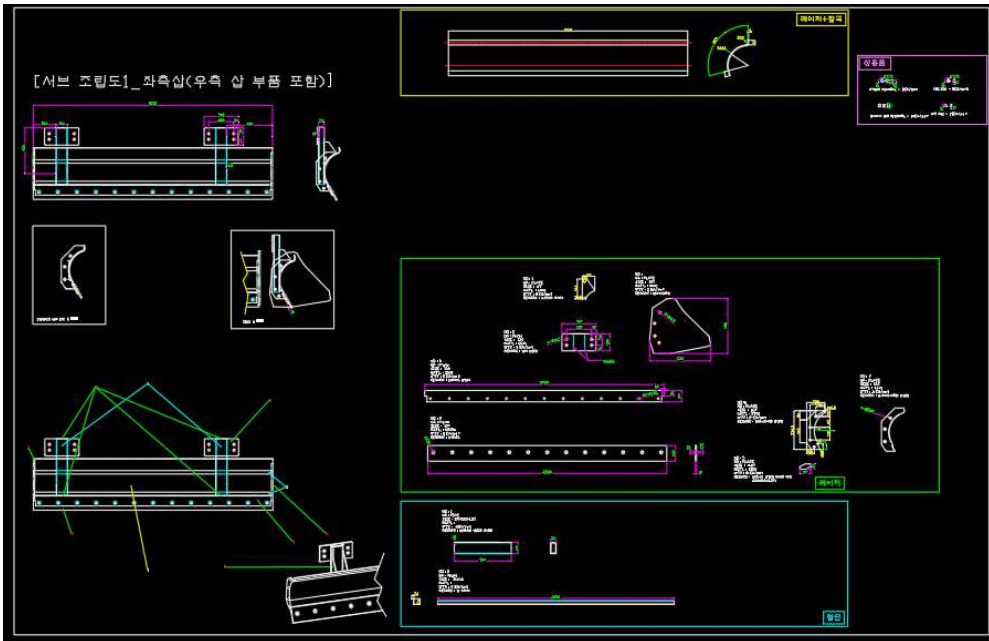
- TYPE_A 추가 보완 및 제작

: 폴딩 시스템의 경우 TYPE_A/B 모두 가운데가 벌어지는 문제 발생하였음

: 구조를 실린더 두 개를 이용하여 폴딩시스템을 구현함으로써, 가운데가 벌어지는 문제와, 폴딩 시 날개가 한쪽만 접히는 문제를 해결하고자 TYPE_A를 신규 설계함



[실린더 보완 TYPE_A 조립도]



[실린더 보완 TYPE_A 부품도 및 서브 조립도]



[실린더 보완 TYPE_A 출고 사진]

레이저 균평기 제원	
무게	750kg
스크레이퍼 길이	4m
작동방식	트랙터 3점 히치장치
제어범위	상/하 높낮이 제어

< A-Type >

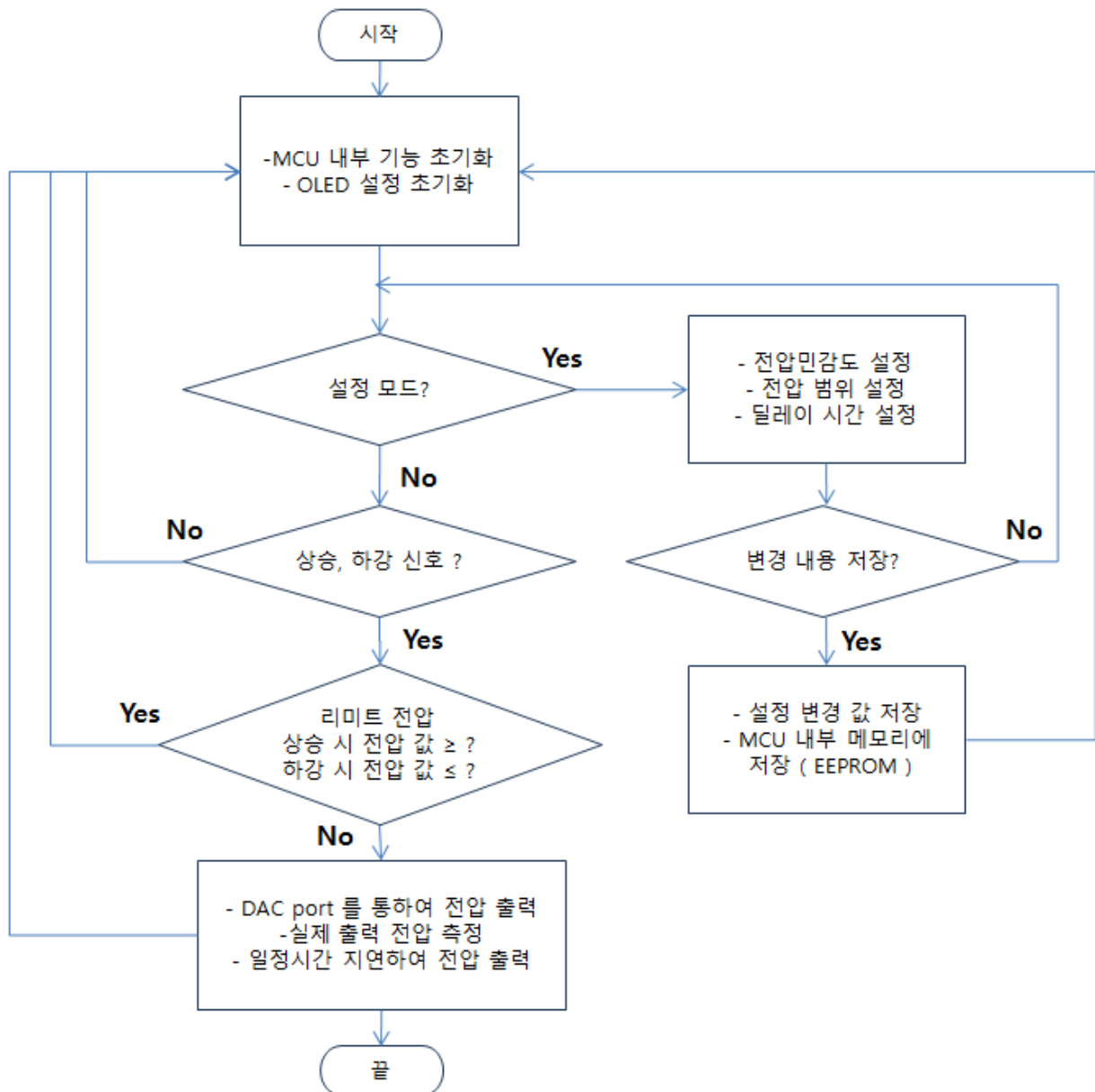
레이저 균평기 제원	
무게	990Kg (오일 35L 포함)
스크레이퍼 길이	4m
작동방식	균평기 자체 유압제어
제어방식	상/하 높낮이 제어 및 좌/우 기울기 제어

< B-Type >

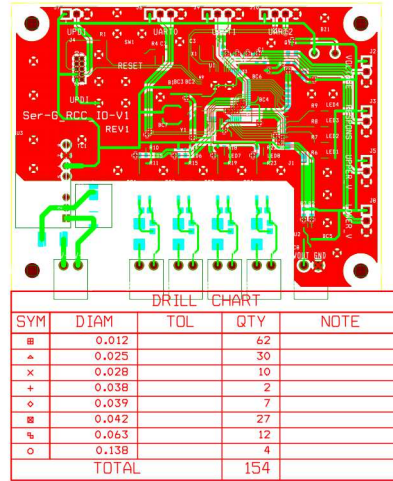
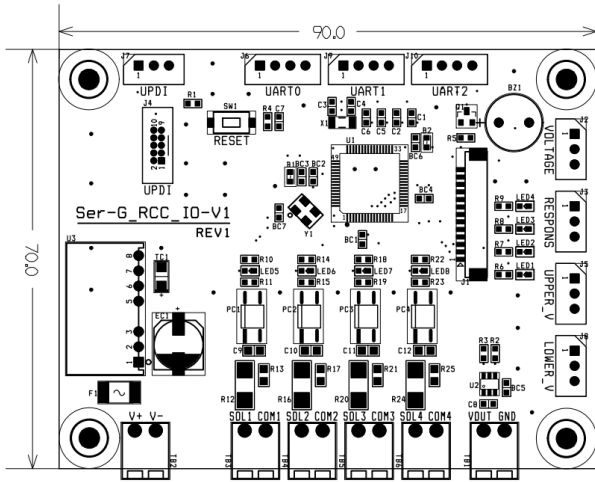
[TYPE_A,B 제원]

- 부착형 균평기용 경심제어기 설계

- : 트랙터 기능 중 하나인 경심제어 기능을 이용하여 부착형 균평기인 TYPE_A 균평기의 상하제어 기능을 구현하고자 경심제어기를 설계함
- : 대동 트랙터의 경우 경심제어 신호선에 0~5V의 전압을 포텐셜미터를 이용하여 조정하는 비례제어 방식으로 3점 히치장치의 상하 조절이 가능함
- : 컨트롤러로부터 사각어댑터를 통해 나오는 유압 제어신호를 파악하여 현재 voltag로부터 0.1~0.01V 단위로 상승/강하하여 위치를 제어할 수 있도록 설계를 진행함.
- : 알고리즘의 상세 플로우차트를 구성하였으며, PCB를 통해 제어기 제작을 완료함
- : 제어기 제작 후 작동 테스트 완료



[경심제어 알고리즘 플로우차트]



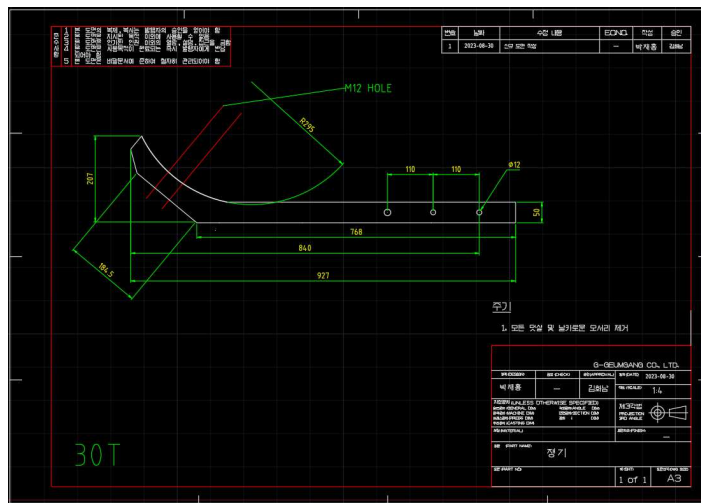
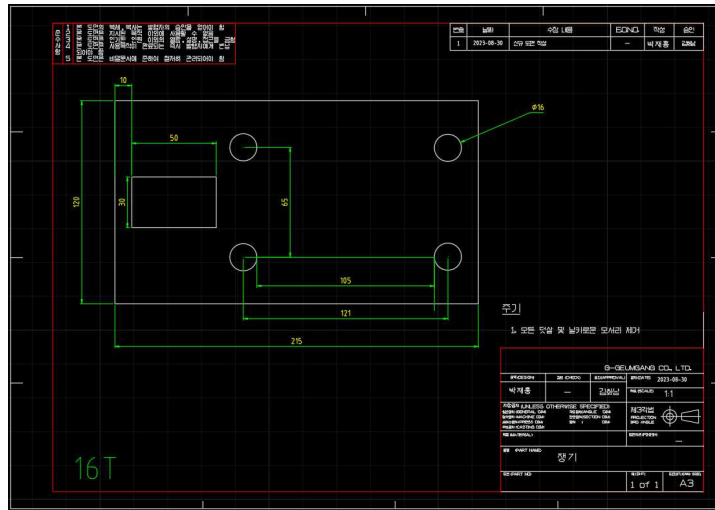
[경심제어기 부품 배치도/아트웍]



[경심제어기]

- 균평기 부착용 쟁기 설계

- : 최초 설계 시 사각 파이프에 부착 하는 방식으로 체결을 진행하려 했으나 쟁기 작업 시 과한 모멘트로 인해 파이프가 굴절될 가능성이 높아 철판 플레이트로 설계 변경
- : 핀을 이용하여 길이조절이 용이하도록 설계 하였으며, 볼트를 이용하여 체결함. 제작 이후 신규 균평기 B타입에 장착하여 테스트를 진행함



[균평기 부착형 쟁기 부품도]

: 쟁기날의 경우 국제단조사의 쟁기날을 구매하였음



[상용 쟁기날]



[쟁기 부착 후 테스트 / 휘어짐 현상 발생]

: 테스트 결과 중단 홀딩 부분에 모멘트가 과하게 실려 굴절현상이 발생하였으며, 따라서 선진사 쟁기처럼 상부로 갈수록 두꺼워지는 구조로 설계를 진행해야 함.

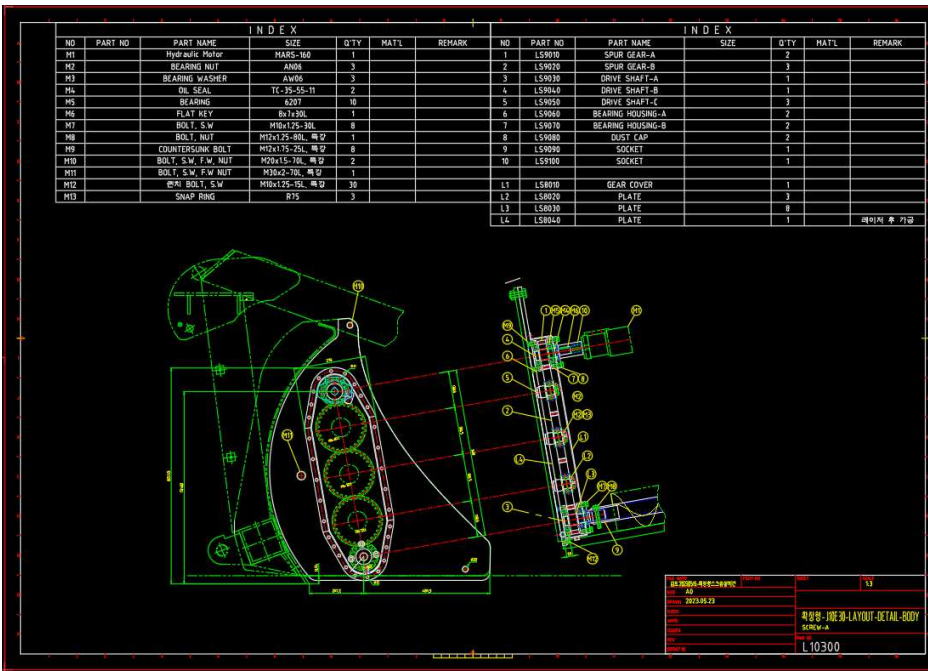
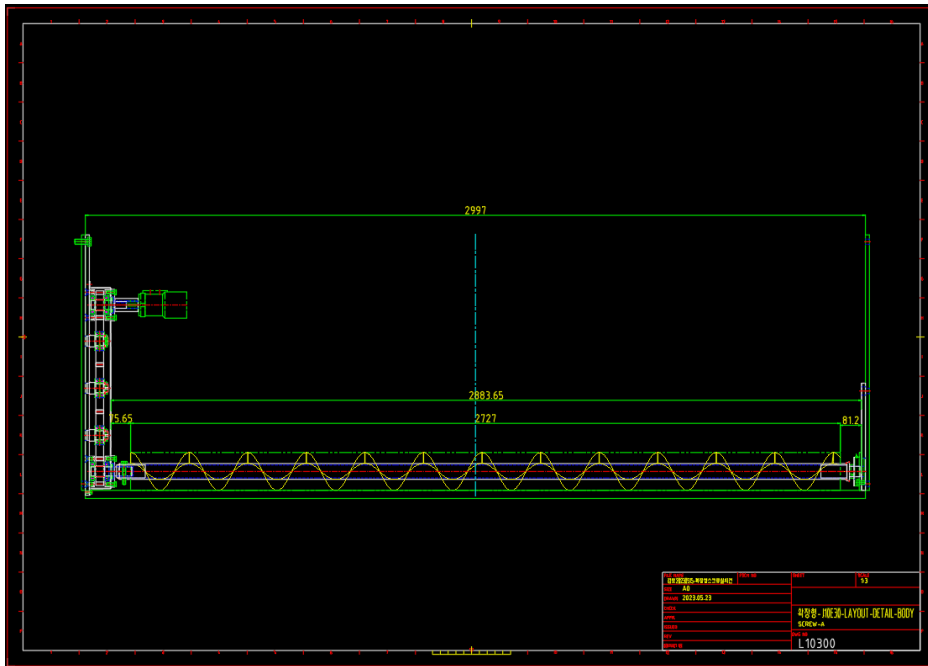
: 길이 조절 방법을 바꿔서 설계해야 할 것으로 예상됨.

- 스크류 부착형 균평기 설계

: 균평기 삽날에 흙이 한 쪽 면에만 쌓일 경우, 흙의 무게로 인하여 삽날의 높이 변화가 생겨 균평 정밀도가 다소 떨어지는 경우가 종종 발생함

: 균평기 삽날에 스크류를 장착한 후 흙이 쌓여 있지 않은 방향으로 옮겨 삽날에 흙이 골고루 분포할 수 있게 작동할 수 있도록 함

: 유압 모터 동작을 위한 기어박스 설계를 진행함



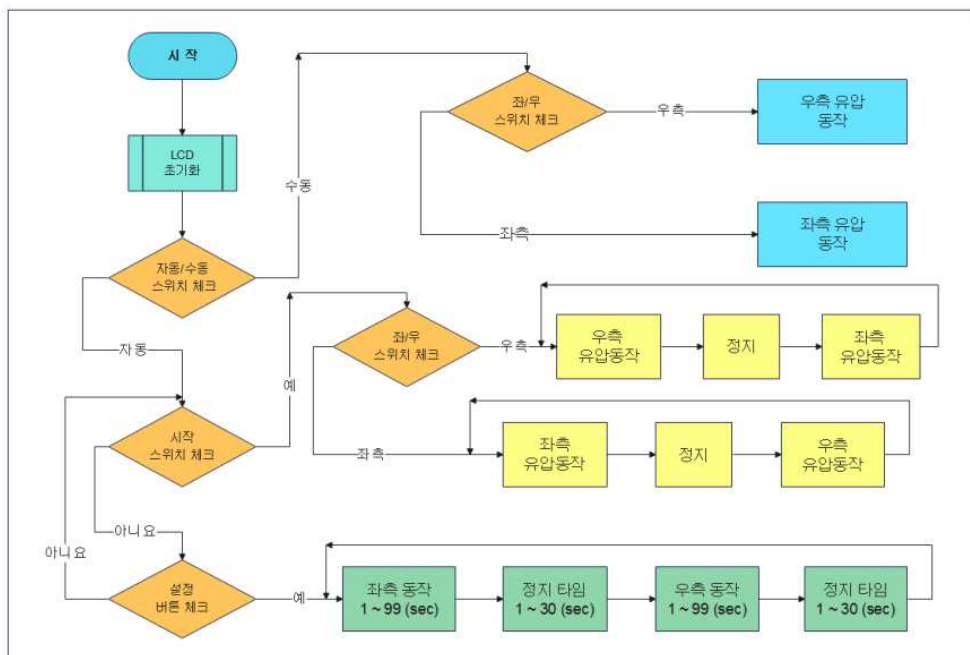
[스크류 조립도]



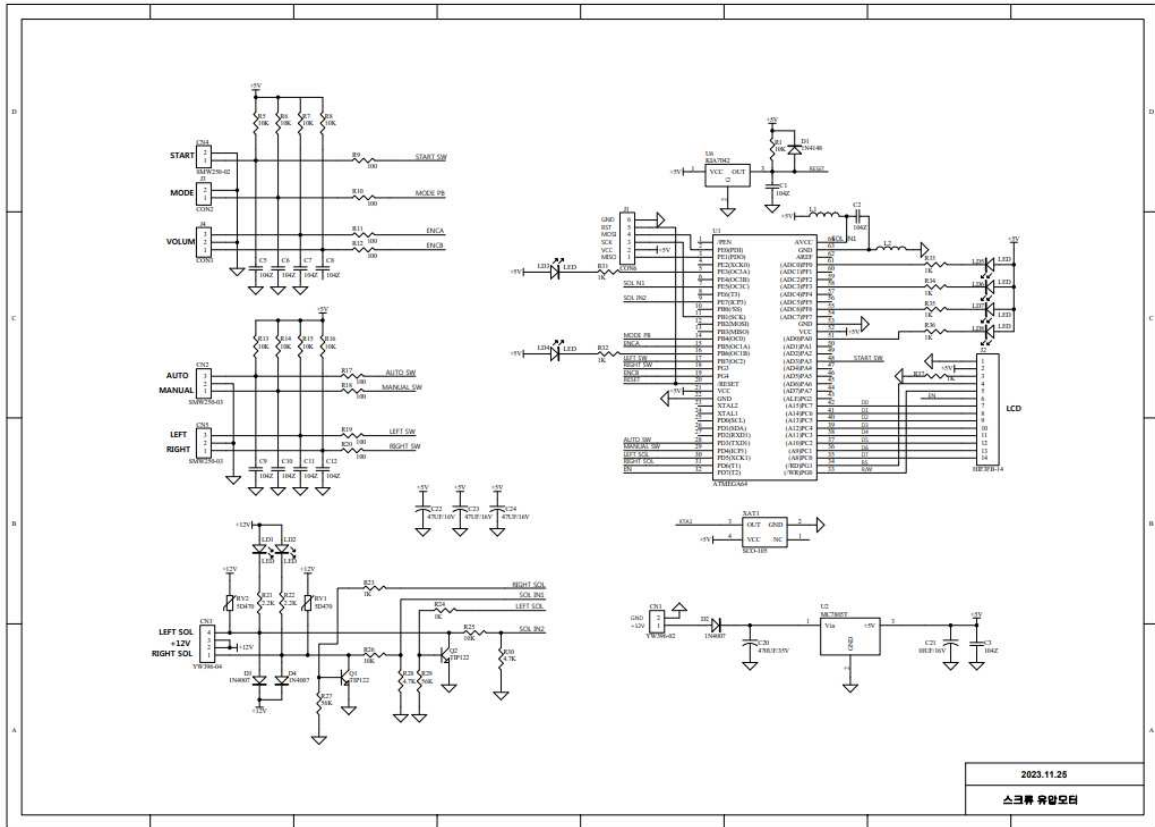
[스�크류 장착형 균평기 사진]

- 스크류 유압모터 컨트롤러 제작

- : 스크류 유압모터의 경우 솔레노이드 밸브를 이용하여 좌우 회전 방향을 변경할 수 있도록 구성하였음
- : 자동 모드의 경우 좌우 방향을 일정 시간마다 변경할 수 있도록 설계를 진행하였으며, 수동모드의 경우 좌우 방향을 사용자가 직접 설정할 수 있도록 알고리즘 설계를 진행함
- : 유압모터 컨트롤 알고리즘의 플로우차트 및 회로도 는 다음과 같음

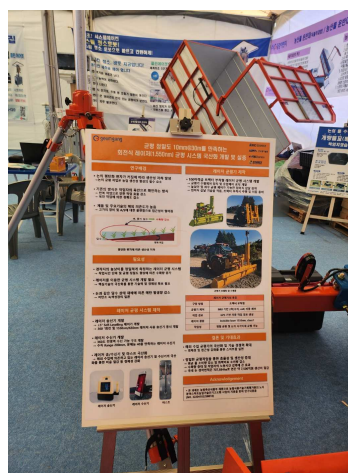


[스�크류 컨트롤러 알고리즘 순서도]



[스크류 컨트롤러 회로도]

- 박람회 참가
- 2023 익산농기계박람회 참가
- 2023 순천 국제농업박람회 참가











[박람회 참가]

○ 개발 균형 시스템 검증을 위한 테스트 진행

- 개발된 균형 시스템의 작업속도 및 작업 성능 시험을 KOLAS인정기구인 DT&C 사에서 진행하였으며, 수평 정밀도시험 또한 입회 하에 자체 평가를 진행하였음.

시험 성적서

	(주)디티앤씨			
<p>1. 성적서 번호 : TR-N23D02-101</p> <p>2. 신청인</p> <ul style="list-style-type: none"> • 상 호 : G금강㈜ • 주 소 : <p>3. 시험성적서의 용도 : 품질관리용</p> <p>4. 제품명 / 모델명 : 본문 참조</p> <p>5. 시험방법 : 의뢰인 제시</p> <p>6. 시험기간 : 2023. 12. 19.</p> <p>7. 시험장소 : <input type="checkbox"/> 고정시험실 <input checked="" type="checkbox"/> 현장시험</p> <p>8. 시험결과 : 본문 참조</p> <p>이 성적서는 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다. KOLAS 인정과 관련 없음.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">확인</td> <td style="width: 45%;"> 시험자 성명: <u>윤성진</u>  </td> <td style="width: 40%;"> 기술책임자 성명: <u>조계환</u>  </td> </tr> </table>		확인	시험자 성명: <u>윤성진</u> 	기술책임자 성명: <u>조계환</u> 
확인	시험자 성명: <u>윤성진</u> 	기술책임자 성명: <u>조계환</u> 		
<p>2024년 01월 08일</p> <p>(주)디티앤씨 대표이사 (인)</p> 				

1. 목적

본 문서는 레이저 균평기 및 균평 시스템 성능시험 절차서(문서번호: LB3-PTP-R1.0)에 따라 수행된 성능시험 결과를 기술하기 위해 작성 되었다.

2. 시료 정보

제품명	제조사	모델명	일련번호	수량	비고
IMU 센서	MOBA	UG.000.CAN	01283068	1 EA	레이저 균평 시스템 1 set (기성 제품)
레이저수신기		R.ULSCAN	01286298	1 EA	
컨트롤러		DUO2.CAN	01015230	1 EA	
레이저송신기	LEICA	RUGBY 810	12778123230	1 EA	
IMU 센서	-	GIMU-001	-	1 EA	레이저 균평 시스템 1 set (개발 제품)
레이저수신기		GLR-001		1 EA	
컨트롤러		GLC-001		1 EA	
레이저송신기		GLT-001		1 EA	

2.1 시료 사진 (레이저 균평 시스템 기성 제품)



사진 1. 레이저수신기, IMU 센서, 컨트롤러 (트랙터 부착)



사진 2. 레이저수신기



사진 3. 레이저송신기

2.2 시료 사진 (레이저 균평 시스템 개발 제품)



사진 4. 레이저수신기, IMU 센서, 컨트롤러 (트랙터 부착)



사진 5. 레이저수신기



사진 6. 레이저송신기

3. 성능 시험 구현

논 형태의 테스트베드에서 시험을 진행한다. 시간 당 작업 속도 평가를 위해 테스트베드의 면적을 측정한다. (가로 55m, 세로 18.2m, 약 0.1ha)



그림 1. 논 형태의 테스트베드



사진 7. 논 형태의 테스트베드

균평기를 트랙터에 부착하여 균평 작업을 실시한다. 균평기 스크래퍼의 폭은 4m, 트랙터의 작업속도는 5km/h 이상으로 테스트를 진행한다.

레이저 균평 시스템을 적용하여 송신기의 레이저를 수신기가 수신하는 위치에 따라 작업기의 상하높이를 자동으로 조절하고, IMU센서를 이용하여 작업기의 기울어진 정도를 자동으로 보정하는 방법으로 균평작업을 실시한다.

레이저의 송신기와 수신기를 이용한 균평 시스템의 모식도는 그림 2와 같고 균평기 스크래퍼의 폭은 그림 3 과 같다.

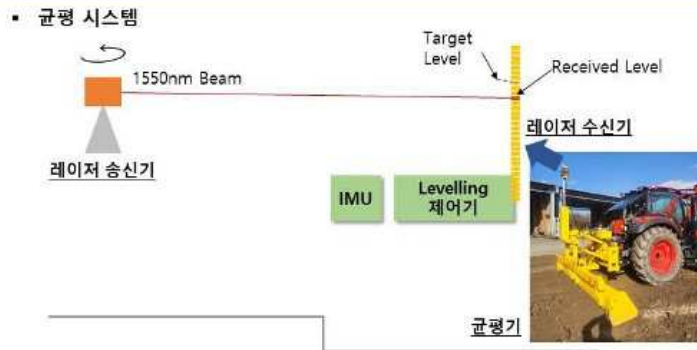


그림 2. 레이저 균평 시스템 모식도

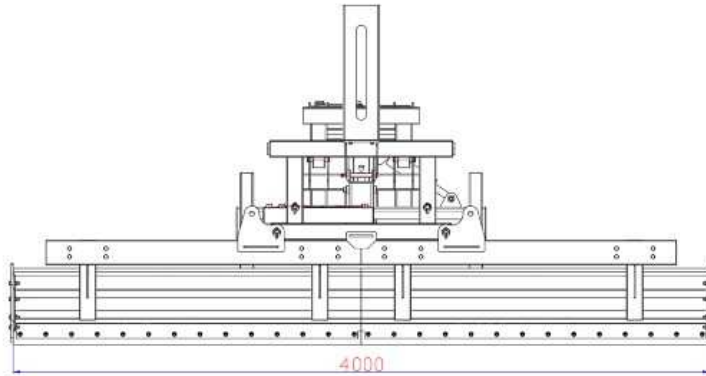


그림 3. 균평기 스크래퍼 폭

4. 성능 시험 절차

4.1 성능 시험 준비

성능 시험을 진행하기 위해서 그림. 2 레이저 균평 시스템 모식도를 참조하여 다음과 같이 준비를 진행한다.

- 1) 트랙터의 3점 히치장치에 트랙터 부착형 균평기를 부착하고 트랙터 내부에 자동레이저 레벨링 장치 컨트롤러를 장착한 후, 균평기의 솔레노이드 블록과 연동한다.
- 2) 균평기의 마스트에 레이저 수신기를 연결하고 레벨링 장치 컨트롤러와 결선을 진행한다.
- 3) 마스트와 마스트 컨트롤러의 결선을 진행한다.
- 4) 논 형태의 테스트베드 외곽에 레이저 송신기를 삼각대에 설치한다.
- 5) 트랙터의 3점 히치장치와 마스트 컨트롤러를 이용하여 송신기 레이저를 수신하는 위치 및 균평기 스크래퍼의 위치를 조정한다.

4.2 작업 속도 및 작업 성능 시험

- 1) 30m의 거리를 기준으로 균평 작업을 진행하면서 트랙터를 이동하여 시간을 측정한다.
- 2) 거리 대비 시간을 나누어 작업속도를 계산한 뒤, 기준값과 비교하여 평가한다.
- 3) 작업 속도와 스크래퍼 날 길이를 곱하여 작업 성능 값을 환산하여 계산한다.

4.3 수평 정밀도 시험 (G 금강 자체평가)

- 1) 지대가 가장 높은 지면을 파악하고, 그 위치로부터 균평기 스크래퍼의 위치를 지면보다 낮게 조절하여 균평 작업을 진행한다.
- 2) 균평 작업 시 지대가 높은 지점으로부터 낮은 지점으로 작업을 실시한다.
- 3) 논 형태의 테스트베드 중 가로 45m, 세로 18m, 약 0.08ha의 면적을 5분간 균평 작업한다.
- 4) 균평 후 결과를 가장자리를 제외한 일정 거리 [가로(5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 35m, 40m), 세로(3m, 6m, 9m, 12m, 15m)] 마다 휴대용 레이저 측정기를 이용하여 측정한다.
- 5) 측정된 데이터를 바탕으로 표준편차를 계산한다.
- 6) 계산된 표준편차를 시험 기준과 비교하여 평가한다.

5. 성능 시험 평가 기준

구분	평가 기준
작업 속도	5 km/h 이상
작업 성능	1.5 ha/h 이상
수평 정밀도 (G 금강 자체평가)	대지 높이 표준편차 값이 10 mm 이내

6. 성능 시험 결과

구분*	시험 결과	만족 / 불만족
작업 속도	6.467 km/h	만족
작업 성능	2.5868 ha/h	만족
수평 정밀도 (G 금강 자체평가)	기성 제품 표준편차: 8.58 개발 제품 표준편차: 8.75	자체평가 기준 만족**

* 작업 성능 및 작업 속도는 기성 제품에 한하여 수행 되었으며 각 시험 별 상세 시험 결과는 6.1 ~ 6.2항을 참조 한다.

** 수평 정밀도 시험은 G 금강 자체평가의 참관 형태로 이루어졌으며, 결과 값은 만족 하였으나 측정에 사용 된 휴대용 레이저수신기 및 레이저송신기는 교정되지 않은 장비를 사용 하였으므로 결과는 유효하지 않다.

6.1 작업 속도 및 작업 성능 시험 결과

6.1.1 작업 속도 시험 결과

작업 거리	작업 시간	작업 속도
30 m	16.70 s	6.467 km/h

6.1.2 작업 성능 시험 결과

작업 속도	스크래퍼 날 길이	작업 성능
6.467 km/h	4 m	2.5868 ha/h

6.1.3 시험 사진



사진 8. 작업 속도 (출발)



사진 9. 작업 속도 (도착)



사진 10. 작업 시간 (16.70 s)

6.1.4 측정 장비

장비명	제조사	모델 번호	일련 번호	차기 교정 일자
STOP WATCH	CASIO	HS-3	401Q29R	2024. 06. 22

6.2 수평 정밀도 시험 결과 (G 금강 자체평가 참관)

6.2.1 기성 제품 시험 결과

- 휴대용 레이저 측정기 측정값 및 평균 (단위: mm)

거리	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m
3 m	9	5	6	10	11	15	6	0
6 m	-11	7	6	9	7	2	-15	-13
9 m	6	3	16	4	-11	-13	-14	-14
12 m	8	-9	-3	1	0	10	10	12
15 m	11	5	2	0	4	5	7	2
							평균	2.4

- 측정값의 편차 및 표준편차 (단위: mm)

거리	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m
3 m	6.6	2.6	3.6	7.6	8.6	12.6	3.6	-2.4
6 m	-13.4	4.6	3.6	6.6	4.6	-0.4	-17.4	-15.4
9 m	3.6	0.6	13.6	1.6	-13.4	-15.4	-16.4	-16.4
12 m	5.6	-11.4	-5.4	-1.4	-2.4	7.6	7.6	9.6
15 m	8.6	2.6	-0.4	-2.4	1.6	2.6	4.6	-0.4
							표준 편차	8.58

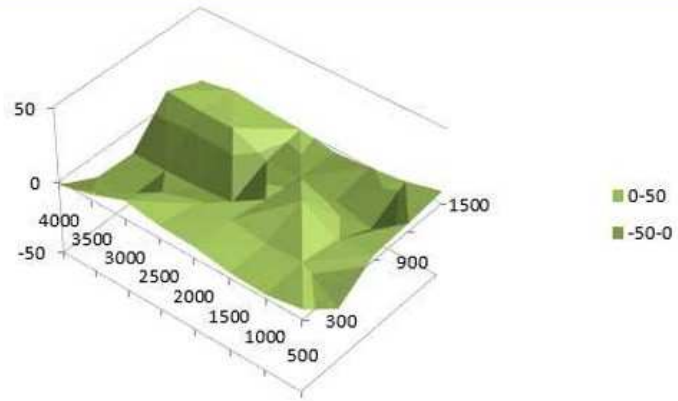


그림 4. 측정값에 따른 편차 그래프

6.2.2 개발 제품 시험 결과

- 휴대용 레이저 측정기 측정값 및 평균 (단위: mm)

거리	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m
3 m	9	10	-5	-5	-15	-15	13	13
6 m	13	-8	-1	-5	-6	-6	13	12
9 m	8	-10	3	11	-8	-8	-10	10
12 m	6	-10	-4	-5	5	5	-1	11
15 m	-8	6	-6	-11	-6	-6	-5	-2
							평균	-0.45

- 측정값의 편차 및 표준편차 (단위: mm)

거리	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m
3 m	9.45	10.45	-4.55	-4.55	-14.55	-14.55	13.45	13.45
6 m	13.45	-7.55	-0.55	-4.55	-5.55	-5.55	13.45	12.45
9 m	8.45	-9.55	3.45	11.45	-7.55	-7.55	-9.55	10.45
12 m	6.45	-9.55	-3.55	-4.55	5.45	5.45	-0.55	11.45
15 m	-7.55	6.45	-5.55	-10.55	-5.55	-5.55	-4.55	-1.55
							표준 편차	8.75

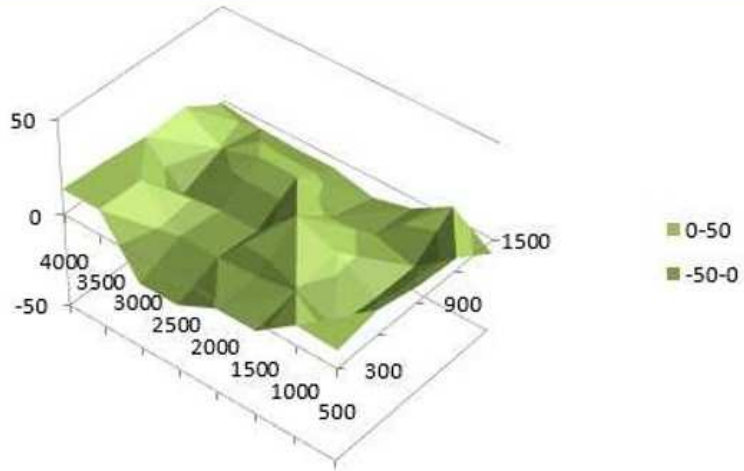


그림 5. 측정값에 따른 편차 그래프

6.2.3 시험 사진



사진 11. 균평 작업 (기성 제품)



사진 12. 균평 후 측정 작업 (기성 제품)



사진 13. 균평 작업 (개발 제품)



사진 14. 균평 후 측정 작업 (개발 제품)

6.2.4 측정 장비

장비명	제조사	모델 번호	일련 번호	차기 교정 일자
STOP WATCH	CASIO	HS-3	401Q29R	2024. 06. 22
휴대용 레이저수신기	Trimble	HL70	14076453	N/A*
레이저송신기	LEICA	RUGBY 810	12778123529	N/A*

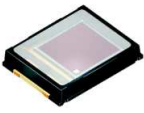
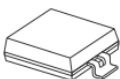
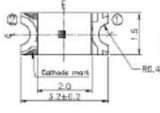

* 측정 작업에 사용된 휴대용 레이저수신기 및 레이저송신기는 교정되지 않은 장비이다.

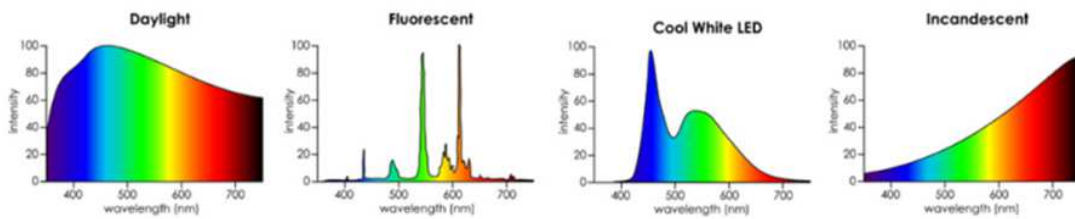
끝.

나. 참여연구기관 : 한국광기술원

○ Photodiode 선정 및 적용

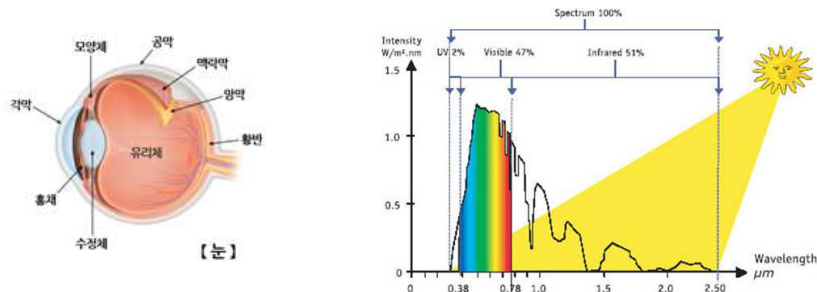
- 1550nm는 가시광 영역에 비해서 인체(눈)에 더 안정적이고 자연광에 영향이 적지만 아직까지는 적용하는 분야가 많지 않아 부품가격이 높고 부품수급성도 원활하지 못하는 상황임

모델명	SFH 2240	QSB34GR	SD0090-3111-185	3001228	비고
Peak Wavelength	620nm	940nm	1550nm	1550nm	
Active Area	7 mm ²	6.5 mm ²	0.07 mm²	7.1 mm²	
가격 (160개 적용시)	1,500원 (24만원)	1,000원 (16만원)	7,000원 (112만원)	493,000원 (7,880만원)	1제품에 160개 PD필요
형상					



[주변 인공광의 스펙트럼]

- 가시광이나 근적외선의 레이저는 안구를 관통하여 망막을 가열할 수 있어서 시력 손상의 우려가 높으며, 1550nm의 경우 수정체에 흡수되어 망막 손상에 대한 역치가 가시광선이나 근적외선보다 높음



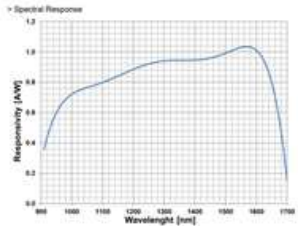
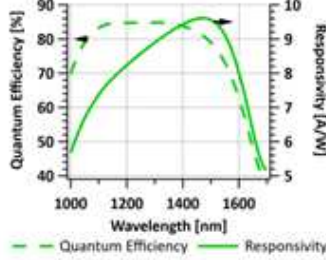
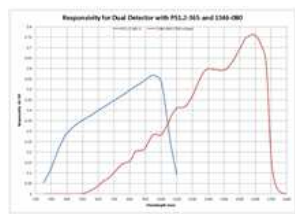
[눈의 구조 및 자연광 스펙트럼]

- 수광 PD 선정

: 본 과제에서 레이저는 1550nm이므로, PD의 수신파장 1550nm이며, 병렬 array가 가능하도록 사이즈가 작은 PD를 search 하였으며, 검색 결과 1550nm의 경우 PD 종류가

많지 않아 다양한 PD를 적용하기가 제한적

: 하기에 그 중 가장 적합하였던 3가지를 다음의 표에 나타내었으며, 많은 개수의 병렬 어레이가 필요한 특성 등을 고려하여 Advanced Photonix 사의 SD0090-3111을 선정함

품명	SD0090-3111-185	C30645L-080	MT03-047																																																												
제조사	Advanced Photonix	Exceltastech	Marktech																																																												
수신대역	900~1700nm 	1000~1700nm 	250~1750nm (250~1100, 600~1750) 																																																												
패키지	SMD 1206 (mm 3216)	SMD 3030 (mm)	SMD 5050 (mm)																																																												
max rating	<p>> Absolute Maximum Ratings</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part No.</th> <th>Wavelength Range [nm]</th> <th>Reverse Voltage [V]</th> <th>Operating Temperature [°C]</th> <th>Storage Temperature [°C]</th> <th>Package</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SD0090-3111-185</td> <td>900 to 1700</td> <td>20</td> <td>-40 to +100</td> <td>-55 to +125</td> <td>1206</td> </tr> </tbody> </table>	Part No.	Wavelength Range [nm]	Reverse Voltage [V]	Operating Temperature [°C]	Storage Temperature [°C]	Package	SD0090-3111-185	900 to 1700	20	-40 to +100	-55 to +125	1206	<p>Table 2. Absolute Maximum Ratings</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Symbol</th> <th>Value</th> <th>Units</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Forward Current</td> <td>I_f</td> <td>5</td> <td>mA</td> </tr> <tr> <td>Reverse Current</td> <td>I_r</td> <td>0.4</td> <td>mA</td> </tr> <tr> <td>Total Power Dissipation</td> <td>P_{tot}</td> <td>20</td> <td>mW</td> </tr> <tr> <td>Storage Temperature</td> <td>T_s</td> <td>-60 ~ 125</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Operating Temperature</td> <td>T_{op}</td> <td>-30 ~ 70</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Soldering Temperature¹</td> <td>T_s</td> <td>250</td> <td>°C</td> </tr> </tbody> </table>	Parameter	Symbol	Value	Units	Forward Current	I_f	5	mA	Reverse Current	I_r	0.4	mA	Total Power Dissipation	P_{tot}	20	mW	Storage Temperature	T_s	-60 ~ 125	°C	Operating Temperature	T_{op}	-30 ~ 70	°C	Soldering Temperature ¹	T_s	250	°C	<p>Absolute Maximum Ratings</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEMS</th> <th>SYMBOL</th> <th>RATINGS</th> <th>UNIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reverse Voltage</td> <td>V_r</td> <td>50</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Operating Temperature Range</td> <td>T_{op}</td> <td>-40 ~ +100</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Storage Temperature Range</td> <td>T_{stg}</td> <td>-55 ~ +125</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Lead Soldering Temperature¹</td> <td>T_s</td> <td>250</td> <td>°C</td> </tr> </tbody> </table>	ITEMS	SYMBOL	RATINGS	UNIT	Reverse Voltage	V_r	50	V	Operating Temperature Range	T_{op}	-40 ~ +100	°C	Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 ~ +125	°C	Lead Soldering Temperature ¹	T_s	250	°C
Part No.	Wavelength Range [nm]	Reverse Voltage [V]	Operating Temperature [°C]	Storage Temperature [°C]	Package																																																										
SD0090-3111-185	900 to 1700	20	-40 to +100	-55 to +125	1206																																																										
Parameter	Symbol	Value	Units																																																												
Forward Current	I_f	5	mA																																																												
Reverse Current	I_r	0.4	mA																																																												
Total Power Dissipation	P_{tot}	20	mW																																																												
Storage Temperature	T_s	-60 ~ 125	°C																																																												
Operating Temperature	T_{op}	-30 ~ 70	°C																																																												
Soldering Temperature ¹	T_s	250	°C																																																												
ITEMS	SYMBOL	RATINGS	UNIT																																																												
Reverse Voltage	V_r	50	V																																																												
Operating Temperature Range	T_{op}	-40 ~ +100	°C																																																												
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 ~ +125	°C																																																												
Lead Soldering Temperature ¹	T_s	250	°C																																																												
가격(Approximate)	11,000(원)	120,000(원)	79,000(원)																																																												

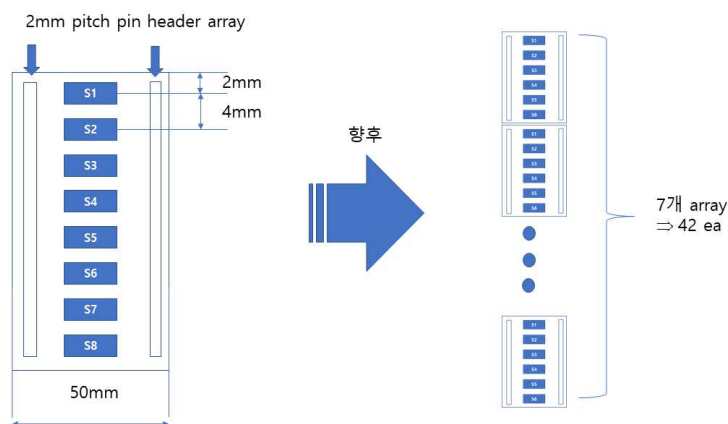
[수광부 PD 비교]

○ 레이저 수광부 회로 설계

- 수광 PD 검출을 위한 PD Array 보드 설계

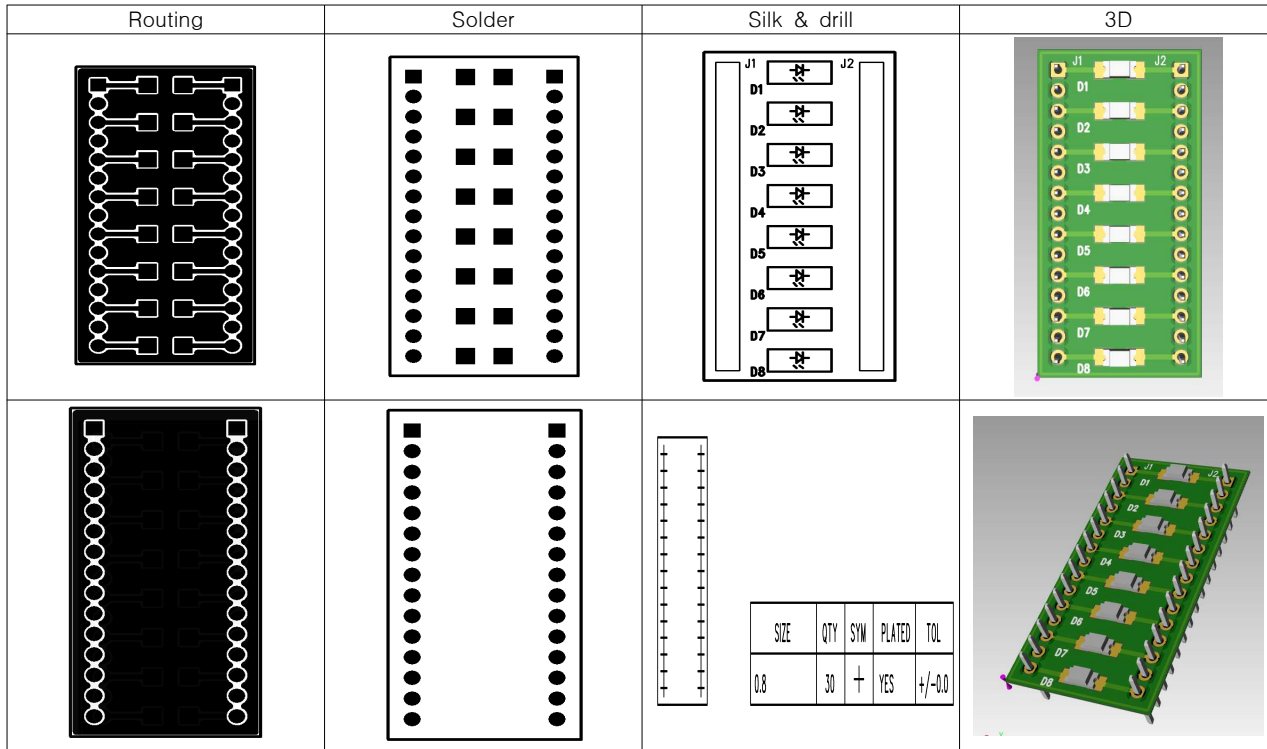
: 수신부 구성을 위한 PD Array는 향후 연장이 가능하고 sensing 보드 변형이 자유롭도록, PD board와 scaling circuit을 분리하여 설계함

: 수신 resolution 등을 검토한 PD의 물리적 배치는 다음과 같음



[PD 보드의 물리적 배치]

: 상기의 기본개념을 바탕으로 PCB를 설계하였으며, 설계된 PCB Layout은 다음과 같음



[설계된 PD 보드 PCB Layout]

: 설계된 PCB를 이용하여 제작 한 PD 보드는 다음과 같음

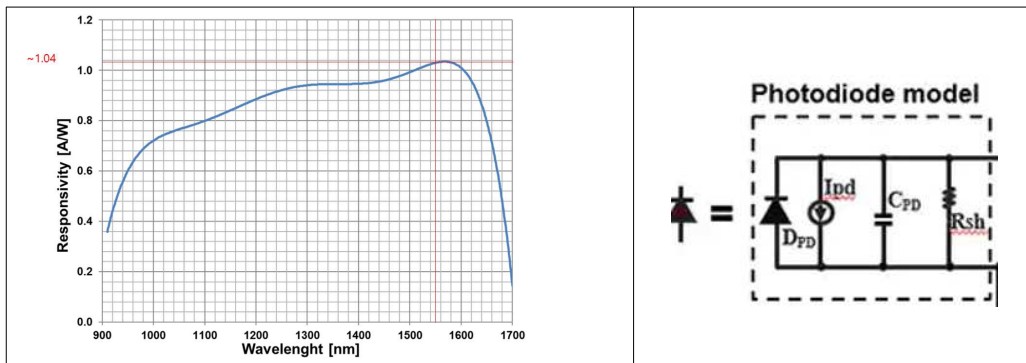


[제작된 1차년도 PD 보드]

- Laser detection을 위한 PD detection(signal scaling) 회로 설계
 - : PD detection 보드는 1) PD 바이어스, 2) 필터링, 3) 신호 스케일링(증폭)의 역할을 수행
 - : 본 과제에서는 기본적인 성능 시험을 위해 1차년도에 크게 출력을 기준으로 H/L(High-low) 타입의 출력과 Analog 신호 출력 두 가지 타입의 회로를 설계함.
 - : H/L 타입의 경우 PD에 신호 검출 시 기준 전압과 비교하여 출력을 LED 및 out port로 출력할 수 있도록 설계
 - : Analog type의 경우 필터링 및 스케일링이 가능하도록 회로를 구성하여 PD에서 검출된 신호의 양을 검출 (out port로 아날로그 출력)
 - : 또한 Analog type의 경우 구성된 회로의 OPAMP를 두 가지 타입으로 적용할 수 있도록 함, OPAMP의 경우 저전압에서 차동전압 신호가 검출될 수 있는 OPAMP 두 가지를 선정, 외부 필터소자 또한 이에 맞게 변경하도록 설계함
 - : 아날로그 출력회로의 경우 OPAMP의 입력 커패시턴스(커먼모드 커패시턴스, 차동 커패

시턴스)와 GBWP(Gain-BandWidth Product) 에 따라 필터값이 변경

: 적용된 PD의 Responsibility는 다음과 같으며, CPD는 5pF, Rsh=40M Ω 으로 계산



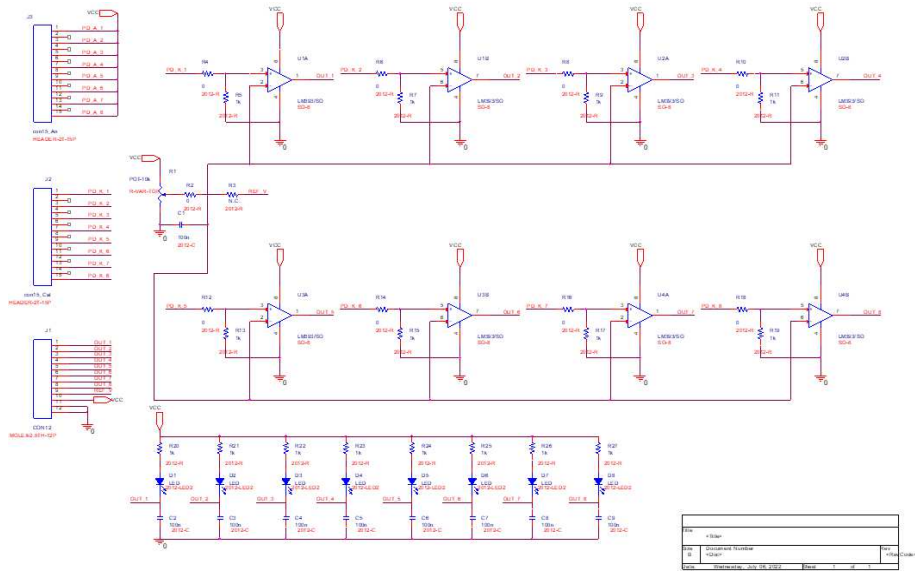
[PD Responsibility 및 PD 등가 모델]

: H/L 타입 회로의 경우 비교기로써 open collector 형태의 출력을 가진 LM393을 적용, 아날로그 타입의 경우 저전압 detection을 위한 LM358 및 MAX40077을 적용함

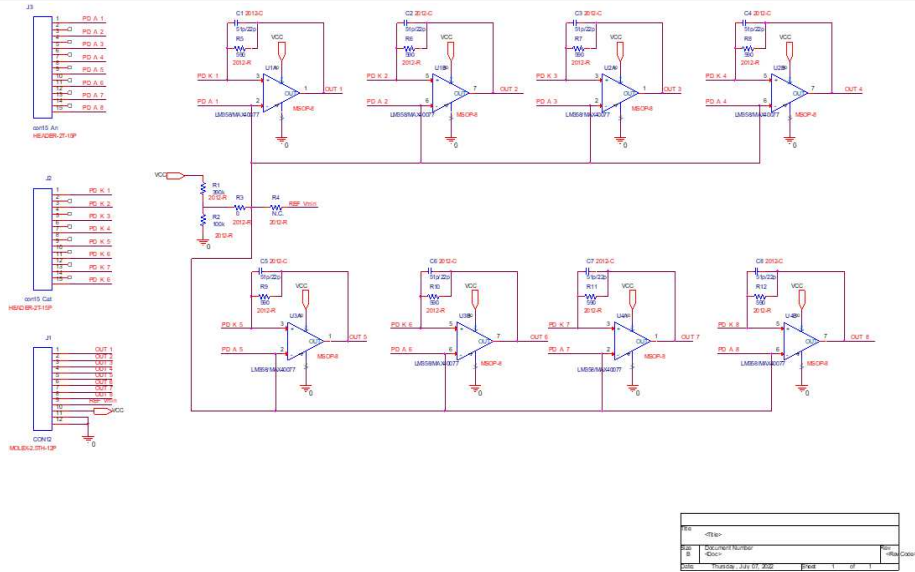
: 설계된 회로도 는 다음과 같으며, H/L 타입의 기준 전압은 Trimmer를 통해 조절 가능 하도록 구성함

: 또한, 설계된 회로를 구현하기 위하여 PCB Layout을 설계하였으며, PCB layout은 다음과 같음

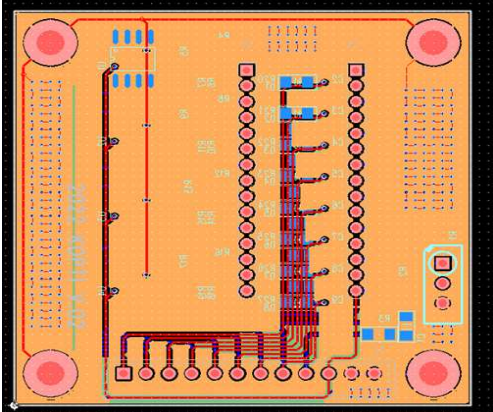
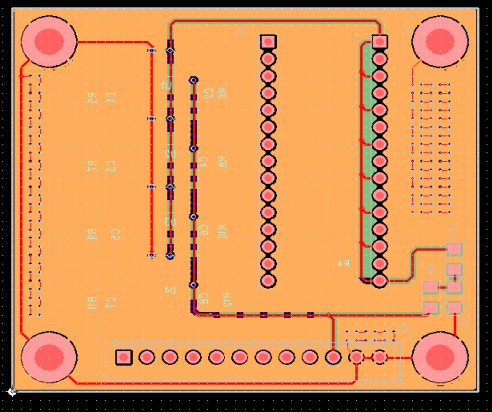
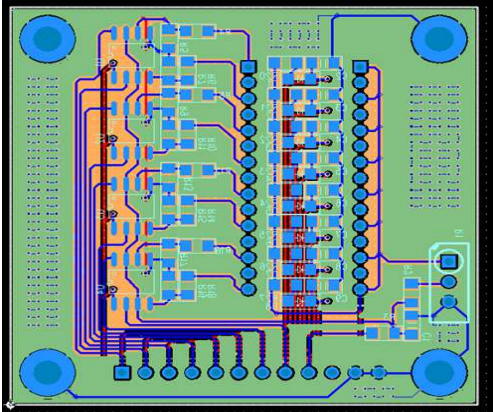
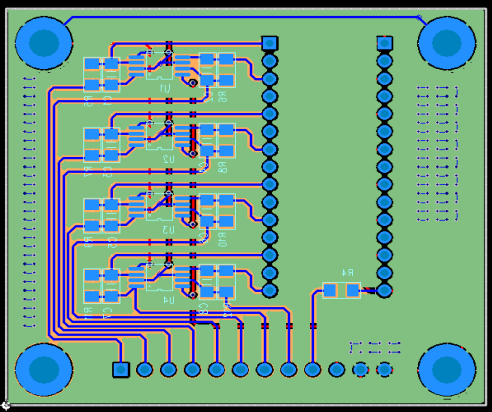
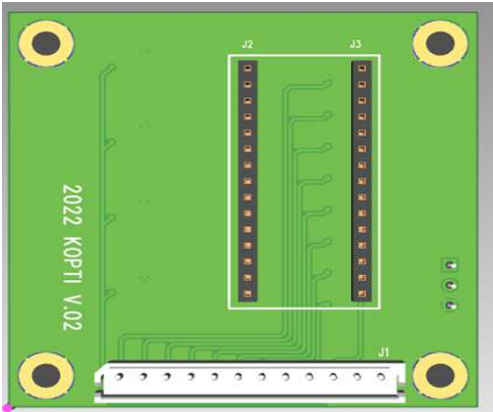
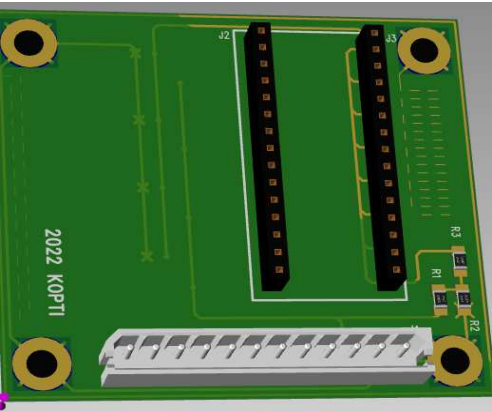
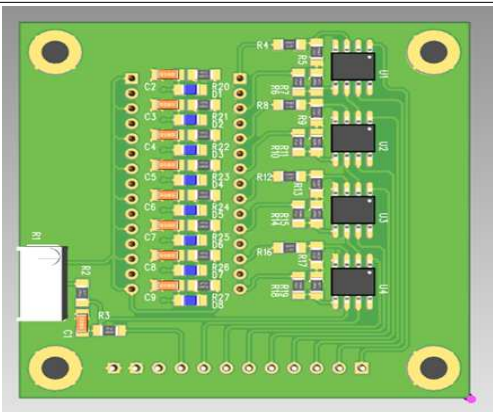
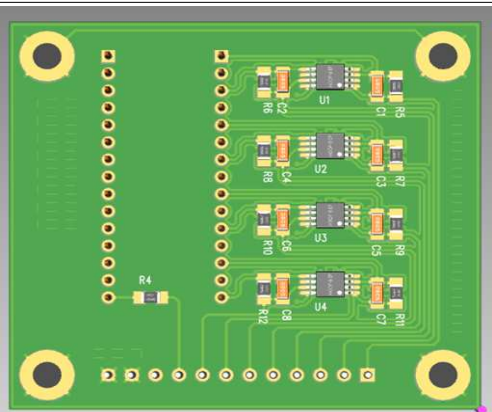
H/L 출력타입



Analog 출력타입



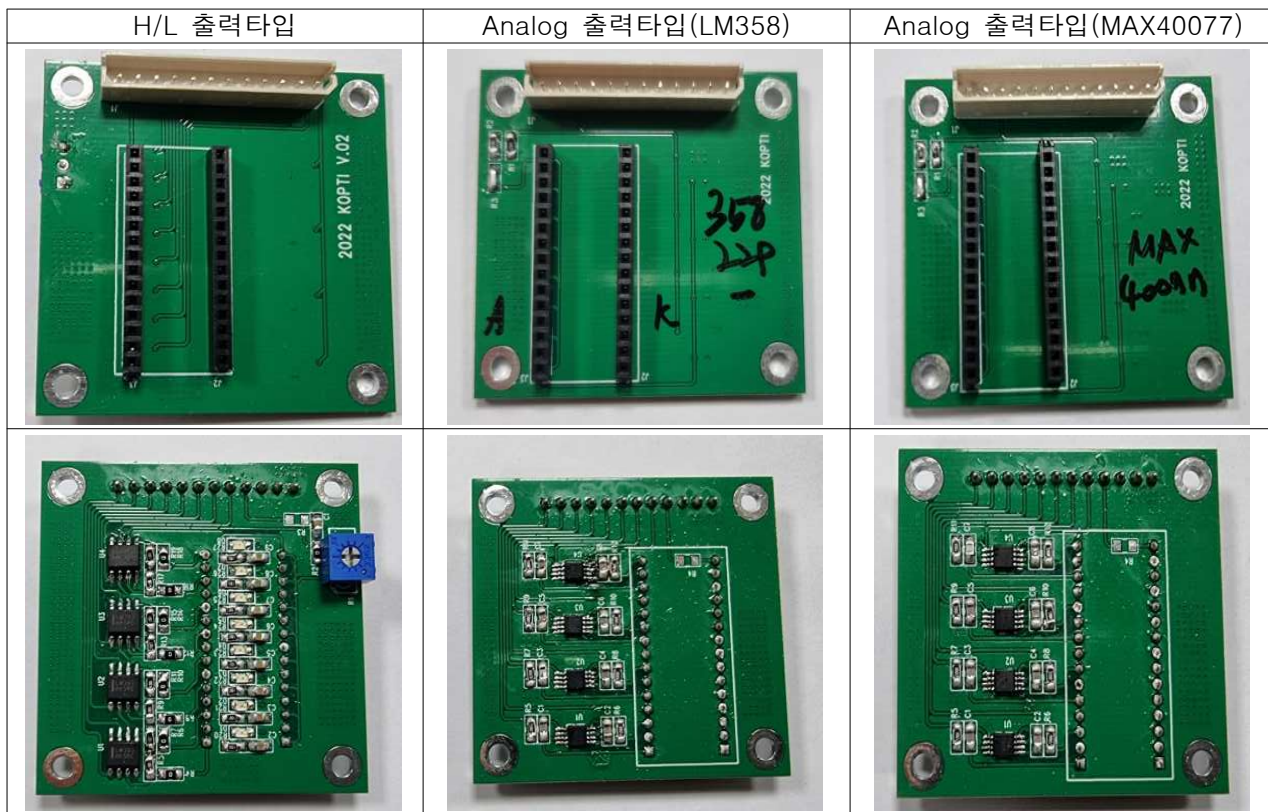
[설계된 PD detection 회로]

	H/L 출력 타입	Analog 출력타입
Top layout		
Bottom layout		
Top 3D		
Bottom 3D		

[설계된 detection 보드 PCB Layout]

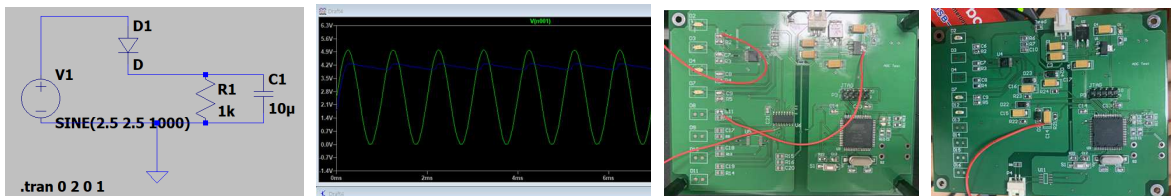
: 최종 제작된 detection board 1차년도 시작품은 다음과 같으며, 기본적인 디텍션 시험 결과 Laser 조사 시 PD Level 변화가 측정됨을 확인함

: 2차년도 진행 시 출력 연동, 잡음유입 및 거리에 따른 수신 시험 등의 데이터 측정을 통해 최종 타입을 결정한 후 array를 위한 최종 회로 설계 및 보완을 진행할 예정



[최종 제작된 1차년도 detection 보드 제작품]

- PD의 전류신호를 전압으로 변경하는 회로와, 증폭하는 회로, Peak 신호를 유지하는 회로로 구성되어 있음. ADC채널을 통해 프로세서로 입력받아 Threshold 설정을 통해 수신여부를 판단함



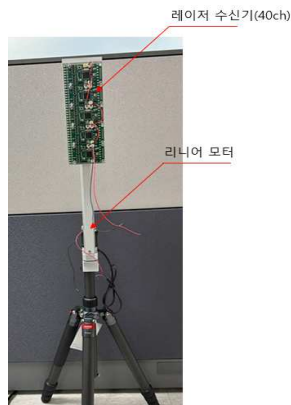
[레이저 송신기 회로 시뮬레이션 및 수신 회로 제작1차, 2차(Peak 유지기 포함)]

○ 레이저 배열 검토

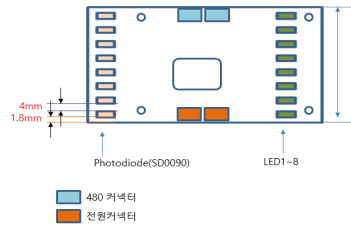
- 선진사 제품의 경우 PD가 세로방향으로 34개, 가로방향 45도 간격으로 4열 구성되어 있음. 세로방향의 34개의 PD가 독립적으로 연결되지 않고 그룹핑되어 연결되어 있음. 상단부터 6 + 5 + 3 + 3 + 3 + 3 + 5 + 6(8묶음)으로 구성되고, PD간의 간격도 양 끝단에서 가운데로 올수록 간격이 좁아짐 (8mm -> 4.5mm). 가로방향 45도 간격의 4열이 2그룹으로 연결되어 있음

: Photodiode는 총 34 x 4 로 136개, 그러나 그룹핑을 통해 채널은 16채널로 구성되어 있음.

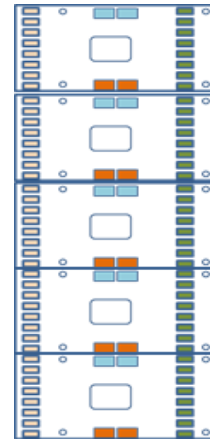
- 본 과제의 1차년도 목표는 경우 40개의 PD가 개별동작하게 회로를 구성해야 함. 선진사의 16ch과 비교했을 때 Photodiode의 수는 약 1.2배이지만 처리해야 하는 신호의 수는 5배 수준임. 회로는 5개의 파트로 구성하여 개발함



[레이저 수신기 제작]



[회로 구성]

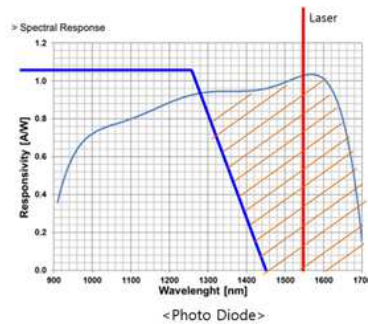


[회로 5개 연결]

- 회로는 5개로 구분되어 있으며, 각 회로는 485통신으로 연결되어 토크링 방식으로 연동하면서 각자의 데이터를 공유하면서 병렬처리 프로세싱을 구현

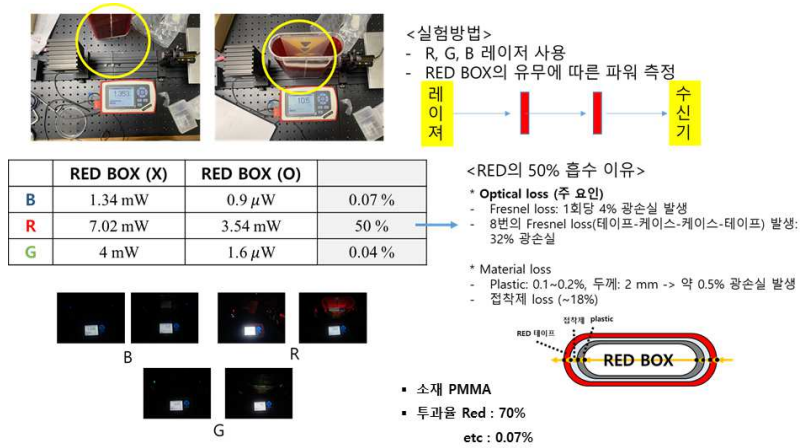
○ 광학 필터 및 외부 하우징 검토 및 설계

- 본 과제의 PD는 900~1700nm 대역까지의 스펙트럼 영역을 가지고 있음. 파란색에 해당하는 영역은 광학 필터를 통해 제거는 방식으로 구현 예정



[PD스펙트럼과 필터 제작 검토]

- 기존 선진사의 커버의 경우 PMMA 소재에 필름 형태의 필터를 적용하였음. Red 광원에 대한 투과도는 70%로 성능은 낮지만 저비용으로 제작 가능하다는 장점이 있음



[선진사 광학 필터 분석]

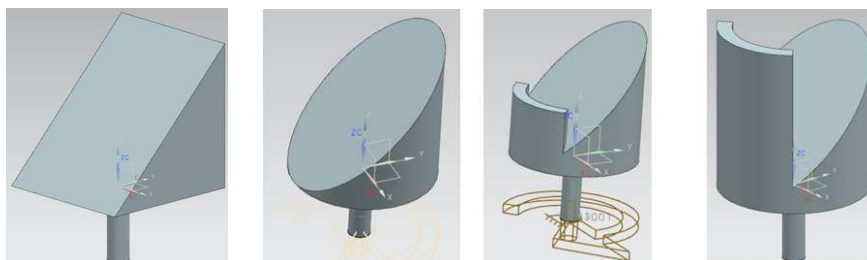
○ 레이저 수신기 시험을 위한 1550nm 레이저 송신기 개발

- 시험을 위한 레이저 송신기는 1550nm 레이저와 Beam Expander, Prism, BLDC Motor, 높이를 조절할 수 있는 삼각대 등으로 구성되어 있음
- 시험용 레이저 송신기를 제작하는 이유는 레이저 수신기에서 레이저가 Step 파형이 아닌 Impulse 형태로 들어오기 때문에 그 형태를 모사하기 위함이고, 레이저 빔의 높이 변화에 따른 레이저 수신 성능을 평가하기 위함임
- 시험용 레이저 송신기는 파워를 조절할 수 있으며(0~10mW), 높이를 가변 시킬 수 있고(20Cm), 회전 속도를 가변시킬 수 있음 (0~600RPM)



[시험용 레이저 송신기 설계 및 제작]

- 현재 삼각형 모양의 프리즘 형태는 회전 시 진동을 야기시킬 수 있음. 이를 개선하기 위해서 회전축에 가해지는 힘을 줄일 수 있는 형태로 프리즘의 형태를 변경하고 시뮬레이션을 통해서 토크리플이 개선되는 것을 확인함



[프리즘 형태에 따른 로터 밸런스, 왼쪽부터 0.41N, 0.23N, 0.17N, 0.088N]

- 레이저 수광부 회로 설계 및 수신률 개선 튜닝

: 다중 PD 출력 검출을 위한 Signal scaling circuit 보완

- 병렬형 PD 검출 회로의 PD 라인의 구성 및 개념도는 다음과 같이 transistor 기반의 증폭 및 바이어싱 회로를 거친 후 필터 회로를 통해 잡음 제거 및 DC offset/negative voltage blocking 등 수신을 위한 신호로 변경한 후 최종 출력단의 증폭기를 통해 신호레벨을 조정 할 수 있도록 구성함

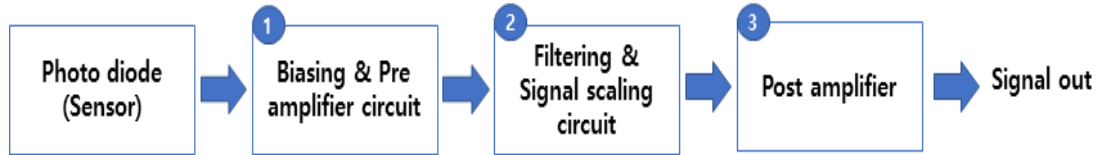


그림. PD 수광부 회로 개념도

- 상기와 같은 신호 처리과정이 모든 PD(광 센서)에 적용되도록 병렬로 회로를 구성 후 신호를 인식 보드측으로 전달, 인식보드측에서 신호를 병렬로 처리가능하도록 가공하여 처리함
- 1차년도에는 신호 수신부를 2차년도 설계된 개념도의 중간 부분인 스케일링 부분과 Biasing circuit 부분의 역할을 단일 OPamp로 구성하였으나, 신호의 수신률 향상을 위해 수신부 회로를 보완
- 상기 블록 다이어그램의 ①부분의 회로는 PNP transistor를 이용하여 PD의 바이어스를 공급함과 동시에 증폭이 가능하도록 구성하였으며, ②부분의 회로는 BW가 넓은 FastFET OAamp를 이용하여 필터링 및 offset 주입, peak detection 형태의 증폭기 구성하였으며, ③에서 최종 시그널 레벨로 증폭하도록 non-inverting 증폭기로 구성함
- ①과 ② 블록 신호 전달 시 변위가 전달될 수 있도록 블록간 AC 커플링회로로 연결하고 필터링 부분의 경우 계획하였던 High Q 형태의 BPF 보다는 단순한 형태의 BPF를 구성하였는데 Laser 송신기에서 별도의 모듈레이션 없이 회전으로만 광신호를 송신하기 때문에 병렬 구성 시 전체적인 사이즈가 Bulk 해지는 BPF 보다 효과적인 필터가 가능한 output-Feedback 간의 필터를 설계함

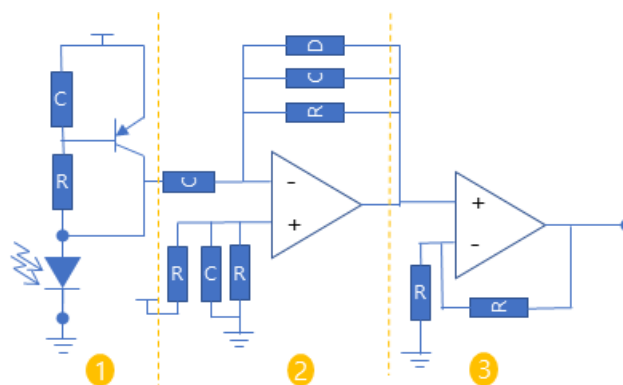
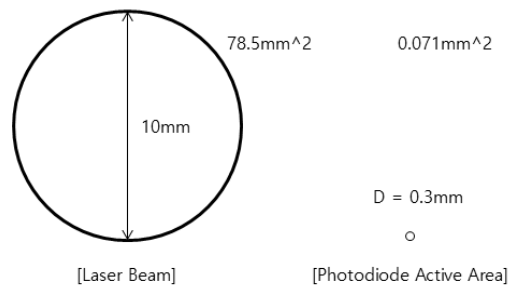


그림. PD 수광부 회로 1CH 회로

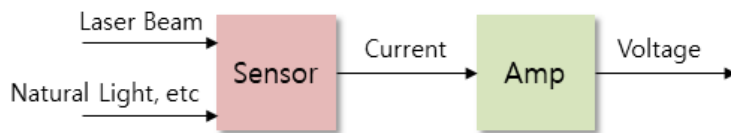
- 레이저 송신기 Spot Size와 Photo Diode의 관계

- : 사업화 가격을 고려해서 선정한 Photodiode는 InGaAs Photodiode이며 Active Area가 0.071mm^2 임
- : 레이저 송신기의 Spot Size가 10mm, 출력을 6mW로 가정하면 면적은 78.5mm^2
- : 6mW의 레이저 빔이 센서의 Active Area에 해당하는 파워는 약 $0.15\mu\text{W}$ 이며 센서의 Gain이 1A/W이므로 전류로 환산하면 약 $0.15\mu\text{A}$ 가 발생함
- : 아날로그 회로는 $0.15\mu\text{A}$ 를 전압으로 변환하고 증폭해서 MCU에서 ADC를 해야 함. 일반적으로 3.3V전압의 MCU를 사용한다고 가정한다면, 약 1만대 정도로 증폭기 설계가 필요함. 그리고 전압 노이즈는 1mV수준으로 잡는다고 가정하면, 노이즈 1mV가 1만대 증폭이 되지 않도록 아날로그 설계가 필요함



[Laser Beam과 Photodiode Active Area]

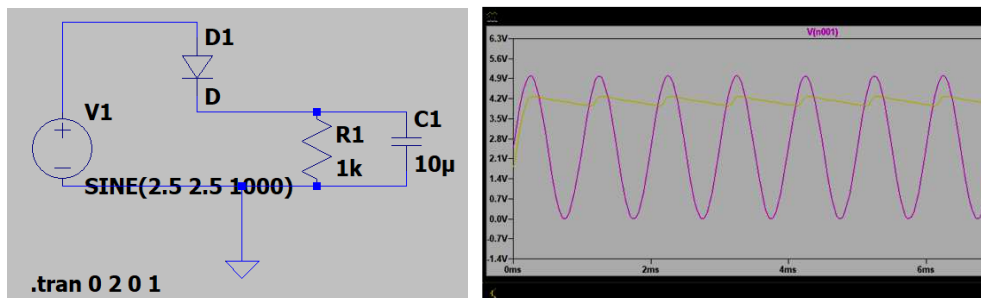
- : Photodiode[이하 PD]의 Current를 ADC가 가능한 Voltage로 변환해야 하며, 자연광이나 인공광의 일부분도 동시에 들어와서 증폭됨. 자연광이나 인공광의 경우 노이즈에 해당되며 이를 광학필터와 회로필터로 없애야 함



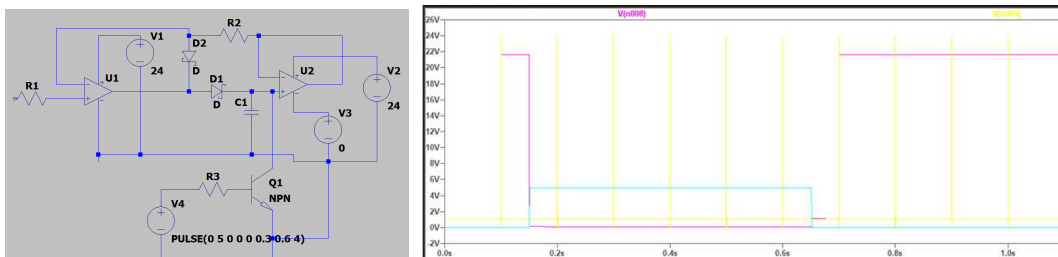
[자연광(노이즈)와 Laser Beam의 인가 및 증폭]

- : 광학필터의 Bandwidth가 좁을수록 노이즈가 적게 인가되는데, Bandwidth가 좁을수록 Glass소재의 필터를 사용해야 하고 비용도 높음
- : Analog Circuit 설계에 있어서 OP-AMP는 전압의 범위가 정해져 있기 때문에 여러 단계로 증폭기를 설계해야 함. 1단계 증폭률이 클수록 Saturation이 발생하여 노이즈의 크기가 커질 경우 Saturation에 레이저 송신기의 신호가 보이지 않게됨. 그러므로 광학 필터의 성능에 따라 1단계 증폭기의 증폭률을 적절하게 정해야 함
- : 레이저 송신기가 300RPM, 600RPM으로 회전하는데, 레이저 수신기에서 보면 5Hz, 10Hz로 신호가 들어옴. 그러나 이는 sine파형이 아닌 impulse파형 형태로 들어오며, 레이저 송신기와 수신기가 멀어질수록 impulse의 신호는 더욱 샤프하게 발생하고 Amplitude도 낮아지는 현상이 있음. 그러므로 Filter는 고주파로 설계해야 하지만, 지나치게 고주파로 설계하면 Amplitude가 더 낮아지기 때문에 적절한 cutoff frequency 설정이 필요함

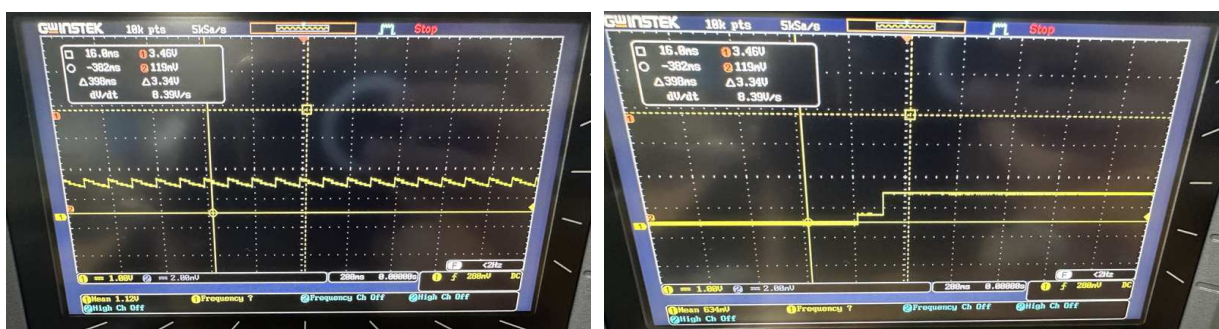
: Inpulse로 들어오는 신호를 MCU가 ADC할 수 있도록 신호를 유지해야 하는데, 커패시터 충전방전을 이용한 passive type의 경우는 커패시터가 충전방전 해야 하기 때문에 톱니형태로 출력됨. active 방식은 reset 하기 전까지 신호를 더해가기 때문에 스텝파형 형태로 출력됨. Passive 방식은 별도 리셋이 없고 회로가 단순한 장점이 있지만 어떤 타이밍에 ADC가 되는가에 따라 값이 달라지는 특징이 있음. Active 방식은 피크 값을 유지하고 있기 때문에 일정한 ADC값을 받을 수 있는 장점이 있지만 회로가 복잡한 단점이 있음



[Passive Type Peak Detector 회로 및 신호]



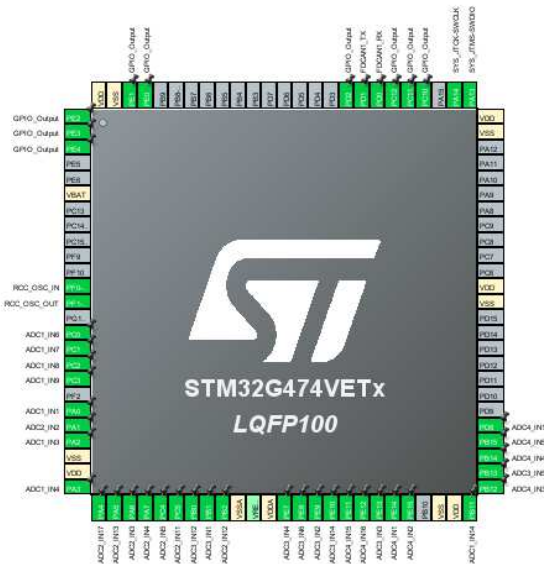
[Active Type Peak Detector 회로 및 시뮬레이션 확인]



[peak detector 회로 제작 및 결과, passive type(좌), active type(우)]

- MCU 선정 및 포트 설정

: PD를 그룹핑 하지 않고 개별 ADC를 할 경우 40 Pin의 ADC port가 필요함. 일반적인 MCU의 경우 1개의 ADC를 가지고 있고, 내부 Mux를 통해 8개 정도의 input Pin을 가지고 있음. 그렇게 되면 40채널의 PD를 처리하는데 반응속도가 늦어질 수 있음. 그러므로 본 과제에서는 ADC를 5개 가지고 있고 input으로 40개 이상 보유하고 있는 STM32g474vet3을 선정하였으며 아래와 같이 포트를 할당했음

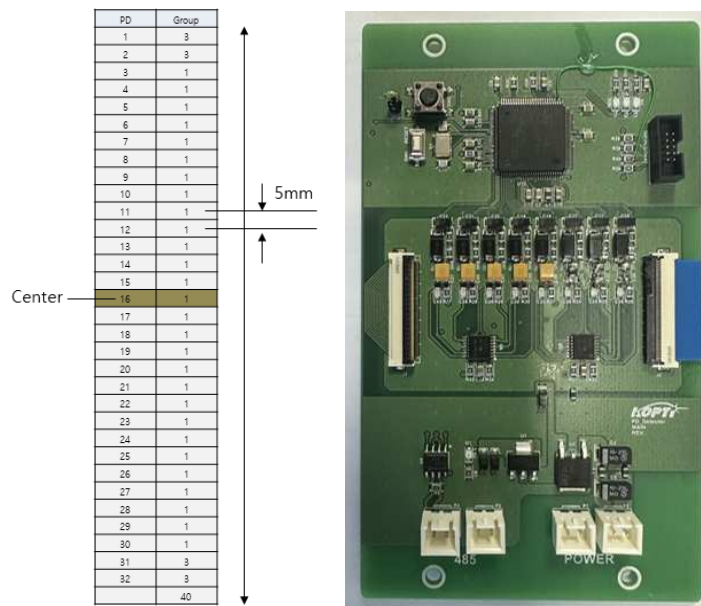


[stm32g474vet3 및 포트 할당]

: ADC는 일반적으로 하드웨어에서 독립적으로(별도로) 수행되고, 소프트웨어적으로 데이터를 가져오는 절차가 필요한데 40채널이고 고속으로 신호가 들어오기 때문에 데이터를 읽어오는 시간으로 인해 다른 처리가 늦어지는 문제가 있음. [40채널 x 10Hz(600RPM) x 10배 x 100ns = 400ms] 그래서 DMA(Direct Memory Access) 기능을 적용하여 자동으로 ADC값을 읽어들일 수 있게 설계함. 결과적으로 400ms의 시간을 절약함으로써 반응속도를 높일 수 있음

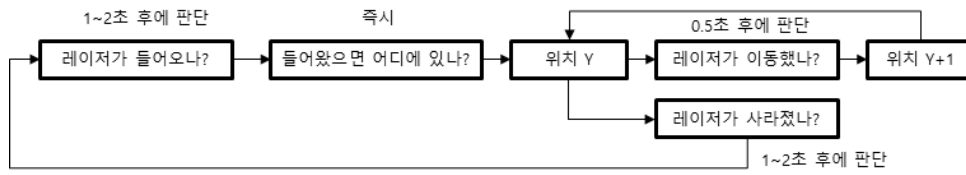
- 45도 간격의 4축 레이저 수신 위치 처리 시제품 회로 개발

: 4축 PD Array를 각 축마다 독립적으로 ADC를 할 수도 있고 축을 그룹으로 연결해서 한 번에 할 수 있는 방법도 있음. 각 축마다 독립적으로 ADC를 하는 방안은 MCU이 ADC채널을 많이 보유하고 있어야 하고 아날로그 회로가 더 많이 필요하게 됨. 각 축을 그룹으로 연결하는 방안은 연결된 회로가 많이 있기 때문에 노이즈가 더 커진다는 단점이 있음



[Photodiode 배치 및 제작 PCB]

- 노이즈를 제거하기 위한 레이저 수신 알고리즘 설계

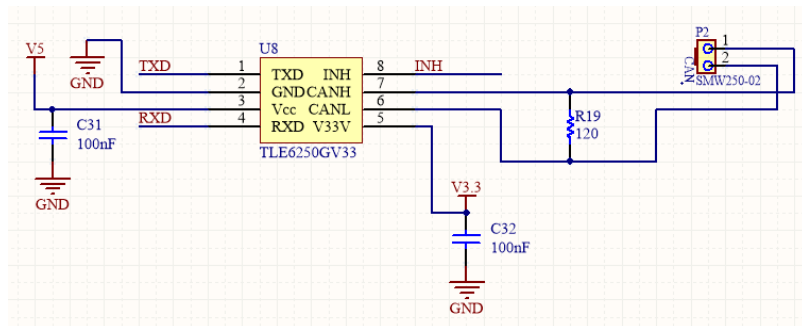


[수신 알고리즘]

- 인터페이스 연동을 통한 중앙제어기에 수신 위치 전송 프로그램 개발

: CAN통신을 통한 레이저 수신 위치 전송 인터페이스 및 프로그램 설계

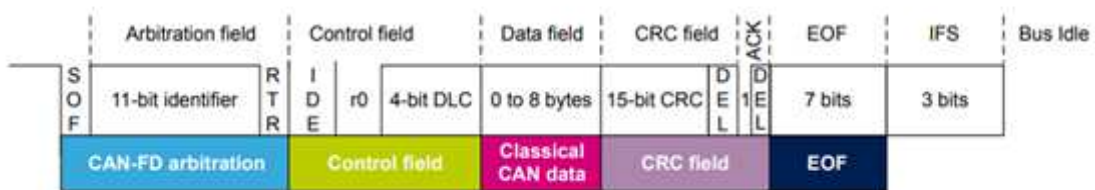
: CAN통신은 CAN Controller와 Transceiver가 필요하며, 아래 TLE6250 부품은 Transceiver에 해당함. CAN Controller는 내장형 Processor(STM32G474VET3)를 사용하고 있기 때문에 내부에서 처리함



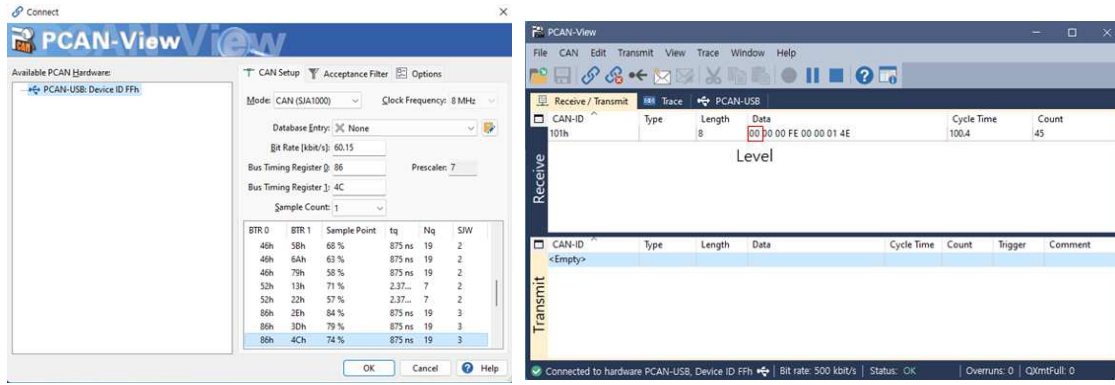
[CAN Transceiver 회로]

: ID에 메시지 수신 우선순위가 발생하며, TX에 전송하면 RX에서 수신하여 버스에서 충돌이 발생하는지 확인함. 이 부분은 MCU 내부에서 자동으로 처리되며 레지스터를 이용해서 프로그래밍함

CAN 2.0: Classical base frame format



[CAN2.0 Frame Format]



[CAN Viewer로 데이터 송수신 확인]

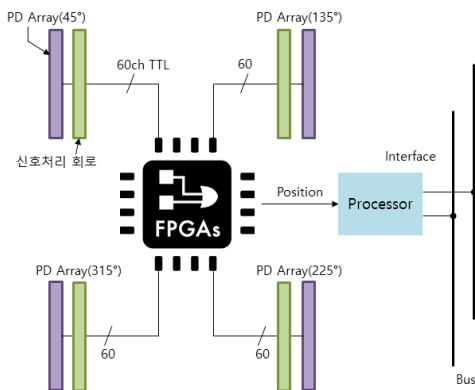
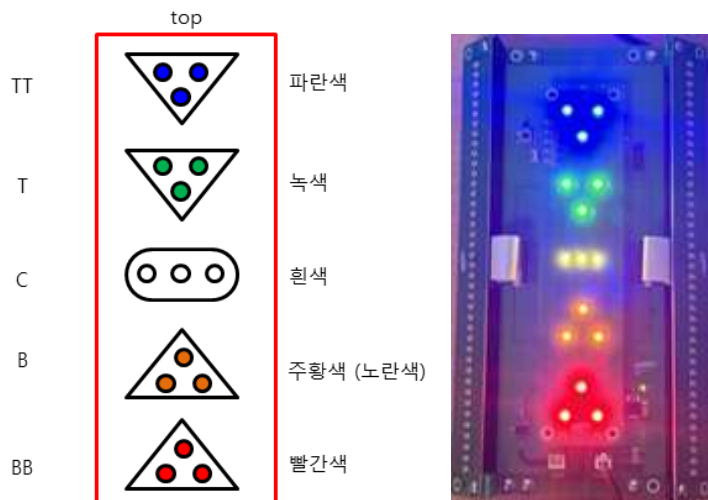


그림. 45°간격의 4축 신호처리를 이용한 수신 위치 검출 회로 제작

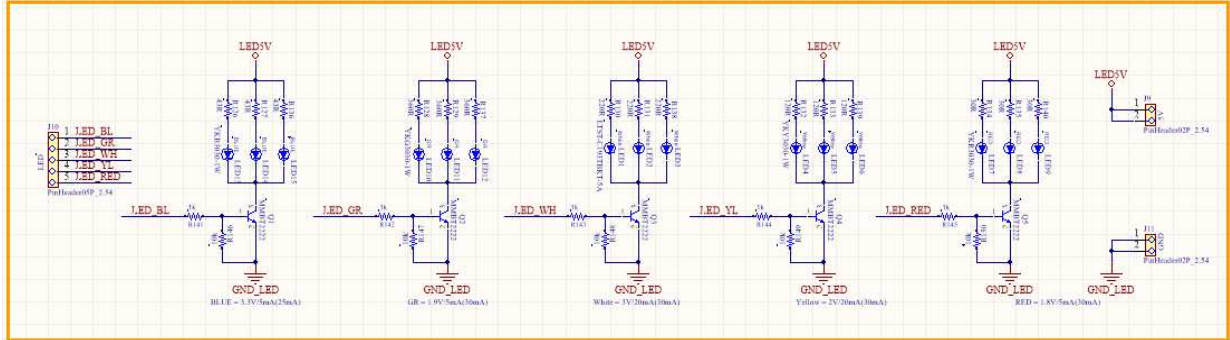
- 작업자에게 수신 레벨 표시를 위한 Indicator 개발
: 5단계 LED 배치



[Indicator 배치]

	P_low1	P_low2	P_high1	P_high2	간격	비고
C점등	98	-	-	102		98~102
T점등, B점등	78	97	103	122	20	
T점멸, B점멸	58	77	123	142	20	
TT점등, BB점등	38	57	143	162	20	
TT점멸, BB점멸	18	37	163	182	20	
전체 소등	못찾음					

[레벨에 따른 Indicator 동작]



[Indicator 회로]

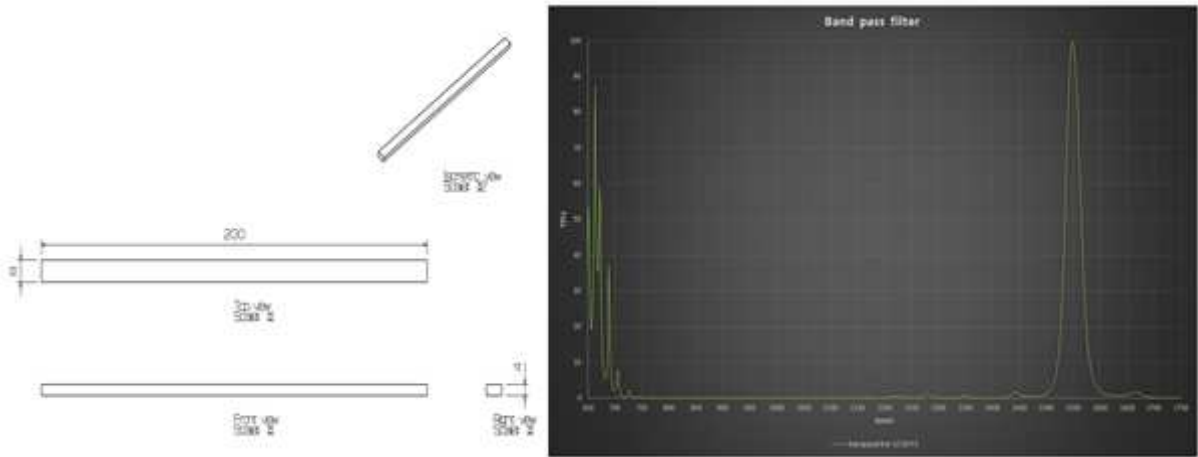
- 개발 가시광 컷오프 케이스의 NIR광 컷오프 광학 특성 측정 테스트
 - : 1,200nm/ 1,320nm/1,550nm 각 구간별 초기 광흡수율 시험
 - 1,550nm 최종 출력 2.0 mW에 따른 각필터별 투과율 측정결과
 - 투과율 전 NIR영역대에서 약 45%, 흡수율 55% 수준으로 확인

파장: 1200nm				(단위: mW)
개발 사출 케이스	시편종류	DATA	투과율	흡수율
	초기 투과율	1.4770		
	투명	0.6446	43.64%	56.36%
	적색	0.6429	43.53%	56.47%
파장: 1310nm				(단위: mW)
개발 사출 케이스	시편종류	DATA	투과율	흡수율
	초기 투과율	1.2080		
	투명	0.5344	44.24%	55.76%
	적색	0.5429	44.94%	55.06%
파장: 1550nm				(단위: mW)
개발 사출 케이스	시편종류	DATA	투과율	흡수율
	초기 투과율	0.8250		
	투명	0.3638	44.10%	55.90%
	적색	0.3715	45.03%	54.97%

- 1,550nm Band Pass Filter 설계 및 개발

: 초기광원의 광원에너지 대비 약 45%의 투과율을 가짐(AOI 0도 기준)

- Material : Fused silica
- Size : 200.0mm(0/-0.2) x 8.0mm(0/-0.2) x 4.0mm(±0.1)T
- Irregularity: P-V $\lambda/4$ @ 633 nm per inch
- Parallelism: ≤ 5 minutes



[설계된 Band Pass Filter의 광특성]

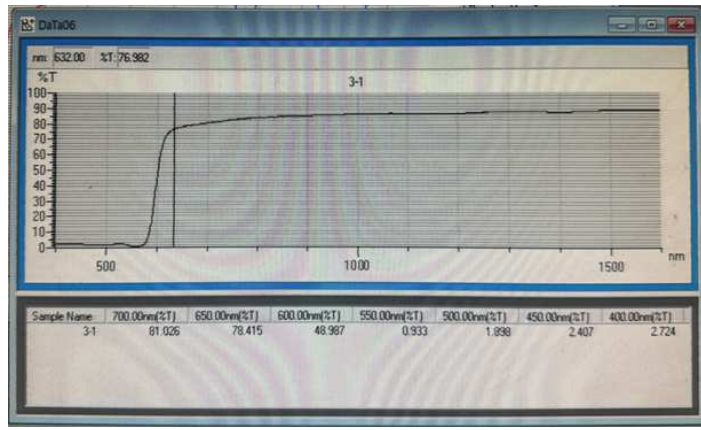
- 광학 필터 제작

: 필터 제작 방식은 대표적으로 흡수형과 반사형 두 가지 있음. 반사형의 경우 반사형은 다층의 소재를 얇게 코팅하여 불필요한 파장의 빛은 반사시키는 방식이며, 흡수형의 경우 특수 알료를 첨가하여 불필요한 파장의 빛은 흡수하는 방식임. 일반적으로 반사형 필터의 투과율이 흡수형 필터에 비해 높은 편임. 그러나 박막 코팅을 해야 하기 때문에 제작 형상의 한계를 가지고 있음(ex 평판 or 평간에 가까운 오픈형 플레이트)

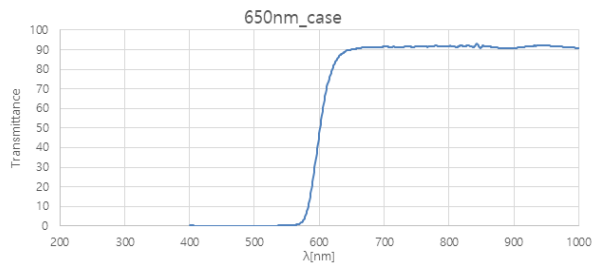
: 사업성을 고려해서 1안) PD에 반사형 평판 필터를 적용하고 투명으로 하우징 커버를 제작하는 방식과 2안)밀폐형 구조가 가능한 흡수형 필터를 적용하는 방식이 있음. 본 과제에서는 1550nm센서의 경우 1안을 적용하고 650nm센서의 경우 2안을 적용하는 방식으로 제작함



[반사형 필터(좌) 및 흡수형 필터(우)]



[선진사 제품 필름형 스펙트럼]

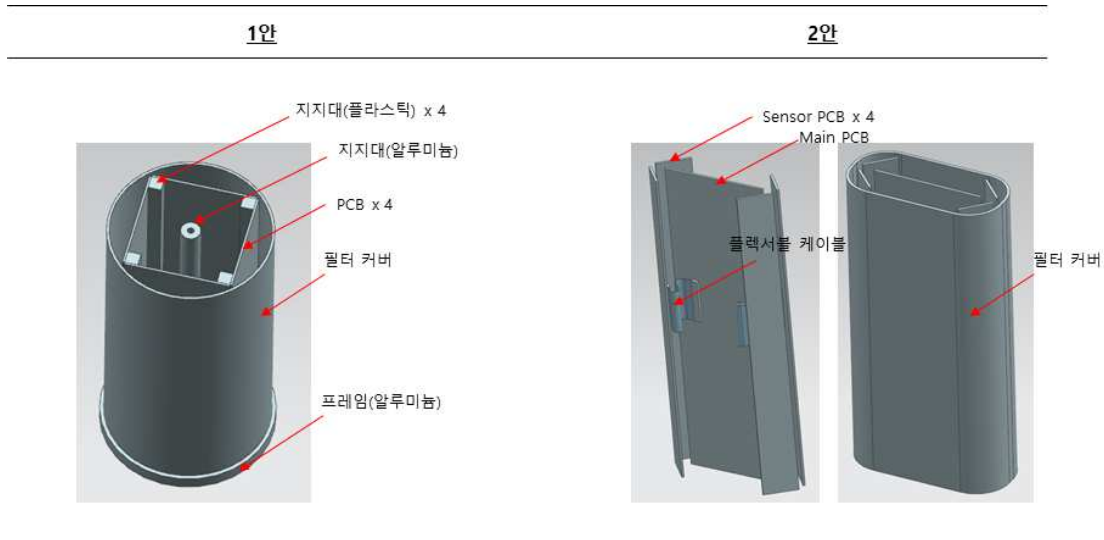


[650nm longpassfilter+케이스 투과율]

- 외부 하우징 및 필터 제작, 적용 기구 설계

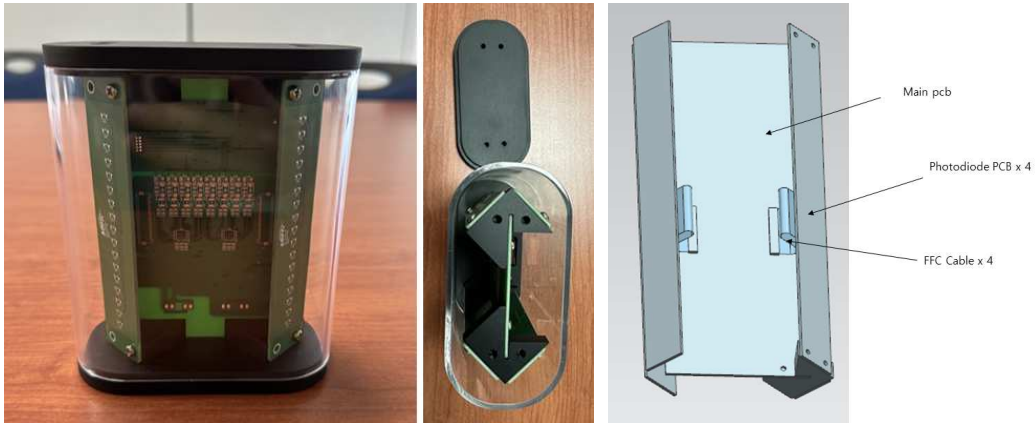
: 1안] 동일한 PCB를 4개 제작해서 연결하는 구조

: 2안] Main PCB와 Photodiode PCB로 구분해서 구성하는 구조

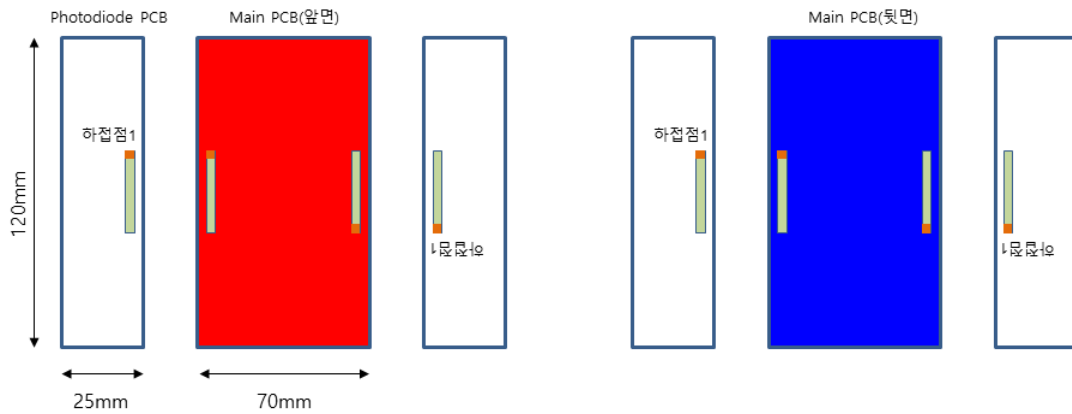


[하우징 구조와 PCB 구조 설계 안]

: Main PCB와 Photodiode PCB로 나누고, 연결하는 구조로 설계함



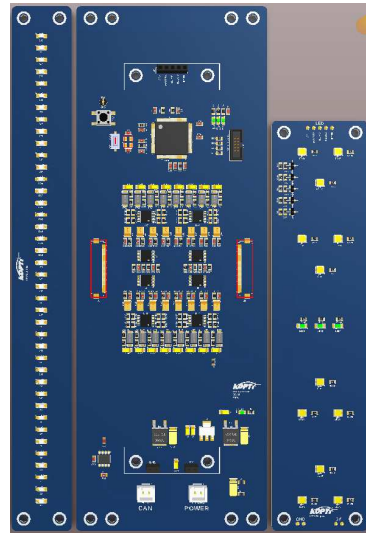
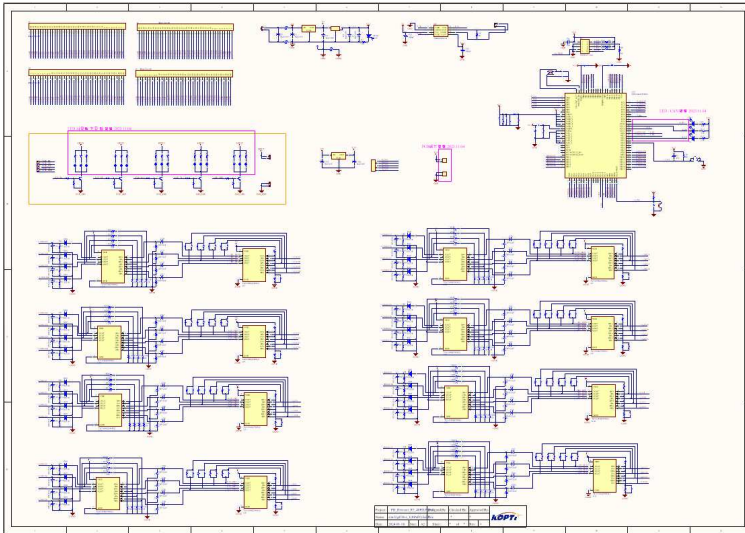
[2안 실제 제작된 구조]



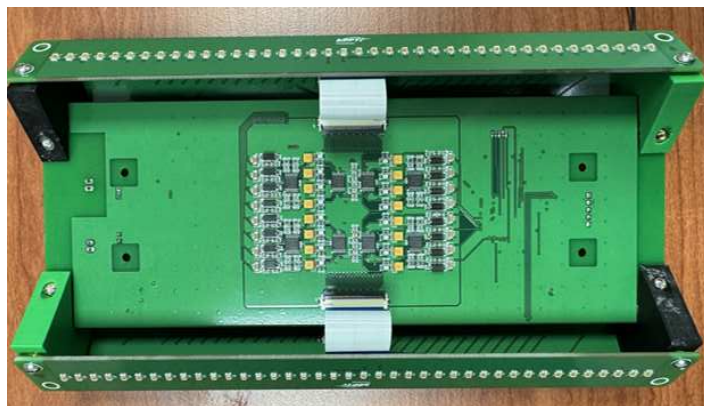
[PCB 배치 및 커넥터 연결]

- : Long Pass Filter 및 Bandpass Filter 제작 및 하우징 제작
- : 하우징 제작에 따른 투과율 시험
- : 인공광(조명기구) 반응성 시험
- : 자연광(태양광) 반응성 시험
- : 레이저 수신 거리 시험

- 기구 프레임 진동의 영향 평가 및 필터링 회로 및 프로그램 설계
- 시험을 위한 리니어 모터 제어를 통한 셀프 균평 시스템 설계
- 최종 PCB 설계 및 제작



[제작 회로도 및 PCB 3D]



[1550nm 회로 조립체]

- PCB 조립 및 레이저 송수신기 시험

: 1550nm 레이저 송신기와 수신기 시험 진행함. Optical filter 적용했을 때 노이즈 없이 수신됨을 확인함



1550nm 레이저 송신기



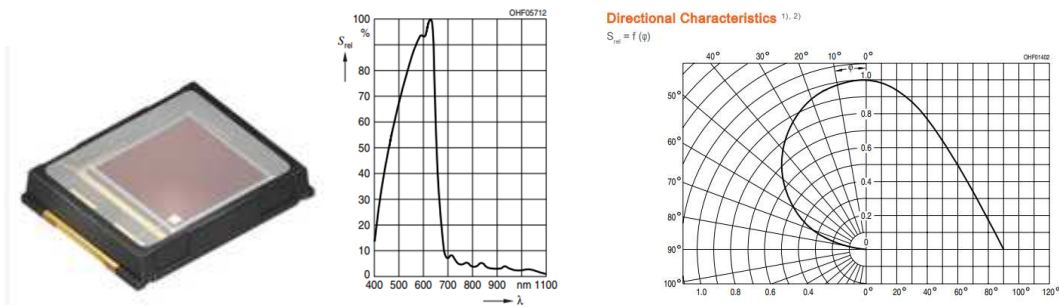
1550nm 레이저 수신기

[1550nm 레이저 송수신기 시험]

- 650nm Photodiode 선정

- : 650nm photodiode의 경우 1550nm PD보다 가격이 더 저렴하며, active area는 더 넓고 센서의 sensitivity는 더 작은 특징이 있음
- : Active area 가 더 넓기 때문에 1550nm 센서에 비해 센서 간격을 더 넓힐 수 있으며, 레이저 빔은 더 많이 받을 수 있음. (0.08mW)

구분	650nm	1550nm (근적외선)
자연광(노이즈)	에너지 높음	에너지 낮음(노이즈 낮음)
사람 눈에 피해	비교적 큼	비교적 작음
가격	낮음	높음



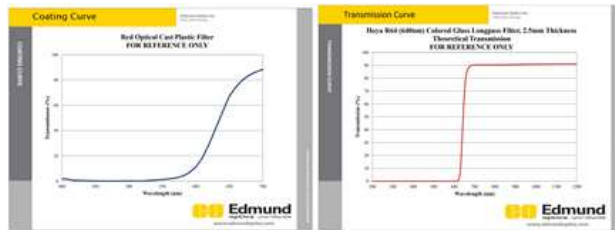
[650nm photodiode]

sensor	active area [mm ²]	sensor gain [A/W]	10mW@10mm laser beam [mW]
1550nm	0.071	1	0.002
650nm	7	0.37	0.08

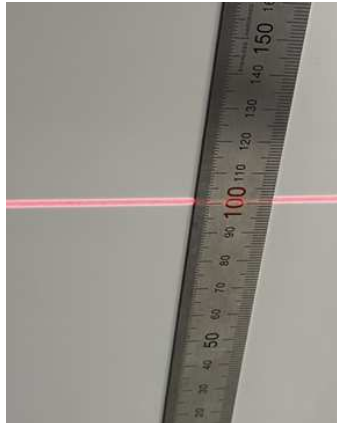
- : 광학필터는 컬러필터나 bandpassfilter가 적용될 수 있는데, 컬러필터가 bandpassfilter보다 가격적으로 저렴함. 컬러필터도 글래스 타입과 플라스틱 타입, 그리고 필름 타입이 있는데, 글래스 타입은 커버 기능을 포함 할 수 없는 단점이 있고 bandwidth를 좁힐 수 있으며 가격적으로는 다소 높음. 알료를 넣는 플라스틱 필터의 경우 비교적 낮은 비용으로 제작이 가능하지만 bandwidth가 넓은 편이며 Indicator의 빔이 출력되는 부분은 투명이 되어야 하는데 그 부분을 제작하는데 다소 애로사항이 있음



[Green, Blue, Red, BPF 형태의 필터]

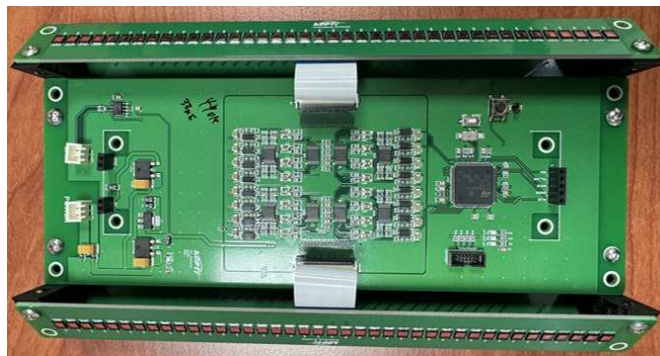


[Plastic 와 Glass 형태의 필터]



[레이저 송신기 빔폭]

: 조명의 플리커나 자연광에 650nm 파장을 많이 포함하고 있기 때문에 회로 설계 시 저주파 필터를 더 높게 사용해야 함

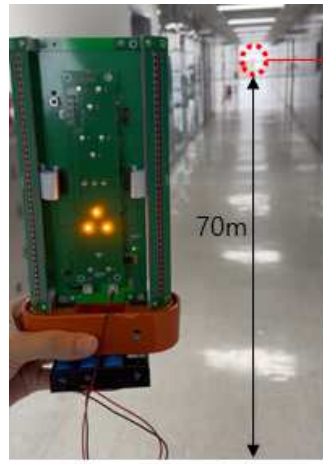


[650nm 회로 조립체]

- 650nm 센서 수신 시험

: 650nm 레이저 송신기와 개발한 레이저 수신기시험을 진행. 빛이 들어오는 양쪽 창가 쪽에 레이저 송신기와 수신기를 배치함. 거리는 약 70m 임

: 레이저 수신기가 Optical Filter 없이는 창가 쪽에 가까워질수록 자연광에 오류가 발생하는 것을 확인했으며, Optical Filter 적용 시 창가에서도 오류 없이 수신되는 것을 확인함



without Optical Filter



650nm 레이저 송신기




with Optical Filter

[650nm 레이저 송수신기 시험]

- 개발 성과 검증을 위한 테스트 진행 결과 및 성적서

[1.수평 정밀도, 2.최대균평깊이, 9.레이저 수신기 응답속도, 11.수신기 360°수신]

BEYOND ASIAN HUB. TOWARD GLOBAL WORLD



TEST REPORT

성적서 번호 : ECU-2023-015618

신청자 0 회사명 : 한국광기술원

 0 주소 : [REDACTED]

 0 대표자명 : 신용진

시험성적서의 용도 : 제출용(정부과제)

시험대상품목 : 레이저 균평기 수신기

모델 / 정격 : 레이저 균평기 수신기

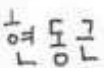
시험기간 : 2023년 12월 06일 ~ 2023년 12월 26일

시험방법 : 의뢰자 제공 시험방법

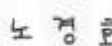
시험결과 : 시험결과 참조

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

※ 위 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없음을 밝힙니다.



작성자 : 현동근
Tel : [REDACTED]



기술책임자 : 노경호
Tel : [REDACTED]

2023년 12월 26일

**한국화학융합시험연구원**
KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

KTR-QI-Y10053-F09(00)A4(210 X 297)


시험결과

2. 시험결과 요약


시험 항목	시험 기준	단위	시험결과	비고
수평 정밀도	기준 수평 높이에서 높이 변화를 +10 cm 발생시켜서 수평정밀 오차 측정, 기준 수평 높이에서 변화를 -10 cm 이동시켜 수평정밀 오차 측정하여 둘 중 큰 오차를 기록	cm	±0.2	Page 4 ~ 6 참고
최대 균평깊이	레이저 수신기를 수동으로 높이 조절하며 레이저 수신기가 수신할수 있는 균평깊이(최대높이-최소높이) 측정	cm	20	
레이저 수신기 응답속도	레이저 송신기를 레이저 수신기로 청동하였을때 수신기가 반응까지 걸리는 시간을 오실로스코프로 측정	ms	4.0	Page 7 ~ 8 참고
수신기 360도 수신	레이저 송신부를 정동해놓고, 수신부를 360도 회전시키면서 레이저 수신기의 출력이 끊김여부를 확인	-	360° 수신됨	Page 9 ~ 10 참고

3. 비고

- 1) 상기 시험은 의뢰자가 제시한 시료 및 시험방법에 따라 시험한 결과로서 시험결과의 최종 적합 여부는 시험 의뢰자 또는 최종 시험결과 검수자에 의해 결정되어짐.
- 2) 본 시험은 의뢰자가 제시한 시료와 시험방법 및 기준으로 시험한 결과임.





시험 성적서



(재)광주테크노파크

성적서번호 : GTLED-22-259
페이지 (1) / (총 5)


1. 의뢰자
 기관명 : 한국광기술원
 주소 :
2. 시료명 : 레이저 균평 시스템
3. 수량 : 1개
4. 시험일자 : 2022.12.12.
5. 시험방법 : 의뢰자제시방법(레이저 균평 시스템 이용)
6. 시험장소 : 고정시험실 현장시험실
7. 시험환경 : 온도 : (19.2 ± 0.1) ℃, 습도 : (9 ± 1) % R.H.
8. 시험결과 : 불임 시험결과 참조

확 인	작성자 성 명 : 이 레 	직 위 : 기술책임자 성 명 : 노 기 평 
-----	---	---

※ 이 성적서의 시험결과는 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한한다.

2022. 12. 15.

(재)광주테크노파크원장 (인)



※ 본 성적서의 진위확인이 필요하신 경우 연락주시면 확인하여 드립니다.

GTLED-TP-22-02(08)



붙임.

시험 결과

상적사번호 : GTLED-22-259

1.3. 측위 동작 시험

- 1.3.1. 송신기 삼각대를 측정 범위 하단에서 상단으로 움직이면서 레이저를 쬐어준다.
- 1.3.2. 수신기 센서 동작능이 범위내 차례로 점등됨을 확인한다.



그림 5. 송신기 삼각대 측정 범위



그림 6. 수신기 센서 동작등 점등 상태

1.4. 수신기 픽셀 개수 시험

- 1.4.1 그림 6. 과 같이 수신부의 픽셀(포토다이오드) 개수를 셐다.



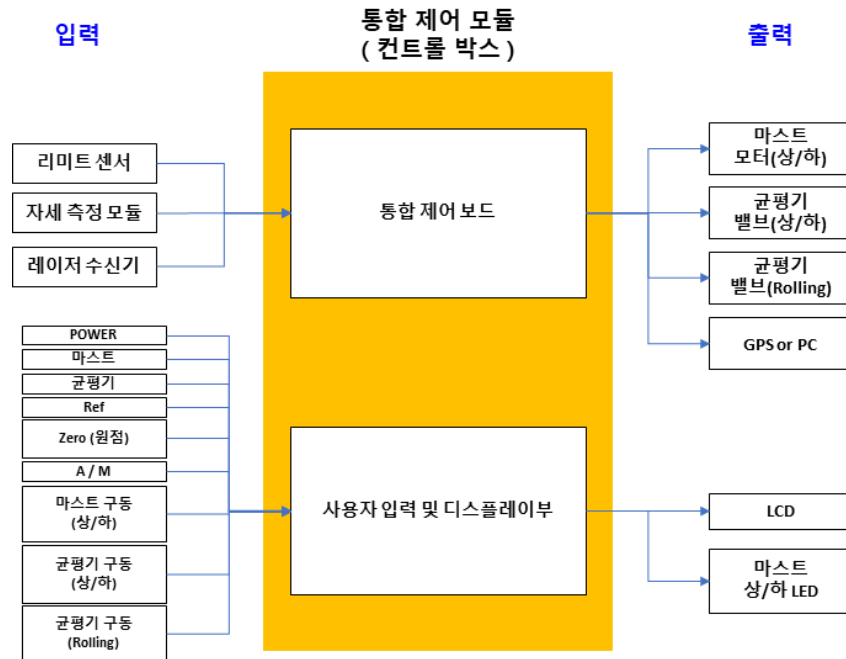
그림 7. 수신기 픽셀(포토다이오드) 개수 상태

GTLED-TP-22-02(08)

페이지 (4) / (총 5)

다. 참여연구기관 : 한국로봇융합연구원

- 통합 제어를 위한 시스템 구성 정의
 - 통합 제어 시스템 구성도



[통합 제어부 시스템 구성도]

- : 균평 시스템(균평 모듈)의 통합 제어를 위해 메인제어부의 시스템 구성도를 위와 같이 구성함
- : 본 과제에서 개발하고자 하는 균평시스템은 무인트랙터 적용을 목표로 하고 있으므로 현재 수행하고 있는 지면의 균평상태를 GPS 연동을 통해 송수신하고, 각종 센서 및 입력장치로부터 전송되는 신호를 바탕으로 균평 날(블레이드)의 자율 균평 작업을 수행하여야 함
- : 동시에 작업자 협업 환경에서는 수동 작업이 이루어져야 하므로 수동 및 자율작업이 동시에 가능하도록 기능을 구분하여 구현하였음

- 제어 입/출력 정의

입력			
항목	신호형태	연결 & 통신 방법	비고
리미트 센서	전압	유선 (I/O 연결)	
자세 측정 모듈	X, Y, Z angle	CAN 통신	
레이저 수신기	Z position	CAN 통신	
POWER	사용자 입력	One board	
마스트	사용자 입력	One board	
균평기	사용자 입력	One board	
Ref	사용자 입력	One board	reference값 지정
ZERO(원점)	사용자 입력	One board	
A/M	사용자 입력	One board	
마스트 구동 버튼 (상/하)	사용자 입력	One board	
균평기 구동 버튼 (상/하)	사용자 입력	One board	
균평기 구동 버튼 (Rolling)	사용자 입력	One board	

[제어 입력인자 정의]

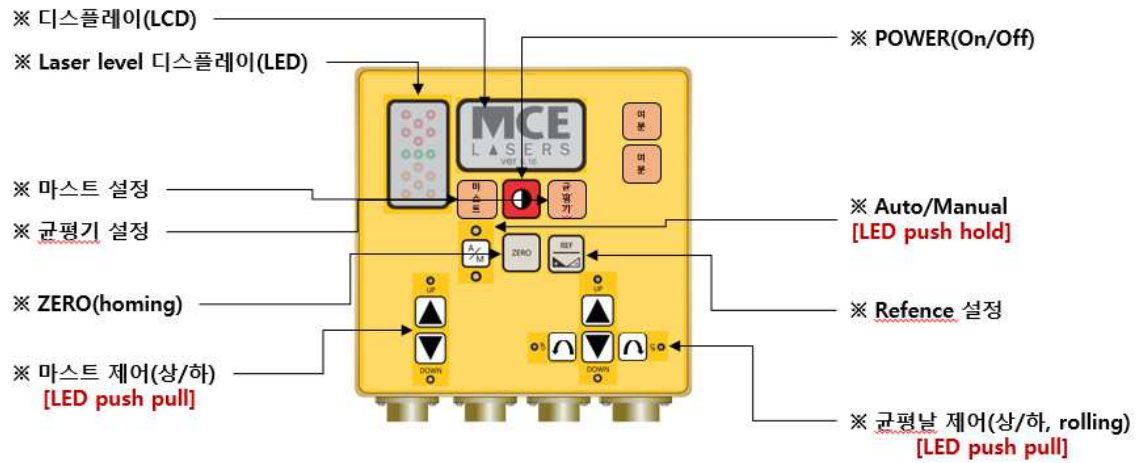
- : 균평모듈 운용 시나리오에 적합하도록 제어 입출력 인자를 정의하였으며, 통합 컨트롤 박스 내에 시스템 제어 및 사용자입력, 디스플레이를 통합하여 구현하였음
- : 입력인자는 사용자 조작(컨트롤러), 레이저 수신기, 자세측정모듈, 리미트 센서로부터 정보를 입력받도록 되어 있으며, 출력 인자는 균평모듈을 제어하기 위한 마스트 모터, 균평기 유압 밸브, GPS 및 동작상태를 표시하기 위한 컨트롤러 내 LCD 및 LED 등이 있음
- : 제어 SW에서는 상기 구분된 입출력 인자를 각각의 함수로 구현하여 알고리즘에 반영하였음

출력			
항목	신호형태	연결 & 통신	기능
GPS or PC	Z level	CAN 통신	마스트 높이 정보
리미트센서	LCD	One board	마스트 모터의 고/저 제한 여부 표시
마스트 높이	LCD	One board	마스트의 높이 정보
레이저 수신기 레벨	LCD	One board	레이저 수신기 레벨 정보
Rolling 신호	LCD	One board	현재 균평모듈 rolling 상태 정보
마스트 모터	입력: 홀센서 (Digit) 출력: 상전류	유선	마스트 상/하 제어
균평기 솔밸브	PWM	유선	균평기 상/하 제어
균평기 솔밸브	PWM	유선	균평기 Rolling 각도 제어

[제어 출력인자 정의]

- 사용자 인터페이스 정의

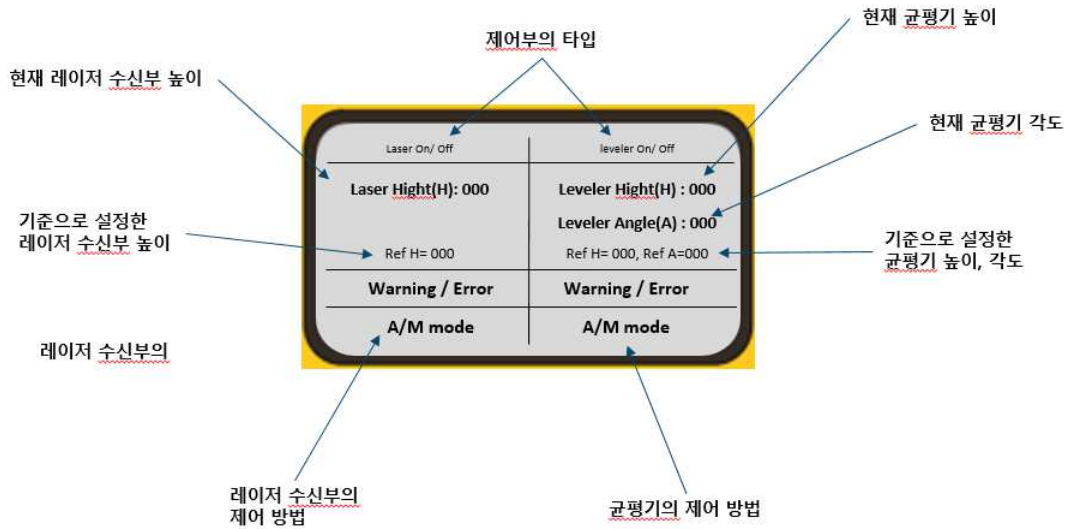
- : 균평모듈 수동모드제어를 위한 컨트롤러 개발로 컨트롤러 외관의 예상도는 아래와 같으며 외관에 LCD, LED 각 제어기의 스위치를 나타내었음
- : 컨트롤러 중앙을 기준으로 좌측은 균평기 수신부의 마스트 모터를 제어하는 영역으로 마스트 모터의 상, 하 제어 스위치와 수신부의 높이를 육안으로 확인할 수 있는 LED를 배치하였음



[컨트롤러 외관 배치도]

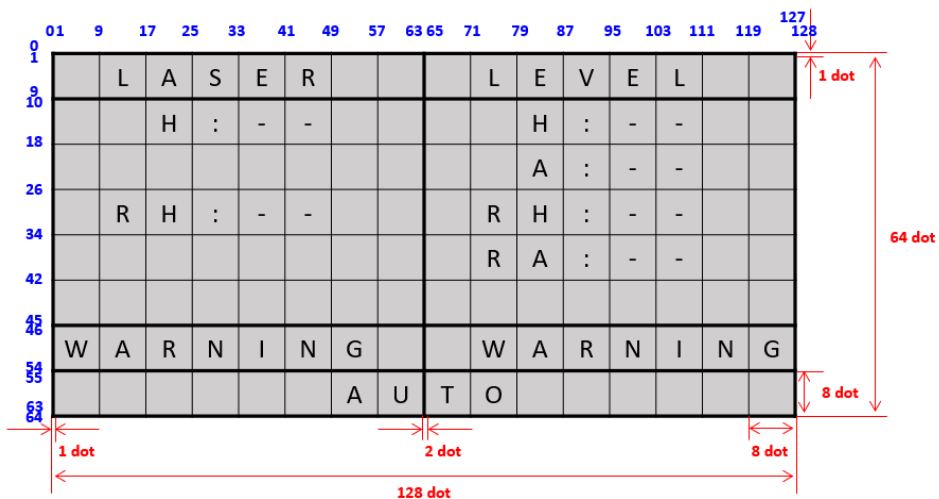
- : 우측은 균평기 수신부의 균평날 제어로 균평날의 상, 하 제어 스위치와 roll회전을 위한 스위치 등을 배치함
- : POWER 스위치는 컨트롤러의 전원이며 'ON' 상태에서 컨트롤러의 LCD와 LED등이 켜짐
- : 전원부 아래에 'A/M' 스위치는 Auto(자동) / Manual(수동) 제어 스위치이며 'Auto' 상태에서는 마스트 수신부의 신호와 IMU신호 등을 통해 마스트 모터와 균평(날)모듈을 자동으로 제어함
- : 'Manual' 상태에서는 컨트롤러의 스위치를 사용하여 마스트 모터와 균평날을 수동으로 제어할 수 있음
- : 'ZERO' 스위치는 레이저 수신부와 균평 날의 높이 및 각도를 초기 설정한 값으로 초기화 하는 기능으로 레이저 수신부와 균평 날의 호밍을 수행
- : 'Ref' 스위치는 수동 제어 상태에서 현재 레이저 수신부의 높이와 균평날의 높이 및 각도 데이터를 저장하는 기능으로 수동제어 시 사용자 기준의 데이터 저장임 '마스트' 스위치와 'Ref' 스위치를 눌러 레이저 수신부의 높이 데이터를 저장하고, '균평기'와 'Ref'스위치를 눌러 균평기의 높이 및 각도 데이터를 저장할 수 있음
- : 컨트롤러 우측 상 단 여분(spare) 스위치를 두었으며 향후 레이저 균평모듈 시스템의 추가 기능에 대한 제어 스위치 임

- 컨트롤러 LCD 인터페이스 정의



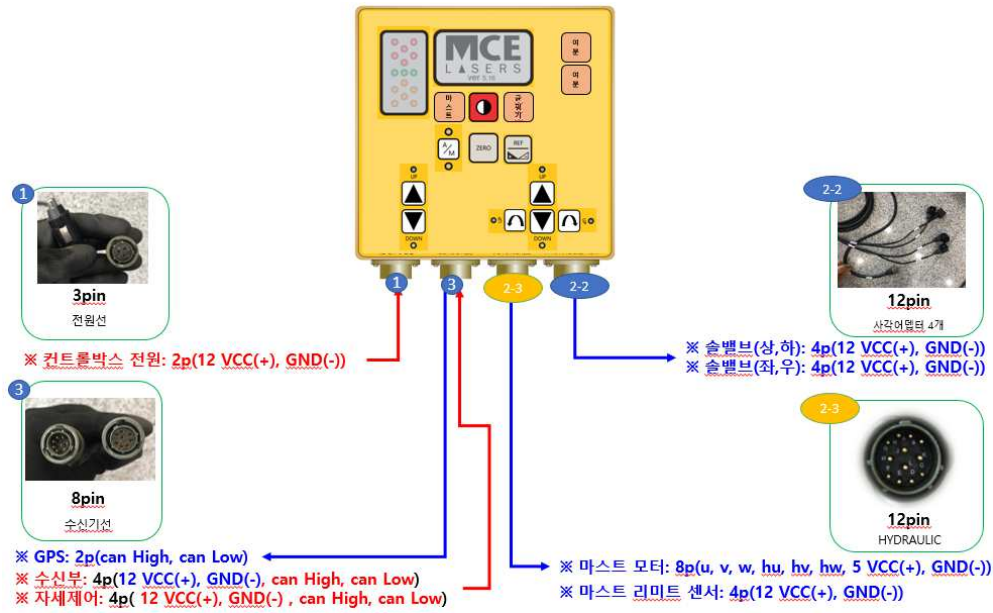
[컨트롤러 LCD 구성]

- : 컨트롤러 LCD의 구성안으로 컨트롤러 외관 배치와 동일하게 LCD중앙을 기준으로 좌측은 레이저 수신부와 마스트 모터에 대한 제어와 측정 결과를 나타냄
- : 우측에서는 균평모듈의 높이와 roll 회전에 대한 측정 결과를 나타냄
- : 컨트롤러의 수동 제어 상태에서 레이저 수신부의 마스트 높이 변경 시 Laser Hight(H)의 값이 변경되며 마스트 모터 회전수에 대한 높이 변화를 측정함. Ref에 대해 높이 결과를 저장할 수 있음
- : 수동 제어 상태에서 우측의 Leveler High(H)는 균평기의 높이, Leveler Angle(A)는 레벨러의 roll 각도에 대한 결과 값이며 균평모듈 솔레노이드의 제어와, IMU센서의 신호로 측정됨. Ref H, A는 사용자가 저장할 수 있는 결과임
- : 레이저 수신부의 마스트 모터가 레이저를 수신하지 못하는 경우, 또는 추후 균평기의 제어 불가 상태에서 'Warning', 'Error' 등의 상태를 표현함
- : 하단의 Auto / Manual 상태에 대해 설정하며 두 상태에서 동일한 상태를 표현함



[컨트롤러 LCD 디스플레이 문자 배치도]

- 상/하위 제어기 연동 H/W 구성

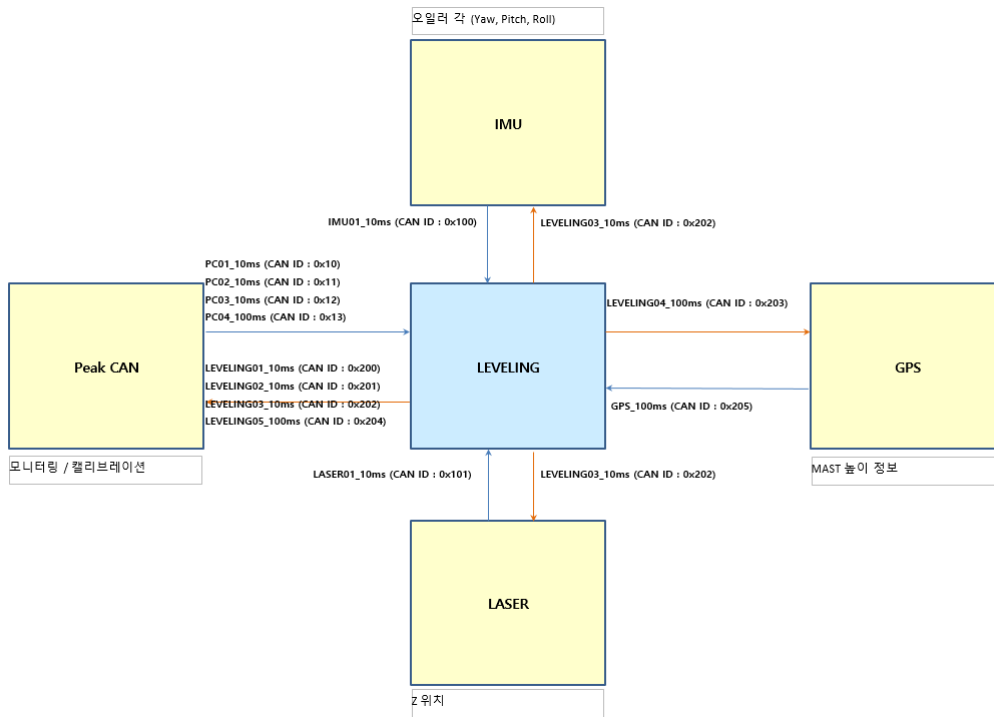


[컨트롤러 커넥터 배치도]

- : 컨트롤러와 균형시스템의 연결을 위한 커넥터 배치이며 좌측부터 전원부, 제어 수신부, 모터 제어부, 균형날 제어로 구성되어 있음
- : 모터 컨트롤러로 들어오는 전원 커넥터는 시거잭으로 3pin으로 구성되었으며 2pin(12V GND)를 사용함
- : 컨트롤러의 제어 수신부는 GPS, 자세제어, 마스트 모터 수신 모듈과 데이터 교환을 위한 커넥터로 8 pin 으로 이루어져 각 모듈과 CAN 통신으로 데이터를 전달함
- : 모터 제어부는 모터에 사용되는 전원(u,v,w)와 홀센서(hu, hv,hw, 5V, GND) 그리고 마스트 모터의 리미트 센서의 전원을 위한 pin으로 구성되어 있음
- : 균형기의 컨트롤을 위한 솔레노이드 밸브와 연결되는 커넥터로 균형기 상, 하 제어를 위한 솔레노이드와 roll제어를 위한 솔레노이드로 연결됨

- 통신 네트워크 구성

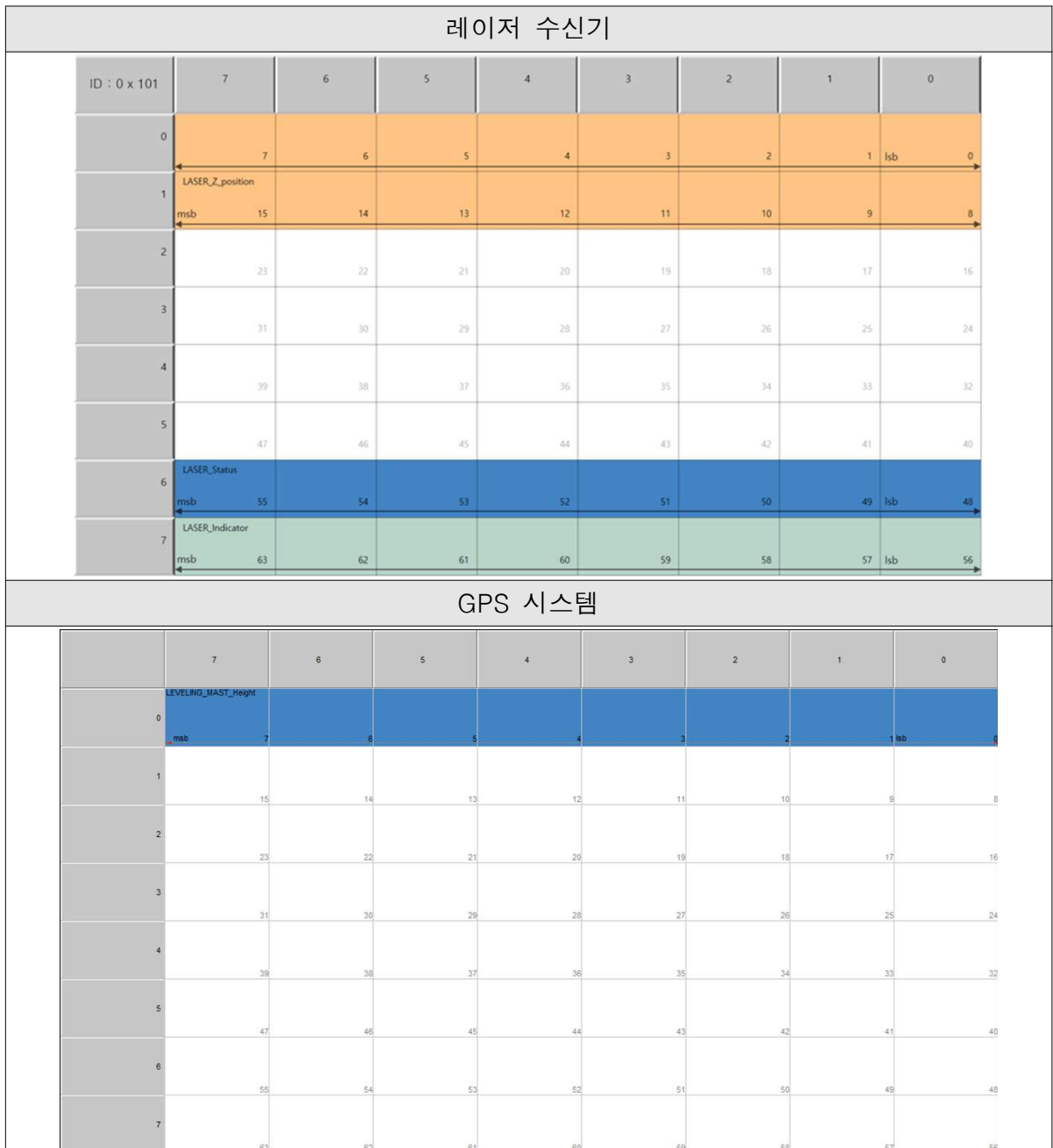
- : 메인제어보드(수신기 신호처리 및 균형모듈 밸브 및 마스트 모터 제어)
- : 자세제어시스템(3축 방향 자세제어 신호처리)
- : GPS(현재 균형모듈의 위치 좌표 수신 및 디스플레이)
- : 레이저 수신기(현재 레이저 수광부의 위치 신호 추출 및 송신)
- : 상/하위 제어기 간 원활한 통신을 위한 프로토콜 최적화 진행함
- : 상위 제어기인 균형모듈 컨트롤러는 하위 제어기인 자세제어 시스템, GPS 시스템, 레이저 수신부와 송수신을 하게 되고, 통신 모니터링을 위한 PC와 모니터링 신호를 송수신함.(통신 규격: CAN 2.0 (속도 500K))
- : 하기 네트워크 구성도와 같이 메인 제어보드를 기준으로 자세제어시스템, GPS, 레이저 수신기의 각 아이디를 부여하고, 통신 주기를 우선순위별로 부여하였음
- : CAN Viewer를 통해 통신 데이터를 모니터링하기 위해 메인제어보드와 데이터에 따른 아이디도 구성하였음



[CAN 네트워크 구성도]

- : GPS 시스템에서의 정상 수신 여부를 피드백 받기 위한 GPS 수신 ID 추가 생성
- : 레이저 수신기의 신호에 따른 컨트롤러 디스플레이, 현재 상태 정보 추가에 따른 메시지 추가 (동일 ID 활용)
- : 자세제어시스템은 IMU 현재 상태 정보의 메시지 길이 변경 (2Byte → 1Byte)





[제어기 간 CAN 통신 프로토콜]

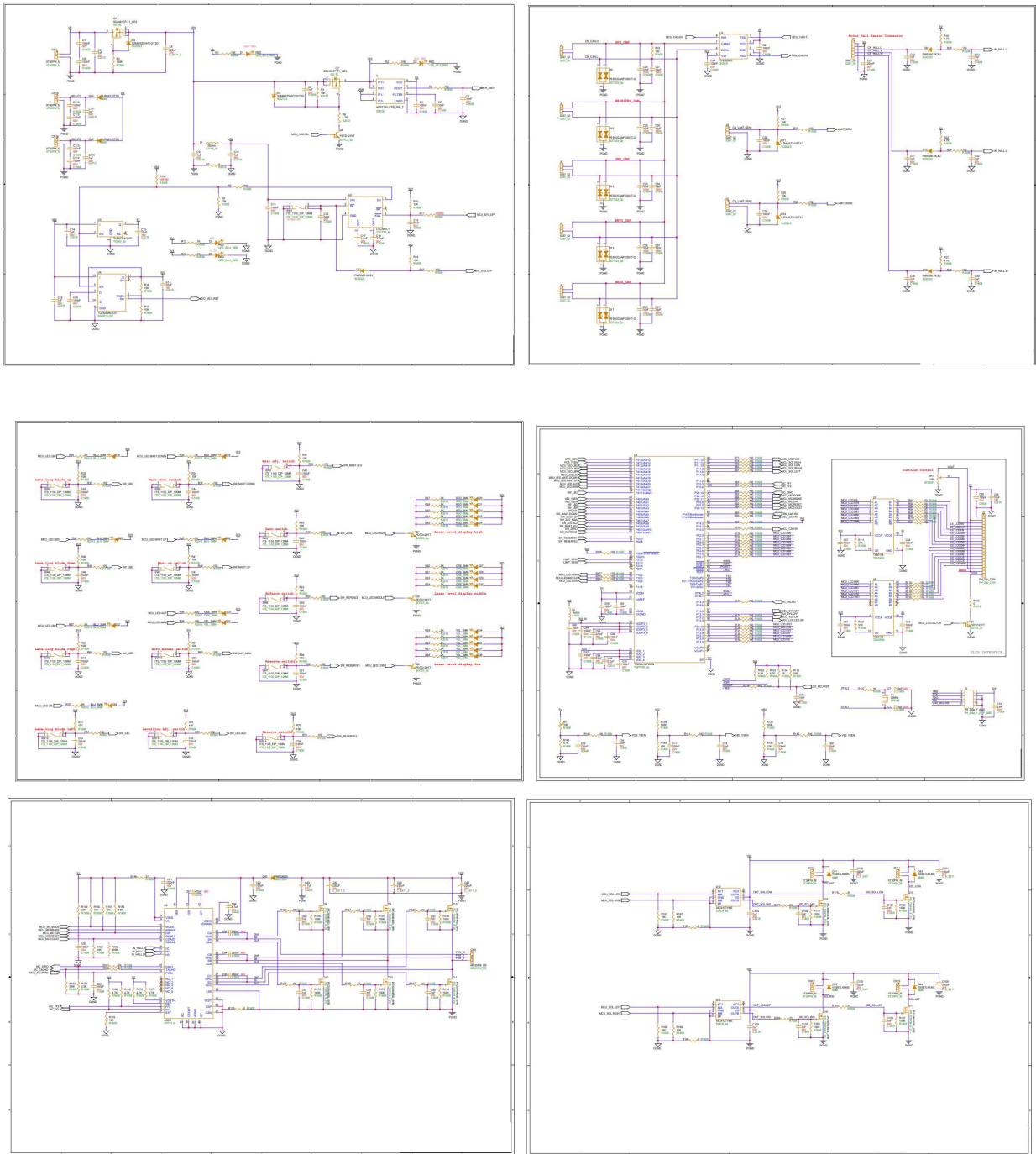
○ 메인 컨트롤러 및 자세제어 보드 설계 및 제작

– 메인컨트롤러 보드 설계 및 제작

: 균평모듈의 유압밸브 2종, 마스트 모터 제어 및 신호 송출, 작업현황 디스플레이를 위한 메인 제어기를 설계하였음

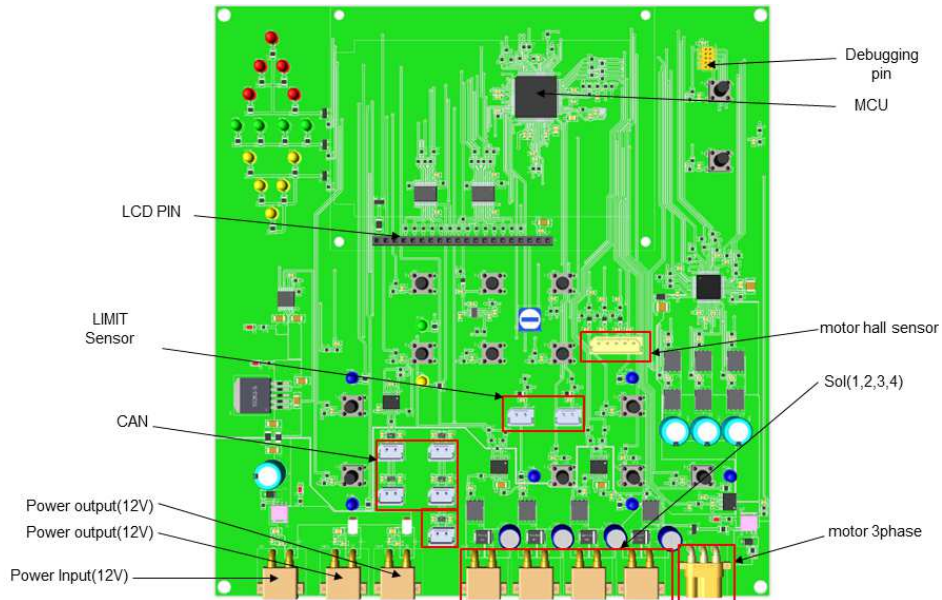
: 메인 제어기에서는 데이터 송수신을 위해 CAN 통신을 통한 명령 전달을 함

: 메인 제어기는 차량용 MCU를 적용하여 향후 로봇 상용화 시 신뢰성 확보가 가능하도록 하였음

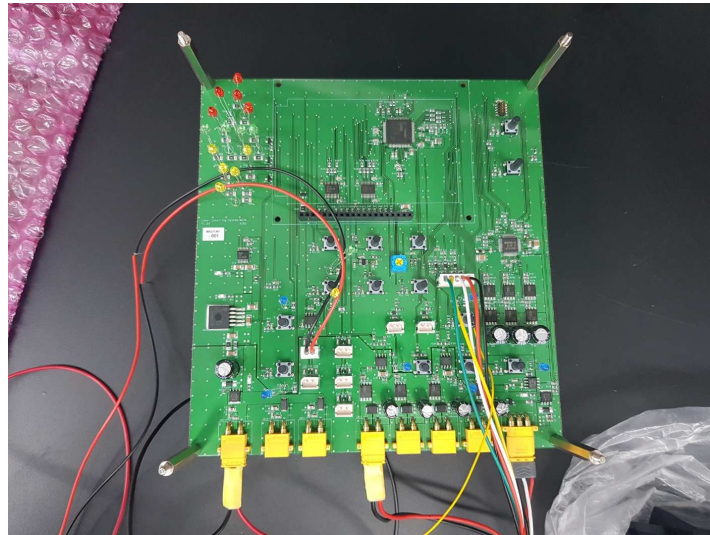


[메인제어보드(컨트롤러) 회로도]

- : 메인제어보드는 CAN 통신을 위한 RJ 포트 5EA(스페어 1EA)가 구성되어 있으며, 정의된 컨트롤러 사용자 입력에 따른 17종의 스위치 버튼을 구성하였음
- : LCD는 그래픽 LCD를 적용하여 균형모듈의 현재 작업 상태를 표시할 수 있도록 하였음
- : 컨트롤러 입출력에 따라 외부와 연결되는 커넥터 하네스를 하단에 구성하였으며 MIL 규격의 커넥터를 적용하여 방수기능을 확보하였음



[컨트롤러 PCB Art-work 레이아웃]



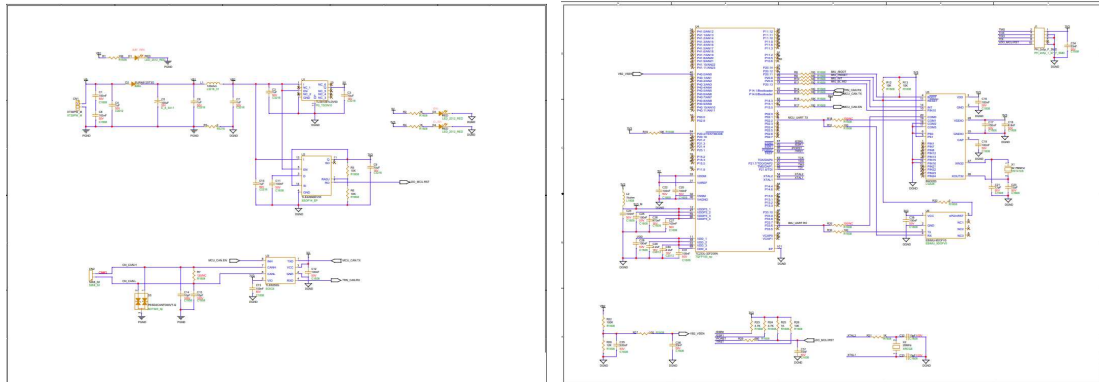
[컨트롤러 PCB 시제품]

- 자세제어시스템 보드 설계 및 제작
- : 자세제어시스템 회로는 크게 전원부와 제어부, 통신부로 구성되어 있음
- : 전원부는 공용 배터리로부터 입력되는 12V를 시스템 전압 3.3 & 5V로 레귤레이팅하여 시스템에 안정적인 전원을 공급하게 됨
- : 앞서 언급한 바와 같이 CAN 통신을 위해 별도의 CAN Tranciver 소자를 적용하여 통신부를 구성하였음
- : 제어부에는 IMU 센서를 포함하여 UART 통신을 통해 MCU와 데이터 송수신이 하도록 설계하였으며, 2종 IMU 센서를 호환하여 사용할 수 있도록 병렬로 구성함

BNO055	EBIMU-9DOFV5
	
<ul style="list-style-type: none"> · 가속도 범위 : $\pm 2 \sim 16g$ (택일) · 자이로 범위 : $\pm 125 \sim \pm 2,000^\circ/s$ · 입력전압 : 1.7~3.6V, 통신 : I2C,UART 	<ul style="list-style-type: none"> · 자이로 감도 : 125 ~ 2,000dpa · 가속도 감도 : 3 ~ 24g · 입력전압 : 3.3~6V, 통신 : UART

[IMU센서 후보군 성능 사양]

: 2종의 센서 모두 기본 성능(정확도, 분해능 등)은 동등 수준을 보였으나, EBIMU-9DOFV5 제품이 인터페이스가 용이하여 본 제품으로 1차 시제품을 설계하였음 추후 최종 시제품 혹은 양산 시 Bosch 제품 추가 검토 예정임

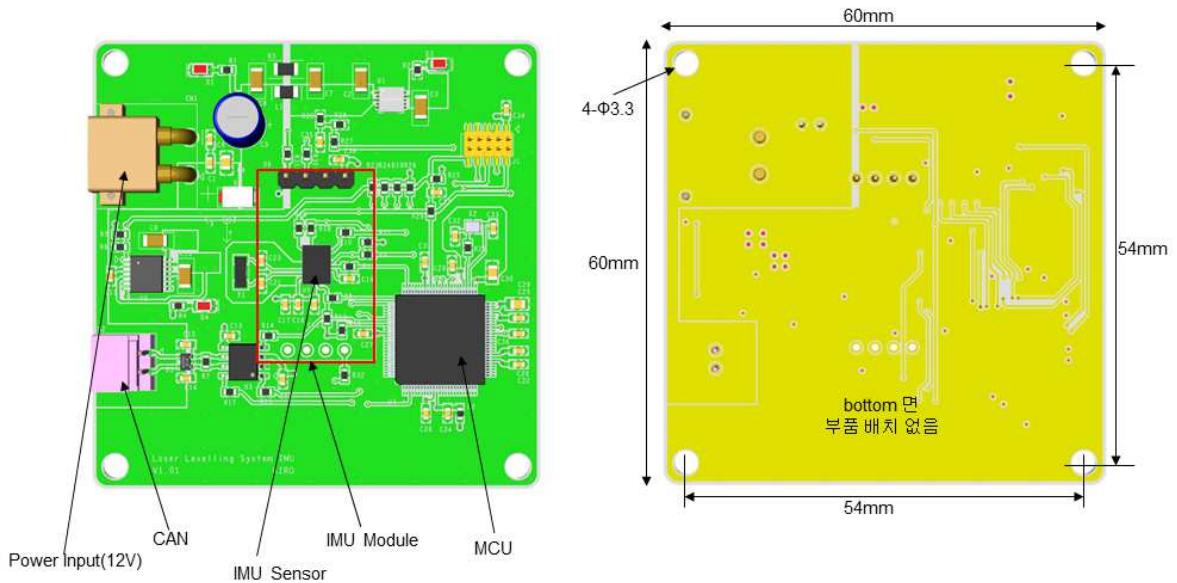


[자세제어시스템 회로도]

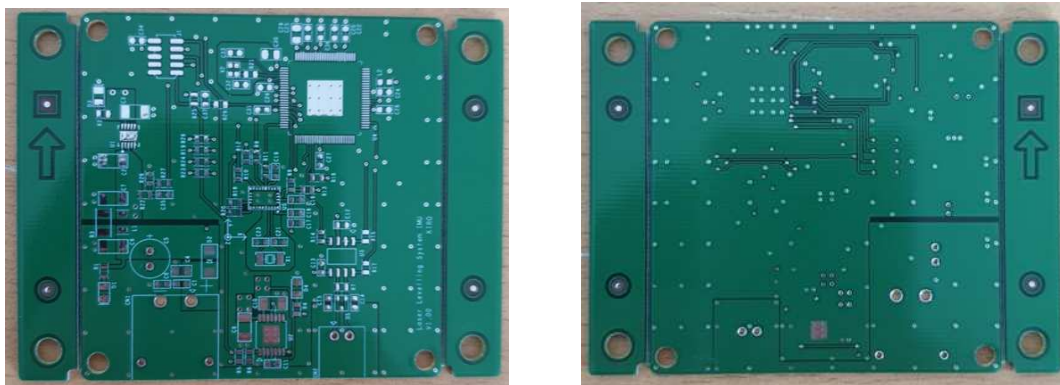
Item	Title	Part_Number	Value	PCB_Footprint	Reference	Quantity
1	C-CHIP 1608	50V/5%	12pF	C1608	C21,C23	2
2	C-CHIP 1608	100V/5%	10pF	C1608	C14,C15,C32,C33	4
3	C-CHIP 1608	50V/10%	6.8nF	C1608	C18	1
4	C-CHIP 1608	50V/10%	10nF	C1608	C37	1
5	C-CHIP 1608	50V/10%	33nF	C1608	C34,C36	2
6	C-CHIP 1608	50V/10%	100nF	C1608	C1,C8,C11,C12,C13,C16,C19,C20,C22,C24,C25,C27,C28,C31	14
7	C-CHIP 1608	50V/10%	150nF	C1608	C17	1
8	C-CHIP 1608	50V/10%	220nF	C1608	C35	1
9	C-CHIP 1608	16V/10%	470nF	C1608	C26	1
10	C-CHIP 2012	50V/10%	1uF	C2012	C4	1
11	C-CHIP 2012	16V/10%	2.2uF	C2012	C29,C30	2
12	C-CHIP 3216	50V/10%	1uF	C3216	C2,C6,C7,C10	4
13	C-CHIP 3216	16V/10%	10uF	C3216	C3,C9	2
14	Electrolytic Capacitor	25ZLG100MEFC6.3X11	100uF	C_6_3X11	C5	1
15	R-CHIP 1608	1%	0	R1608	R32	1
16	R-CHIP 1608	1%	100/NC	R1608	R18,R20	2
17	R-CHIP 1608	1%	100	R1608	R8,R9,R10,R11,R14,R15,R17,R27,R30,R31	10
18	R-CHIP 1608	1%	120/NC	R1608	R7	1
19	R-CHIP 1608	1%	680	R1608	R29	1
20	R-CHIP 1608	1%	10K	R1608	R1,R5,R6,R12,R13,R16,R19,R26	8
21	R-CHIP 1608	1%	1K	R1608	R2,R4,R21,R25	4
22	R-CHIP 1608	1%	4.7k	R1608	R23,R24	2
23	R-CHIP 1608	1%	12K	R1608	R28	1
24	R-CHIP 1608	1%	100K	R1608	R22	1
25	R-CHIP 2012	5%	0	R3216	R3	1
26	L-CHIP 1608	-	1kohm	L1608	L2	1
27	L-CHIP 3216	-	120ohm	L3216_31	L1	1
28	Crystal	DST410S	32.768kHz	DST410S	X1	1
29	Crystal	XRCGE20M000F3A1BR0	20MHz	XRCGE	X2	1
30	Diode	SURAB120T3G	SURAB120T3G	SMA	D2	1
31	LED	LS_SP_172UHR_RED	RED	LED_2012_RED	D1,D3,D4	3
32	TVS	PESD2CANFD36VT-Q	PESD2CANFD36VT-Q	SOT323_3p	D5	1
33	Voltage Regulator	TLE42994EV33XUMA1	TLE42994EV33	SSOP14_EP	U2	1
34	CAN Transceiver	TLE6250GV33XUMA1	TLE6250G	SOIC8	U3	1
35	IMU	BNO055	BNO055	LGA28	U5	1
36	LDO	TLS810B1LDV50XUMA1	TLS810B1LDV50	PG_TSON10	U1	1
37	MCU	SAK-TC233L-32F200N AC	TC233L-32F200N	TQFP100_ep	U4	1
38	Pin Header	20021121-00010C4LF	PH_2x5p_F_SMD	PH_2x5p_1_27_F_SMD	J1	1
39	Power Connector	XT30PW_M	XT30PW_M	XT30PW_M	CN1	1
40	Signal Connector	22057025	5268_02	5268_02	CN2	1

[자세제어시스템 BOM LIST]

- : 설계된 회로도를 바탕으로 PCB 제작을 위한 Art-work 설계를 진행하였음
- : 보드의 정중앙에 IMU 센서를 X, Y, Z방향에 맞게 위치하여 실장하였고, 균형모듈 하드웨어에 장착하기 위해 사방 모서리 부분에 스루홀을 구성하였음
- : 자세제어측정시스템 보드의 사이즈는 60 X 60 mm² 로 소형으로 제작하여 장착을 용이하게 하였음. 추후에는 외부 케이스를 추가 개발하여 균형기 장착을 검토예정



[자세제어시스템 PCB Art-work 레이아웃]



[자세제어시스템 PCB 시제품]

○ 메인 컨트롤러 및 자세제어 케이스 설계 및 제작

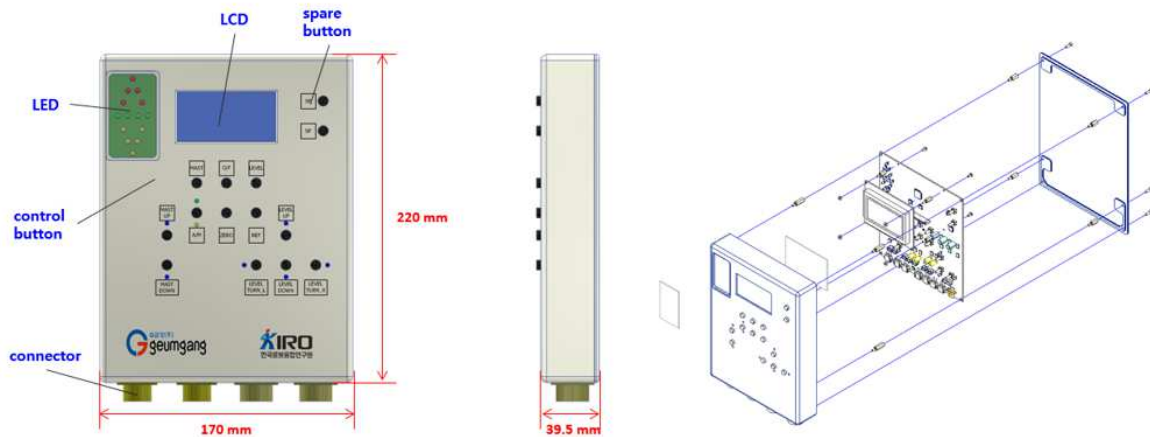
- 메인 컨트롤러 케이스 설계 및 제작

- : 아래 그림은 균형기 컨트롤러의 설계안으로 사용될 LCD와 PCB artwork, 커넥터를 반영하였음
- : 컨트롤러 외관 치수는 170 x 220 39.5 mm³ 이며 커넥터와 스위치를 포함한 치수는 170 x 233 x 43 mm³ 이다. 외관 배치에 대한 부분을 고려하여 컨트롤러의 외관 및 기능을 정의하였음
- : 컨트롤러는 마스트 모터 및 균형날에 대한 수동제어와 균형 자율 작업 확인을 위한 목적으로 센서 기능이 추가되어 기존 사용된 컨트롤러의 기능과 치수 등이 수정됨
- : 컨트롤러의 LCD를 보호하기 위한 아크릴판을 내부에 조립시키고 컨트롤러 외관에 로

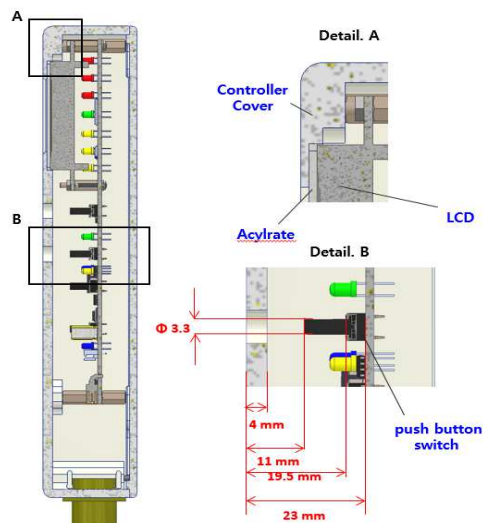
고 및 스위치의 기능을 육안으로 확인할 수 있도록 인쇄물을 적용할 예정이며 LED 및 이물질 오염 방지를 위한 아크릴판을 배치함

: LCD는 PCB에 M2.5, PCB는 컨트롤러 커버에 M3 서포터를 사용하여 체결되며 각각의 서포터에 맞는 나사산을 가공하여 PCB의 금속 접촉 시 쇼트 피해 예방을 위한 이격을 둠

: PCB 크기는 160 x 170 mm² 로 스위치의 작동 상황을 확인하기 위해 스위치 주변에 LED를 배치하였음



[컨트롤러 케이스 1차 설계안]



[컨트롤러 케이스 내부 배치도]

: LCD 체결 시 PCB까지의 높이는 20.1 mm 이며 컨트롤러와 LCD 사이에 LCD기판을 보호하는 아크릴판을 그림16와 같이 배치할 예정임

: 컨트롤러 커버와 PCB 사이의 거리는 19.5 mm, 이를 만족하는 스위치는 최소 높이 11 mm 만족하여야 함

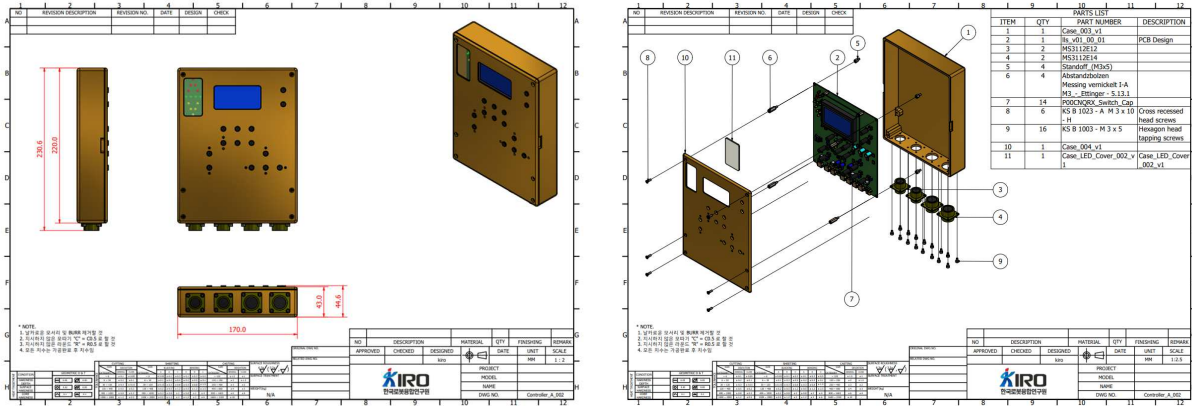
: PCB의 버튼 식별을 위한 LED는 컨트롤러 커버 내부 면과 접촉할 수 있도록 체결 시 높이를 변경할 예정임

: 컨트롤러 하단 커넥터와 PCB 사이의 공간은 35 mm로 하단에 컨트롤러와 PCB의 핀 연결 배선을 위한 필요 공간이며 향후 컨트롤러 내부 공간과 치수 사양에 대해 최적화할 것임

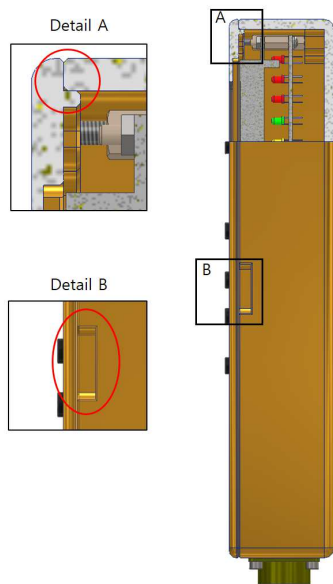


[컨트롤러 1차 시제품]

- 메인 컨트롤러 케이스 2차 설계 및 제작

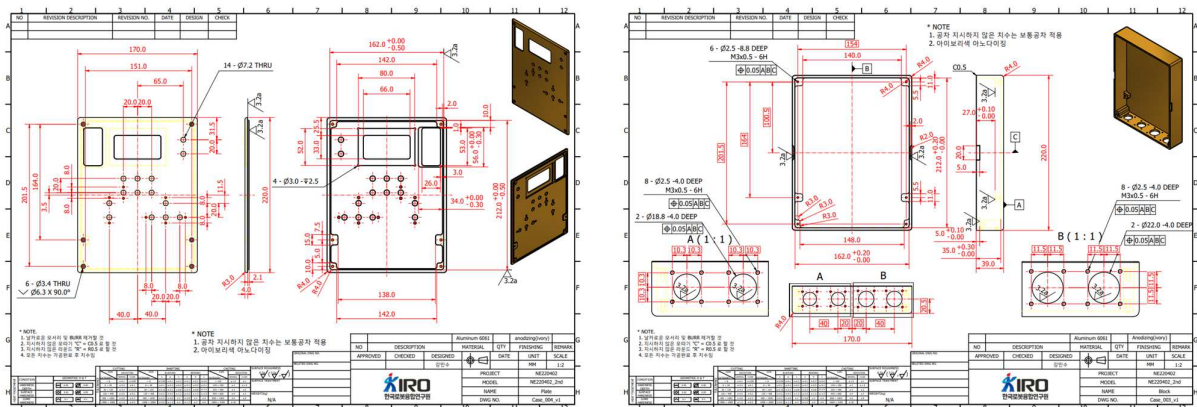


[컨트롤러 케이스 2차 설계안]



[컨트롤러 케이스 2차 상세 설계안]

- : 컨트롤러 1차 시제품을 제작하여 사용 후 컨트롤러 케이스 설계 수정 및 개선을 진행함
- : 1차 설계안 컨트롤러의 크기 220 mm x 170 mm x 39.5 mm에서 메인보드의 디스플레이 장착 높이를 고려하여 높이 수치를 43 mm로 치수를 수정하였음.
- : 1차 컨트롤러 시제품은 상판, 하판에서 상판에 메인보드의 커넥터가 조립되어 하판이 조립되는 형태로 메인보드에서 데이터를 확인 또는 메인보드의 데이터 수정을 위해 케이스를 분해하거나 메인보드를 뒤집어 사용하는 경우가 발생함,
- : 위 사례 해결을 위해 컨트롤러 케이스 2차 설계안은 메인보드와 커넥터가 하판에 조립되어 메인보드 데이터 및 수정을 위해 상판이 분해, 조립 되도록 설계함.
- : 메인보드 LED 표시를 위한 플레이트는 1차 설계안에서 외부에서 장착되어 사용되나 2차 설계안에서는 내부에서 조립되어 사용하며 이때 공차는 억지끼워맞춤 공차를 적용하여 별도의 기계요소 필요 없이 조립되도록 함.
- : 상판의 분해, 조립에서 상판 2.1 mm(양각), 하판 5 mm(음각)의 단차를 주어 외부 이물질(먼지, 수분)에 대해 메인보드 내부가 오염되지 않도록 고려함(그림. 컨트롤러 케이스 2차 상세 설계안, Detail A)
- : 상판의 두께 4 mm의 경우 손으로 잡는 불편함을 해소하기 위해 하판에 공간을 주어 분해가 용이하게 함.(그림. 컨트롤러 케이스 2차 상세 설계안. Detail B)



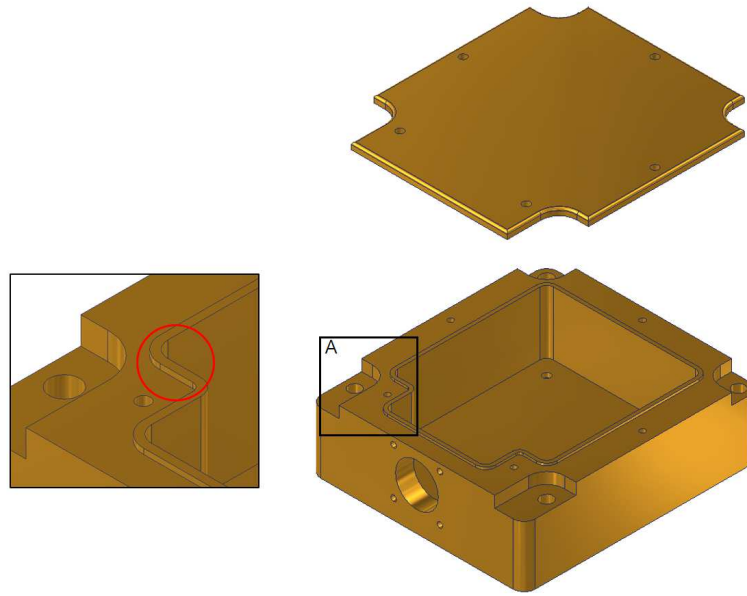
[컨트롤러 케이스 2차 설계 도면]

- : 컨트롤러 상판, 하판의 가공을 위해 도면을 작성하였음.
- : 상판의 도면에서는 컨트롤러 디스플레이, LED 부의 위치와 크기를 고려한 공간과 컨트롤러 스위치를 사용할 위치의 구멍을 가공하였음, 구멍의 위치는 가공 치수 오차를 고려하여 기하공차를 기준으로 작성함.
- : 컨트롤러 내부의 이물질 유입을 차단하기 위해 가장자리 부분에 2.1 mm 단차를 주었으며 컨트롤러 하판과 접촉되는 부분은 표면 거칠기를 별도로 부여하여 최대한 밀착되도록 설계함.
- : 하판의 설계에서는 컨트롤러와 센서부 하네스가 결합될 4개의 커넥터를 고려하여 설계함
- : 커넥터의 치수사양을 고려하여 커넥터의 구멍과 조립위치를 설계하여 기하공차로 나타내었으며, 조립 호환을 위해 구멍 주위에 표면 거칠기를 별도로 부여하여 설계하였음.

: 컨트롤러 하판에서는 메인컨트롤러의 보드가 결합되며 보드의 경우 접점의 문제가 있기에 바닥면과 13 mm 유격거리를 두었고 이때 서포터의 길이는 5 mm를 사용하였음. 메인컨트롤러 보드와 커넥터의 배선을 고려하여 커넥터와 결합될 공간에 30 mm의 여유를 고려함.

: 컨트롤러는 무게를 고려하여 알루미늄으로 선택하였고, 이물질 유입을 최소화 하기 위해 판금은 고려하지 않았음, 외부 도장의 경우 균평 시스템과 유사한 색상을 선택함.

- 자세제어 케이스 설계 및 제작



[IMU센서 케이스 2차 설계안]

: 균평 날에 설치될 IMU센서 케이스는 IMU 보드의 볼팅 위치 54 mm x 54 mm 고려하여 설계하였음

: IMU 보드와 커넥터의 배선 공간 11 mm를 확보하였고, 센서 케이스 내부로 이물질 유입을 최소화하기 위해 단차 1 mm를 고려하였음. 상판과 하판은 서로 볼트로 결합되며 케이스와 균평기의 설치도 동일하게 고려하여 설계함.



[컨트롤러 2차 케이스, IMU 케이스 시제품]

: 설계사양을 기준으로 제작된 컨트롤러, IMU센서 케이스 제품

: 메인컨트롤러 보드와 케이스의 조립, IMU센서 보드와 IMU케이스의 조립, 커넥터의 조립 등 결합과 관련사항에서의 문제점은 없었으나 메인컨트롤러 케이스의 높이가 39.5 mm에서 43 mm로 3.5 mm커지고 컨트롤러 스위치 커버를 사용하며 압축되는 현상이 발생하여 컨트롤러 스위치의 높이 치수가 컨트롤러 상판의 높이와 동일한 치수로 설정됨.

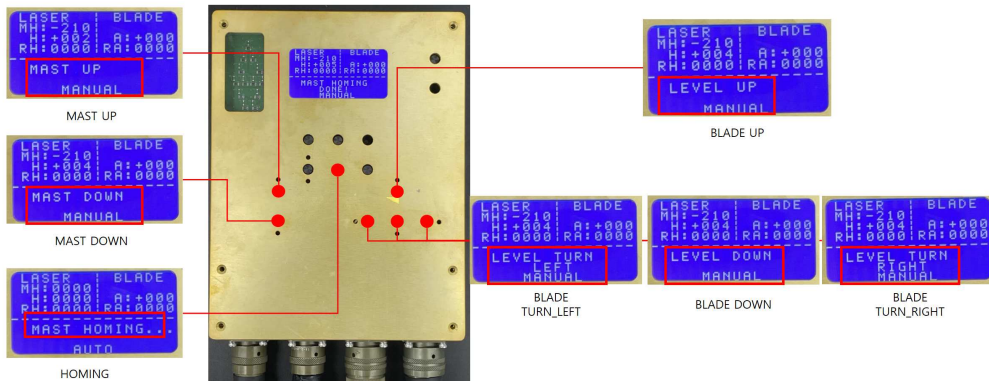
○ 메인 컨트롤러 및 자세제어 시스템 어셈블리

- 하드웨어 어셈블리

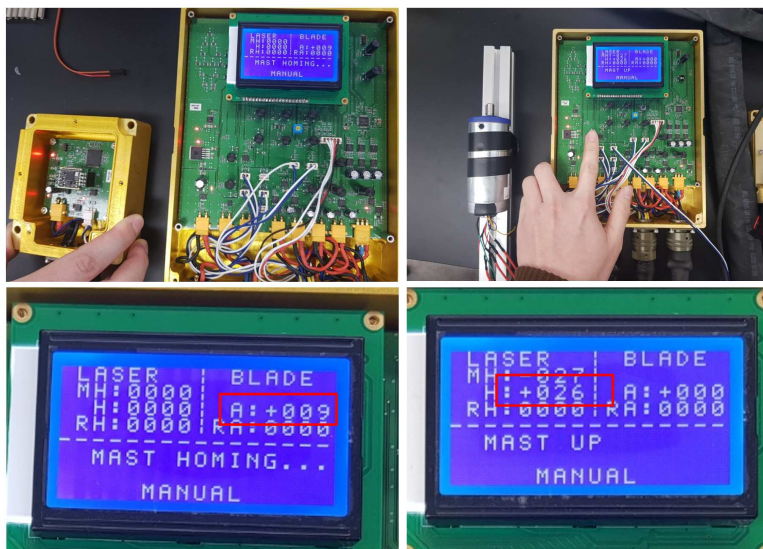


[보드 및 케이스 어셈블 이미지]

- LCD 컨트롤러 동작



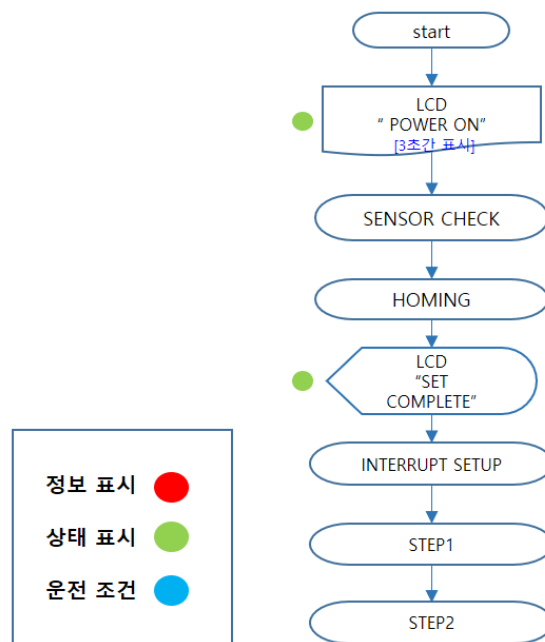
[컨트롤러 LCD 인터페이스 이미지]



[컨트롤러 LCD 인터페이스 IMU, 마스트 모터 데이터]

- : 컨트롤러 LCD 디스플레이 문자 배치 및 버튼 기능에 대한 문구를 확인함
- : LCD 디스플레이의 좌/우측에서 좌측은 마스트 모터에 대한 높이 데이터를 나타내는 [LASER], 우측은 균형 날에 대한 각도 정보를 나타내는[BLADE] 로 나뉘짐
- : 컨트롤러 좌측 마스트 모터 위치 컨트롤을 위한 스위치를 누른 경우 이미지와 같이 'MAST UP', 'MAST DOWN'이 확인되고 하단 문구에 현재의 컨트롤 상태인 'AUTO'와 'MANUAL' 모드를 표현하였음
- : 컨트롤러 우측 균형 날을 제어하는 스위치는 상/하 버튼을 누른 경우 'LEVEL UP', 'LEVEL DOWN' 이 표시되며 좌/우 버튼을 누른 경우 균형 날의 roll 각도를 제어하며 'LEVEL TURN LEFT', 'LEVEL TURN RIGHT'가 표시됨
- : IMU 센서의 roll 각도 변화에 따라 우측 [BLADE]에 각도가 표시되며 각도는 정수로 표시됨
- : 컨트롤러에서 MAST HOMING 이후 좌측 [LASER]에 마스트모터의 최하-최상단의 리미트 센서 사이의 거리가 측정되며 스위치를 통해 마스트 모터의 현재 위치 데이터가 출력됨

- 제어 알고리즘 구현
 - 균형 제어 시나리오



[균형 제어 구성 시나리오]

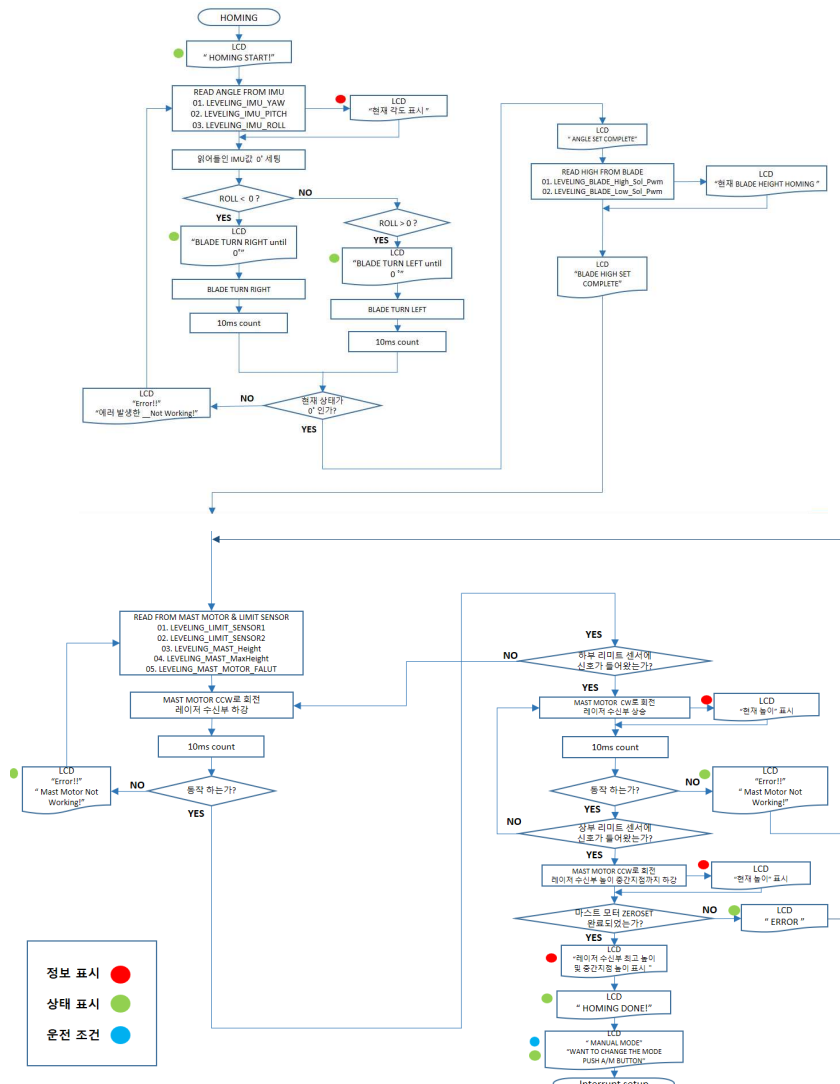
- : STEP1을 통한 작업을 위해 전원이 인가되었을 시 3초간 대기하여 SENSOR CHECK 단계로 넘어감
- : SENSOR CHECK에선 자동 균형 작업에 필요한 컨트롤러, IMU, 레이저 수신기, GPS 가 제대로 정상 신호를 보내고 있는지에 대한 여부를 판단하고, 비정상 상태일 경우 경고 표시를 LCD상에서 표현하여 사용자가 점검해야할 필요성을 제공함
- : SENSOR CHECK 단계에서 정상 작동이 가능하다고 판단이 된 경우, 마스트 높이를 측정할 수 있는 HOMING 단계를 진행함
- : HOMING 단계를 진행함으로써 마스트가 움직일 때, 마스트가 이동한 거리, 즉, 고도를 사용자에게 LCD 상으로 표현이 가능하며, CAN 데이터 상으로도 반영이 시작 됨

: HOMING이 완료된 경우, STEP1, STEP2 등 자동 작업이 가능한 상태가 되고, 사전에 세팅을 위해 수동 모드로 전환하며, 테스트 이후에 AUTO/MANUAL 버튼으로 STEP1 모드 진입이 가능함

- 세부 구동 모드 별 알고리즘 및 동작성 평가

- : 본 연구에서 제안하는 균형 작업 단계는 HOMING, STEP1 그리고 STEP2로 구분
- : 각 단계에서 신호에 따른 제어 응답 신호를 확인하기 위해 컨트롤러, IMU, 밸브, 레이어 송수신기, 마스트 모터로 환경설정을 하여 수동으로 이를 확인함
- : 각 신호를 확인하기 위해 컨트롤러에서 PCAN 케이블로 CAN 통신 포트와 PC를 연결하여 PCAN-View 및 BUSMASTER 프로그램을 이용함
- : STEP1을 작동시키기 위해선 마스트가 이동한 만큼 높이 정보를 얻어야하며, 이를 위해선 마스트의 위치 정보를 초기에 정의 해주어야함. 이 과정을 HOMING이라고 함

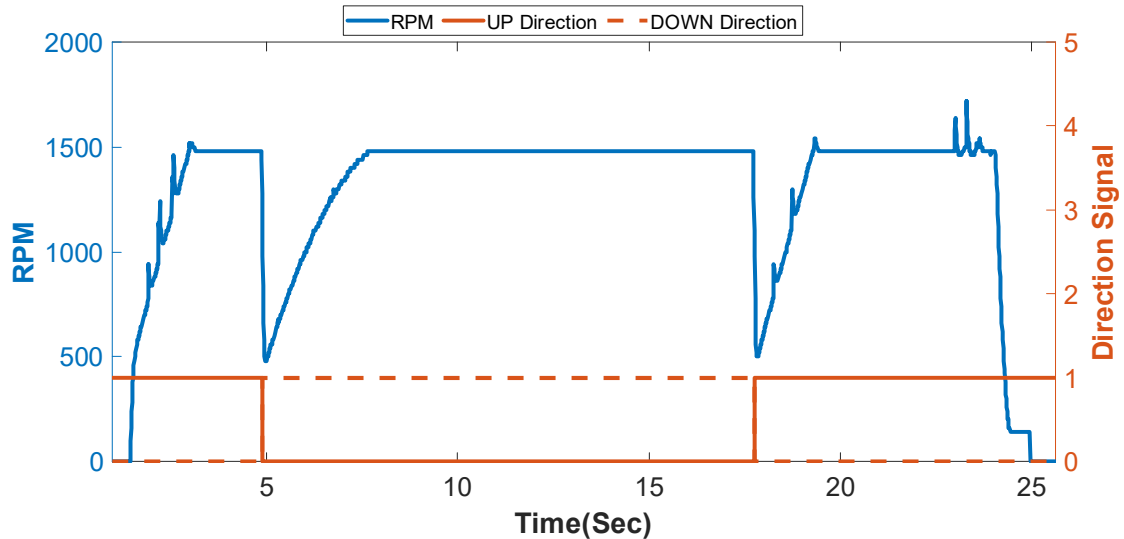
● HOMING



[HOMING 작동 알고리즘]

: HOMING을 시작하기에 앞서, 정확한 측정을 위하여 블레이드의 각도를 지면과 수평으로 만들어줌. 이를 위해 블레이드의 좌, 우 회전을 roll값이 0°가 될 때 까지 작동시킴

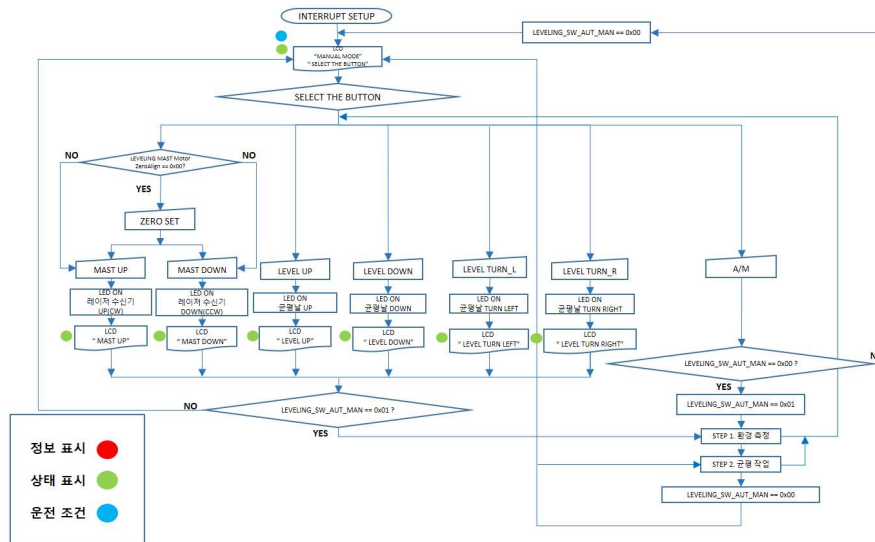
: 블레이드가 지면과 수평이 됨과 동시에 마스트는 지면과 수직인 상태에서 DC 모터와 연결된 마스트를 움직이게 됨. 마스트는 1500RPM으로 RPM 제어를 통해 작동 됨
 : 초기 작동은 마스트가 하단 리미트 센서에 닿기까지 하강하며, 하단 리미트 센서에 닿는 경우 상단 리미트 센서에 닿기까지 상승함. 최 하단에서 최상단까지의 이동 거리를 측정하며 mm단위로 환산되어 LCD에 표시됨. 약 -210 mm~210 mm가 측정됨. 최상단 리미트 센서에 닿음으로써 전체 가동 범위에 대한 정보를 얻었으므로, 0mm에 해당하는 중앙으로 마스트가 하강하며 HOMING 과정을 마무리함



[HOMING 과정 신호 데이터 (Motor RPM-Direction Signal)]

: HOMING 마무리 단계 이후엔 STEP1 과정 이전에 신호 출력 및 테스트를 위하여 수동 모드로 전환됨
 : 수동 모드에선 마스트 상, 하 제어가 가능하며, 각 상, 하단 리미트 센서가 닿으면 작동을 멈추게 됨. 마스트 작동 시 이동한 만큼 높이 값이 반영되어 LCD 및 CAN 데이터에 반영됨
 : 수동 모드에서 블레이드 또한 제어가 가능하며, 상승, 하강, 좌측 회전, 우측 회전이 가능함. 블레이드는 유압 밸브로 제어되므로, 유압 실린더 내의 가동범위가 최대치라면 신호에 따라 밸브가 열리더라도 다시 유압 탱크로 들어가기에 별도의 최대치 제한 조건이 존재하지 않음

- 수동모드

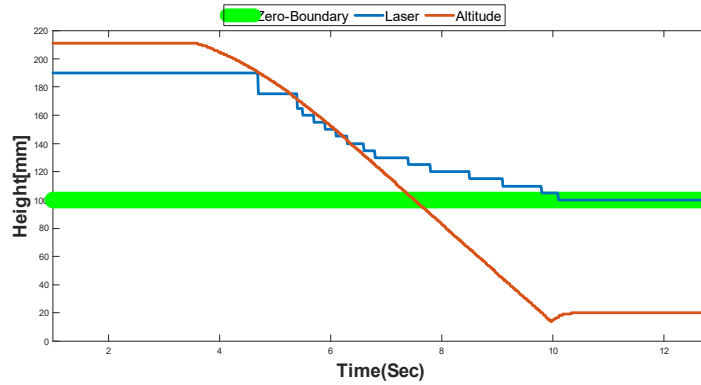


[수동모드 작동 알고리즘]

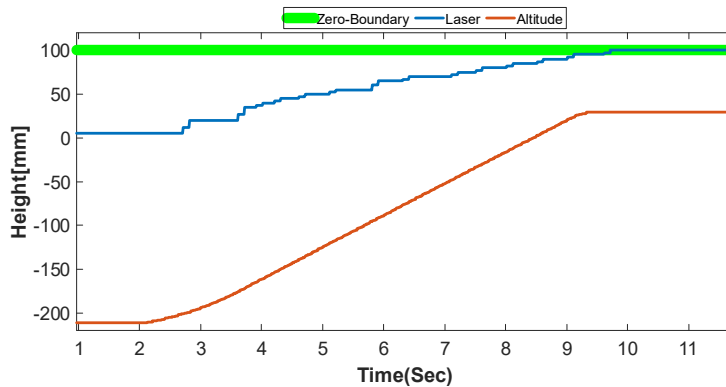
: 수동 테스트가 진행이 완료되었다고 판단될 시, A/M 버튼을 통해 자동 모드의 첫 번째 단계인 STEP1 전환이 가능함

- STEP1

- : HOMING 과정이 완료되었으므로, STEP1에서 레이저 신호에 따라 마스트가 움직일 때 높이 값으로 치환되어 고도 측정이 가능함
- : STEP1에서 자동 모드가 작동되더라도 위급 상황을 대비하여 항상 수동 모드로 전환이 가능하도록 제작됨. 수동/자동 모드 전환은 A/M 버튼을 사용함
- : STEP1의 경우, 블레이드가 고정된 상태로 트랙터가 운행하며 작업 공간의 고도를 파악함. 마스트에 장착되어있는 레이저 수신기가 고정된 레이저 송신기로부터 레이저 신호를 수신함. 이 때, 수신되는 신호의 위치에 따라 마스트가 중앙을 맞추고자 제어되며, 중앙을 맞추기 위해 움직이는 마스트의 이동 거리에 따라 고도가 측정됨.
- : 레이저 수신기는 수신된 레이저 신호를 100ms마다 메인 컨트롤 보드에 높이 값을 송신하며, 0x00~0xBE의 범위로 형성되어 있음. 레이저 수신 단자는 총 40개로 구성되어 있으며, 단자 사이의 간격은 5mm로 배치되어 있음
- : 주행 시 트랙터의 진동으로 인해 중앙을 맞추는 경우에 fluctuation이 일어날 수 있으므로 zero-boundary는 0x5F~0x69로 수신기 단자 3개로 형성되어 총 10mm 범위 내를 중앙으로 판단함
- : 고도가 낮아진 경우, 레이저 수신기가 0x69보다 큰 값을 메인 컨트롤 보드에 송신하게 됨. 이에 따라 마스트가 중앙을 맞추기 위해서 상승하며, 고도가 측정됨. 반대로 고도가 높아진 경우, 레이저 수신기가 0x5F보다 낮은 값을 메인 컨트롤 보드에 송신하고, 마스트가 중앙을 맞추기 위해 하강하여 고도가 측정됨

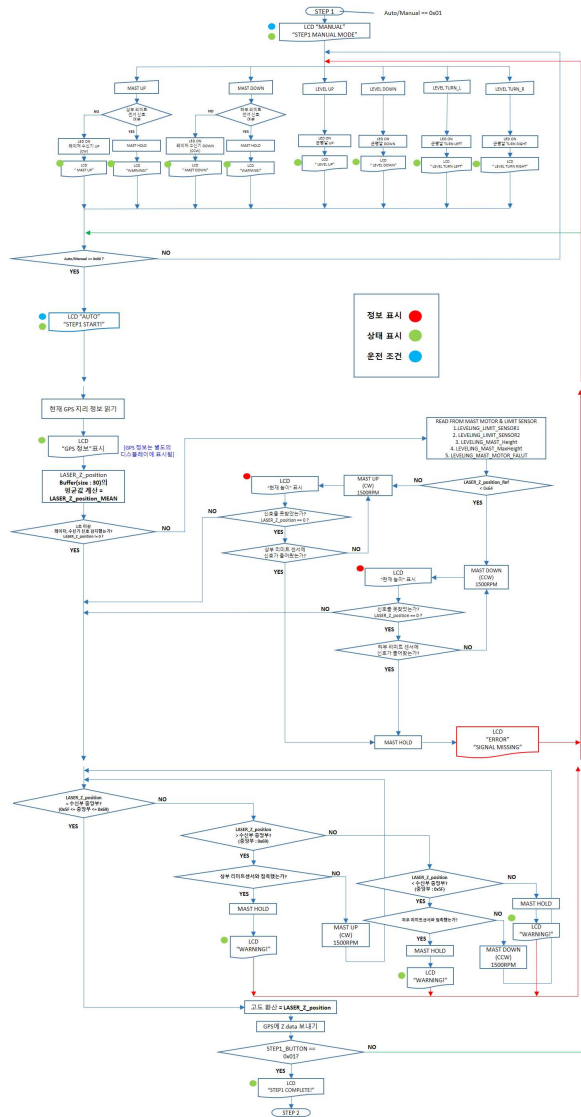


[고도가 높아진 경우의 알고리즘을 따른 레이저-고도 신호 그래프]



[고도가 낮아진 경우의 알고리즘을 따른 레이저-고도 신호 그래프]

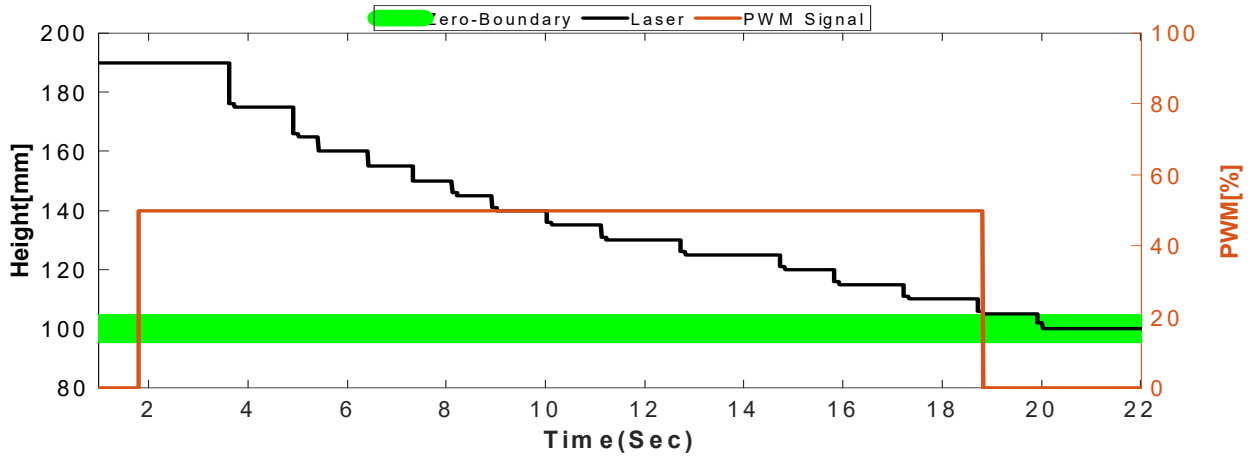
- : 레이저 신호를 놓쳤을 경우를 대비하여 buffer를 사용함. Buffer size는 30으로써, 레이저 신호가 100ms마다 들어오므로 총 3000ms(3sec)동안 데이터를 buffer에 저장되며, buffer내의 데이터는 FIFO(First In First Out)으로 이루어짐
- : 신호를 놓친 경우 레이저 신호는 0x00의 값을 송신하며, 1초간 레이저 신호 감지 불가 시 신호를 탐색하는 알고리즘이 실행됨. Buffer내의 데이터들의 평균값을 LASER_Z_position_Ref에 저장하고, 이를 통해 상단에서 잃어버린 경우 마스트를 상승시키며, 하단에서 잃어버린 경우 마스트를 하강시키는 방향으로 효율적인 탐색이 가능함
- : 이 때, 상단 또는 하단 리미트 센서에 닿는 경우, 하드웨어적으로 신호 탐색이 불가능한 상태이므로 수동 모드로 진입하여 새로운 setting에서 재작업을 할지, 현재 상태를 유지하여 레이저 신호가 들어오기까지 운행할지에 대한 판단을 한 후 STEP1을 실행함
- : 작업 공간의 고도는 GPS 디스플레이에 표시되며, 작업자는 이를 바탕으로 어느 지점에서 작업을 시작해야 효율이 좋을지 판단이 가능함
- : STEP1 작업이 마무리되어 다음 단계로 넘어가고자 한다면, STEP1 버튼을 눌러 작업이 끝났음을 알릴 수 있음



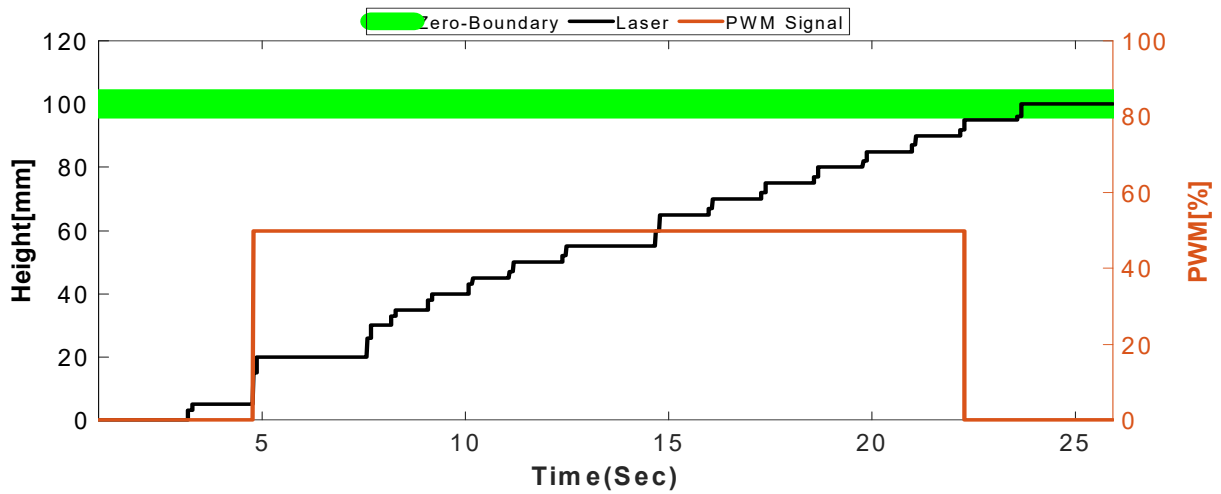
[STEP1 알고리즘]

● STEP2

- : STEP1 작업 알고리즘에서 빠져나온 후, GPS 디스플레이에 표시되는 고도를 확인 하여 어느 지점에서 작업을 시작할지 정했다면, STEP2 버튼을 눌러 균평 작업을 실시할 수 있음.
- : 균평 작업 도중 비상 상황을 대비하여 A/M 버튼을 통해 수동 모드로 전환이 가능하며, 마스트 상승, 하강, 블레이드 상승, 하강, 좌측 회전, 우측 회전이 가능함. A/M 버튼을 눌러 다시 균평 작업을 진행할 수 있음.
- : 균평 작업은 마스트가 고정된 상태에서 블레이드만 제어하게 되며 레이저 신호를 레이저 수신기의 상단에 수신할 경우, 고도가 낮아진 상태이므로 블레이드를 상승시키고 레이저 수신기의 하단에 수신할 경우, 고도가 높아진 상태이므로 블레이드를 하강시킴. 상승 및 하강되는 블레이드는 레이저가 레이저 수신기의 zero-boundary에 도달 할 때까지 작동됨.
- : Zero-boundary는 STEP1과 동일하게 0x5F~0x69로 지정함.
- : 블레이드는 유압 밸브를 PWM을 통해 제어하며, 50%의 duty비로 신호를 전달하였음.

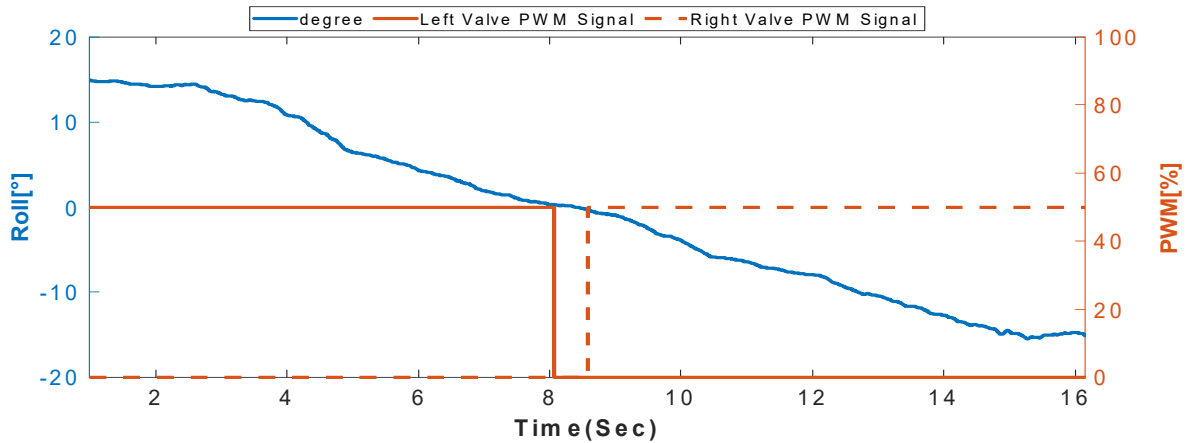


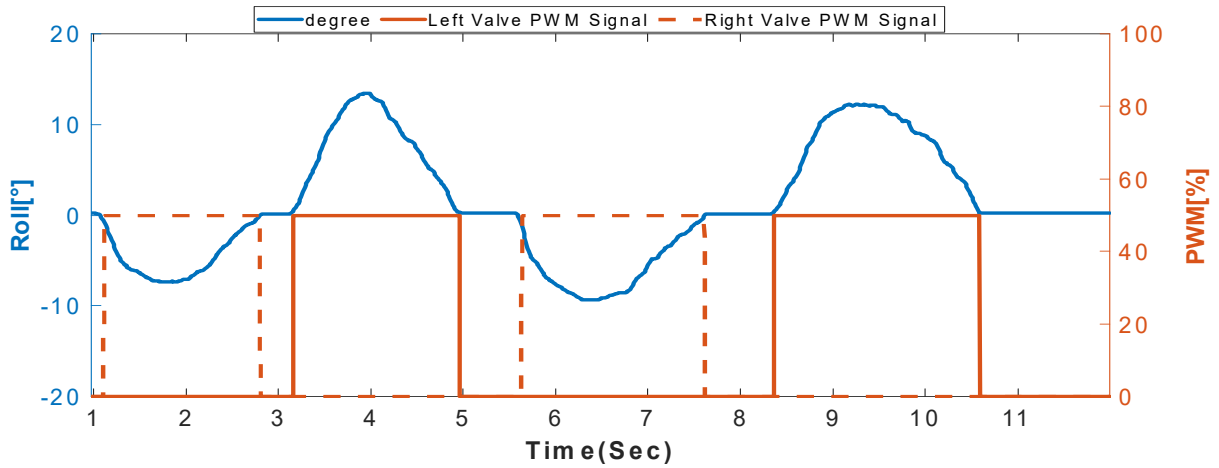
[고도가 높아진 경우의 알고리즘을 따른 레이저-상승 밸브 PWM 신호]



[고도가 낮아진 경우의 알고리즘을 따른 레이저-하강 밸브 PWM 신호]

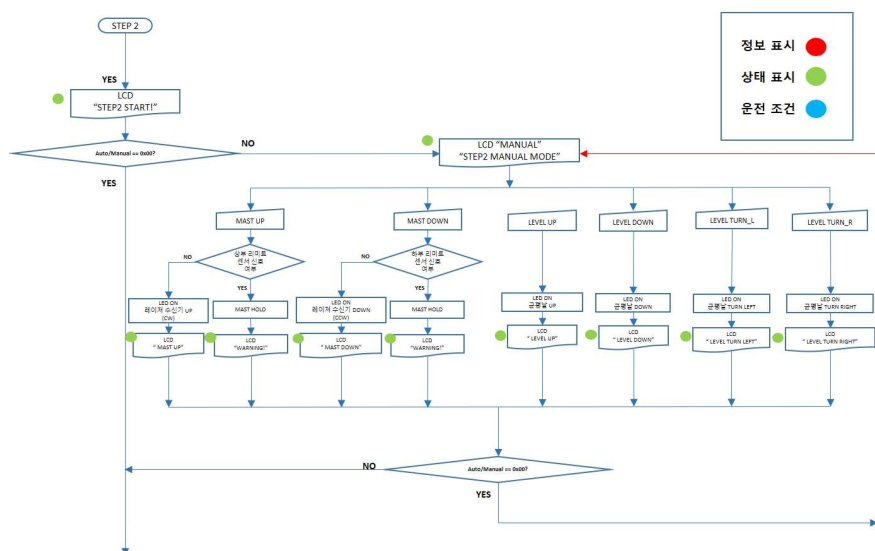
: 균형 작업이 효과적으로 진행되기 위해서 지면과 블레이드가 수평을 이뤄야함. 이를 위해 IMU 센서값을 이용함. Roll 값이 0°를 유지할 수 있도록 tilting 작업이 상시 이루어짐. Roll 값이 0°보다 큰 경우 블레이드를 좌측 회전시키며, 0°보다 작은 경우 엔 블레이드를 우측 회전시킴으로써 roll 값이 0°이 유지될 수 있도록 함

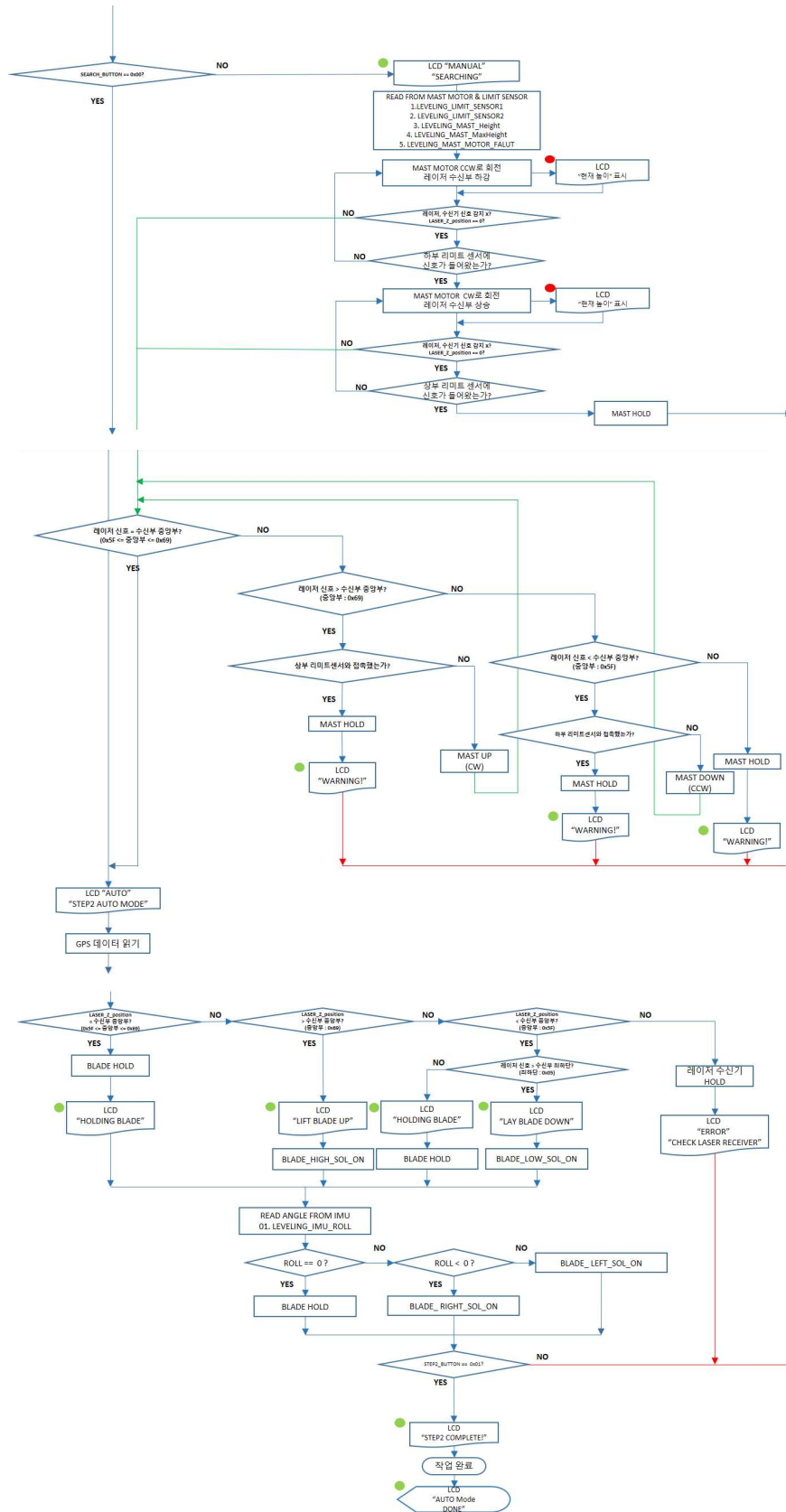




[Roll 각도에 따른 좌, 우 밸브 PWM 신호 그래프]

- : 레이저 신호를 잃어버린 경우, 두 종류로 나뉘어 제어됨. 균형 작업이 지속되고 있는 상황인 경우, 레이저 신호가 0x00을 메인 컨트롤 보드에 송신하게 되므로 중앙부(0x0F~0x69)보다 낮고, 최하단 0x05보다 낮은 경우를 의미하므로 블레이드를 현 위치에 정지시킨 상태로 운영하게 됨
- : 상단에서 신호 잃어버린 경우, 고도가 낮아 흙을 모아야하기 때문에 블레이드가 내려간 상태에서 정지시키며, 하단에서 신호를 잃어버린 경우, 고도가 높아 흙을 모을 필요가 없기 때문에 상승되어 지표면과 떨어져 있는 상태를 유지함.
- : 레이저 신호를 잃어버린 경우의 다른 한 가지 제어 방법은 마스트를 이용하여 신호를 찾는 방법임. 신호를 잃어버린 상태가 장시간 유지되는 경우에 이를 고려할 수 있으며, 해당 상태가 장시간 유지되는 상황은 초기 setting이 작업 환경에 이상적이지 못하여 마스트를 재조정할 필요가 있음
- : SEARCH 버튼을 통해 마스트를 이용한 레이저 신호 탐색 제어를 실행할 수 있음.
- : 트랙터 정지 상태에서 레이저 신호 탐색을 실시함. 마스트가 가동 범위를 모두 이동하며 신호를 찾음. 탐색 중 신호를 찾은 경우, 레이저 수신기의 중앙을 맞추고자 동작하며, 가동 범위 내에 중앙을 맞추는 동작이 불가능할 경우, 시작 지점을 변경 해야 할 상황인지 확인하기 위해 수동 모드로 전환됨. 신호 탐색에 실패한 경우 또한 수동 모드로 전환됨



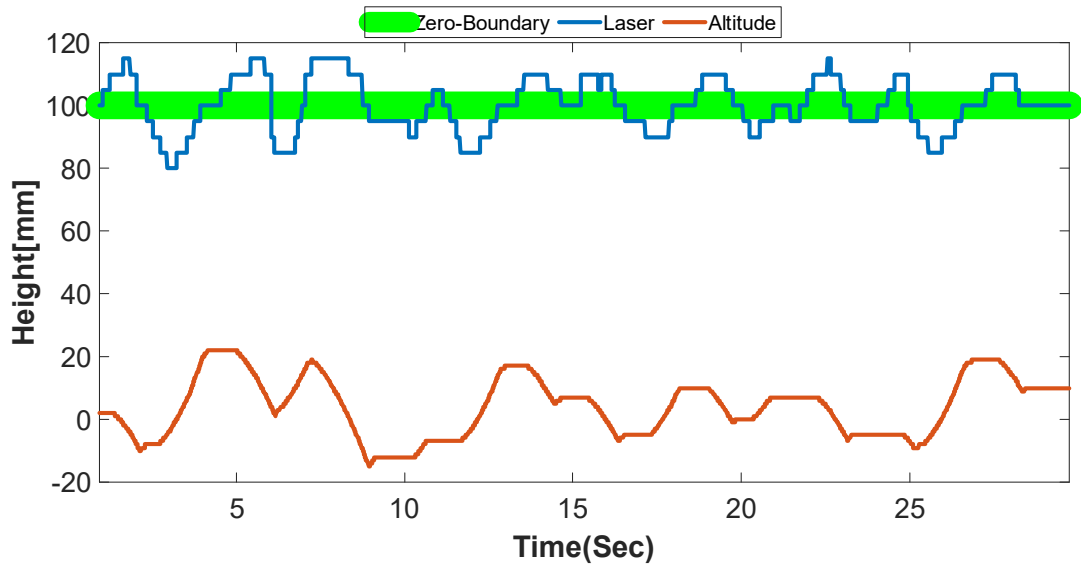


[STEP2 알고리즘]

- 레이저 신호에 대한 STEP1, STEP2 테스트
- : 상기 내용은 STEP1과 STEP2가 레이저 신호, IMU에서 측정한 각도에 따라 제어 되는 마스트 및 블레이드의 알고리즘과 제어 신호를 보여줌
- : 이를 바탕으로 실제 트랙터 주행 시, 트랙터로 인해 동반되는 진동을 고려함. 레이저 신호가 fluctuation이 되며 고도 측정 시 영향을 받는 경우를 가정하여 테스트

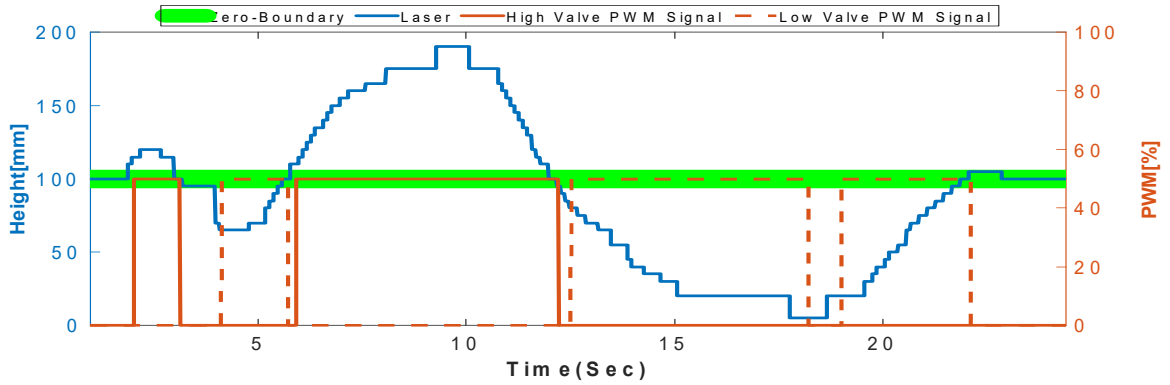
를 진행

- : STEP1에서 레이저 신호에 따른 고도 측정, STEP2에서 레이저 신호에 따른 상하 밸브 PWM 신호를 측정하여 실제 실험 환경에서 환경 측정 및 균형 작업이 원활히 진행될 수 있을지에 대한 여부를 판단함
- : STEP1의 경우, zero-boundary(0x5F~0x69)내에선 레이저 수신기의 증상으로 판단하여 마스트가 움직이지 않으므로 고도가 유지됨을 보여줌.
- : Zero-boundary의 최상위 값(0x69)보다 높은 값이 측정되면 고도가 낮아졌음을 의미하며, 이에 따라 마스트가 하강함. 마스트가 이와 같이 제어됨에 따라 고도가 낮아지는 모습을 볼 수 있음
- : Zero-boundary의 최하위 값(0x5F)보다 낮은 값이 측정되면 고도가 높아졌음을 의미하며, 이에 따라 마스트가 상승함. 마스트가 이와같이 제어됨에 따라 고도가 높아지는 것을 알 수 있음
- : Fluctuation이 동반되어도 zero-boundary내에선 10mm만큼의 완충 범위로 인해 안정적으로 고도가 측정되는 것을 알 수 있음



[STEP1에서 레이저 신호에 따른 고도 측정 데이터]

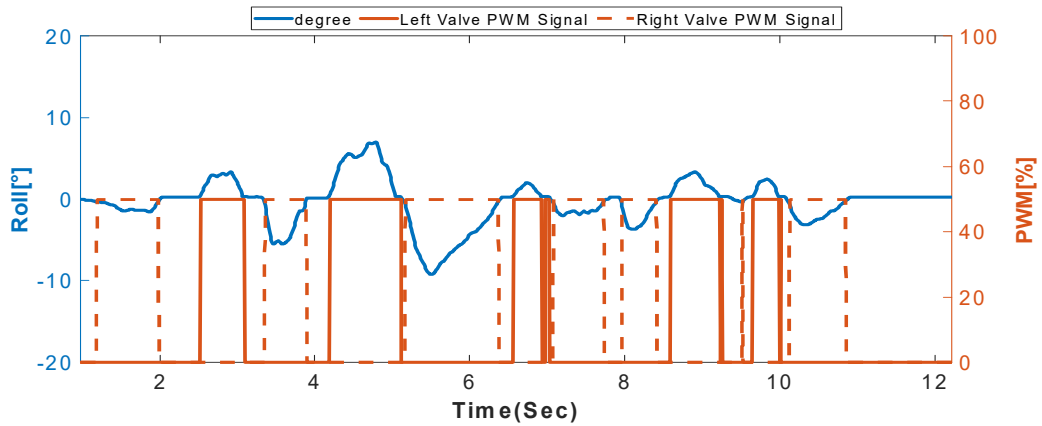
- : STEP2의 경우 또한 STEP1과 유사한 모습을 보임. Zero-boundary내에선 레이저 수신기의 증상으로 판단되어 밸브 제어 신호가 나타나지 않음.
- : Zero-boundary의 최상위 값을 초과하는 값은 고도의 저하를 뜻하므로, 블레이드 상승 제어를 하는 밸브의 PWM신호가 나타나며, zero-boundary의 최하위 값 미만의 값은 고도의 상승을 뜻하여 블레이드 하강 제어를 하는 밸브의 PWM 신호가 나타남
- : 레이저 수신기의 최 하단 높이(0x05)에 해당하는 부분은 균형 작업 알고리즘 상 블레이드를 정지 시켜야 하므로 상, 하 밸브 제어 신호가 나타나지 않음.
- : 레이저 신호를 잃어버린 경우 나타나는 높이 값(0x00)이 출력되는 경우 또한 알고리즘상 블레이드를 정지시켜야 하므로 상, 하 밸브 제어 신호가 나타나지 않음.
- : Fluctuation이 동반되어도 zero-boundary란 완충 범위가 있으므로 블레이드가 현 상태를 유지시켜야하는 때에 안정적으로 유지하는 모습이 나타남.



[STEP2에서 레이저 신호에 따른 상, 하 밸브 PWM 신호 데이터]

: STEP2에서 roll 각도에 따른 좌, 우 밸브 PWM 제어 또한 fluctuation이 동반된 상황을 가정하여 실험을 진행함

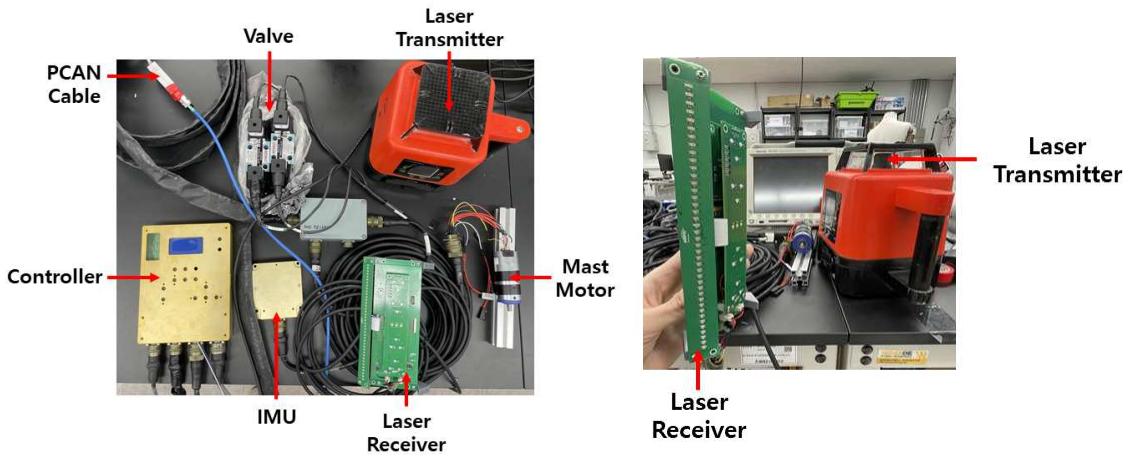
: 지면과 블레이드가 수평을 맞추기 위해, roll 각도가 0°이 될 때까지 좌, 우 밸브 PWM 신호가 나타나는 것을 알 수 있음



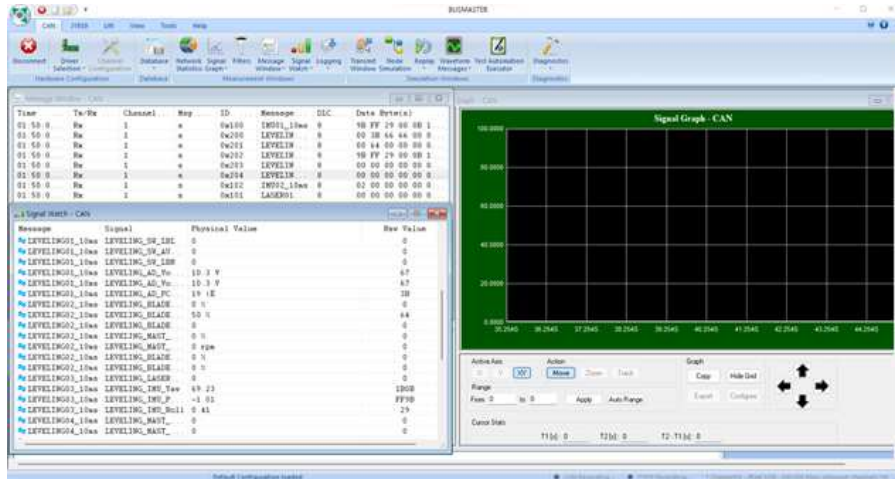
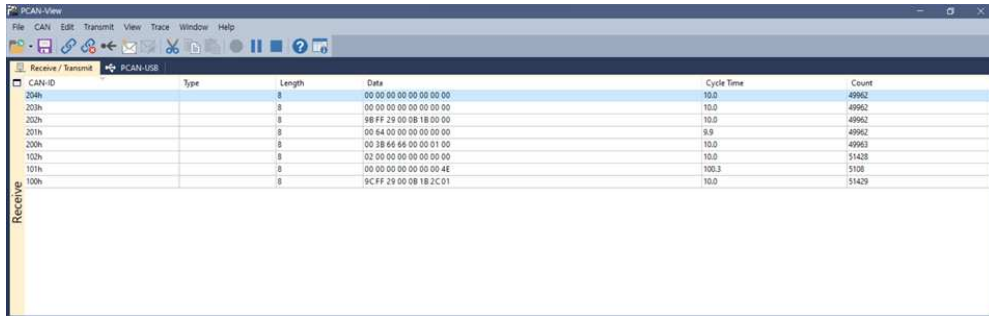
[Roll 각도에 따른 좌, 우 밸브 PWM 신호 데이터]

○ 균형 작업 시험 및 성능평가

- 균형모듈 컨트롤러 및 자세제어 시스템 단품 성능 평가
 - 단품 성능 평가 시험 품 및 환경



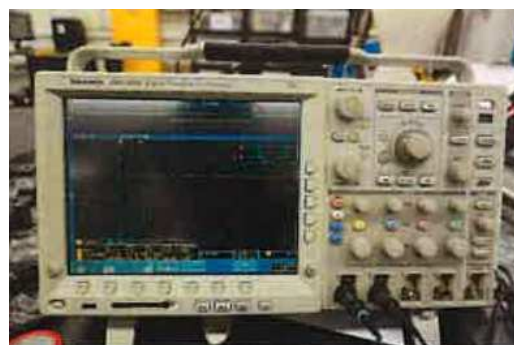
[제어 응답 신호 테스트 환경]



[신호를 확인하기 위한 프로그램(PCAN-View, BUSMASTER)]

● 제어응답속도

- : 본 과제의 정량적 목표 항목을 검증하기 위해 균평 모듈 컨트롤러와 자세제어시스템 최종 시제품을 활용하여 제어응답속도 및 자세측정 오차율을 공인인증기관 입회 하에 평가하였음
- : 제어응답속도는 하위 제어기로부터 균평 컨트롤러에 입력신호가 전송되고부터 컨트롤러에서 신호처리를 수행한 동작하기까지의 소요되는 시간을 5회 반복 측정 하였음



[제어응답속도 시험 환경]

[시험 결과]

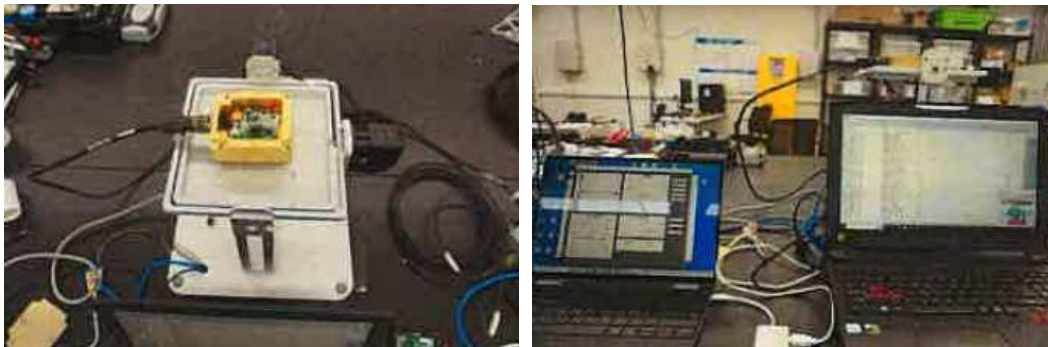
시험항목	단위	시험결과					평균
		1회	2회	3회	4회	5회	
제어응답속도	sec	0.020	0.018	0.020	0.035	0.036	0.0258

: 시험 결과, 최소 18ms에서 최대 36ms로 목표인 200ms는 만족하였음. 상기 제어 속도는 지면의 편평도를 작업하는 균평 작업 특성 상 충분한 제어속도를 제공하고 있으며, 작업 환경 및 하위 제어 부품의 특성에 따라 제어 속도를 조정할 수 있는 여유도 충분함

- 자세 측정 오차율

: 자세 측정 오차율 평가를 위한 시험 환경은 1차년도 연구평가에서 사용하였던 3축 회전 지그를 그대로 활용하였음

: 테스트용 지그 상판에 자세제어시스템을 장착하고 회전량에 따른 시스템 출력 값을 입력 값과 비교하였음



[제어응답속도 시험 환경]

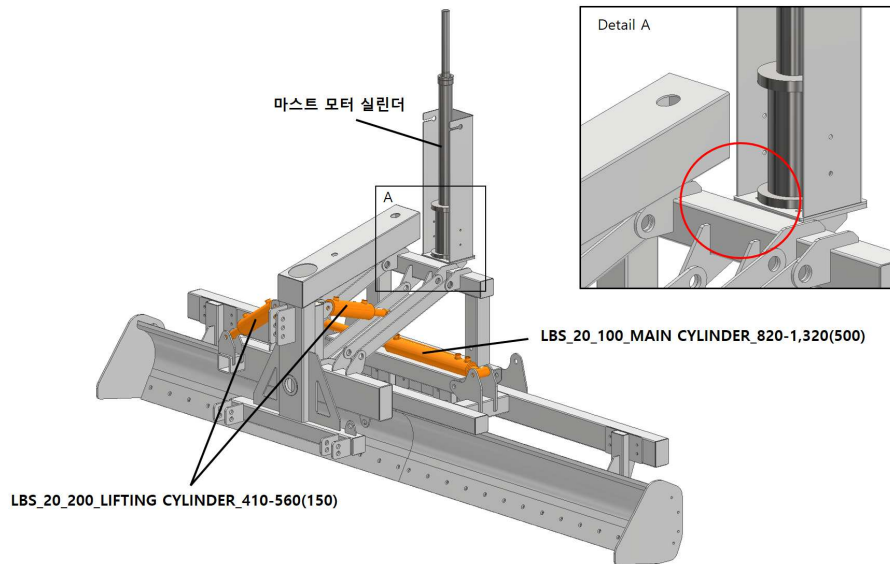
[시험결과]

시험 항목	단위	구분	기준 입력값	최대 오차	시험결과					
					1회	2회	3회	4회	5회	평균
자세 측정 오차율	도	x축	5.00	0.19	4.85	4.81	4.98	4.81	4.83	4.85
		y축	5.00	0.04	4.98	4.96	4.97	4.96	4.99	4.97
		z축	5.00	0.51	5.38	5.51	5.34	5.43	5.48	5.42

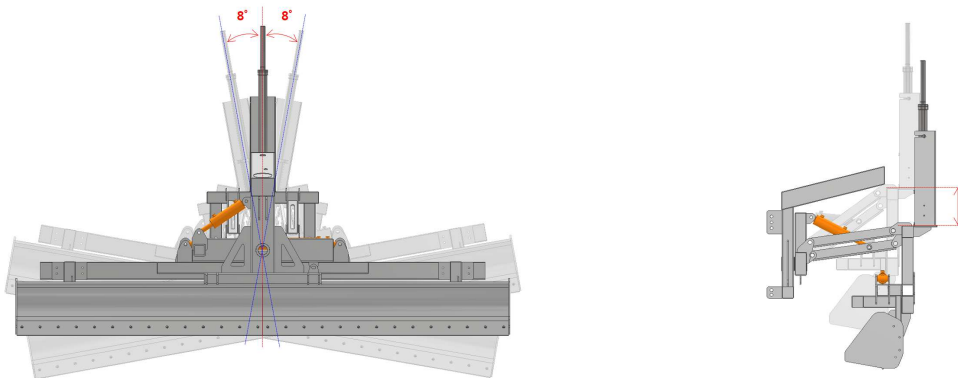
: 시험 결과, 각 축별로 오프셋의 방향은 상이하게 있었으나 최대오차 0.51°로 균평 작업을 수행하기에 충분한 오차율을 보였음.

- 필드 균평 테스트

- 시험 환경 및 조건(자세제어 시스템 체결 위치 설정)



[균형시스템 균형날 모델링 및 유압실린더 위치 이미지]



[유압실린더 행정으로 인한 균형날 각도 및 높이 제어 이미지]

- : 균형시스템에서 균형날의 제어에 사용하는 유압실린더는 행정 150 mm와 500 mm를 가지며, 150 mm의 행정 유압실린더를 사용하여 균형날의 각도제어와 상하 높이 제어에 사용됨
- : 유압실린더 각도 제어 시 균형날은 회전 중심을 기준으로 roll 제어가 되며 이때의 각도는 좌/우 각각 8°의 각도를 가지는 것을 확인함
- : 균형날의 상하 제어 시 각도의 변화는 없으며 가변 길이는 580 mm로 확인됨
- : 500 mm의 유압실린더는 균형날을 사용하지 않는 경우에서 이동을 위해 접고 펴는 기능으로 균형 시스템의 제어에서는 균형 작업 상태인 기준으로 펼쳐진 기구를 고려함
- : IMU센서는 균형날의 각도를 측정하는 시스템으로 균형날이 제어되는 프레임에 부착되며 roll각도의 측정을 위해 마스트모터 실린더 전방의 프레임에 설치하여 균형날의 각도를 측정하고자 함
- : 수동 테스트의 결과를 바탕으로 실제 필드에서 자동 테스트를 진행함
- : 자동 테스트의 경우, 트랙터 roll 각도 대비 자동 tilting을 통한 블레이드 roll 각도 측정 및 수동 균형 및 자동 균형 비교로 진행하였음
- : 레이저 송신기의 경우, 트랙터가 주행하는 테스트 베드 밖에 설치하였음
- : 테스트 베드의 크기는 55X18m로 형성되어 테스트 베드 내를 주행하여 실험을 진행함

- 시험 환경 및 조건(레이저 송/수신기 위치 및 필드)



[테스트 베드 및 레이저 송신기 위치]

: 자동 tilting 성능 측정을 위해 트랙터 roll값을 측정할 수 있는 IMU와 자동 제어가 가능한 블레이드 IMU가 각각 설치되어 있으며, CAN DATA를 수집하기 위해 2개의 PC를 이용하여 데이터를 취득함.



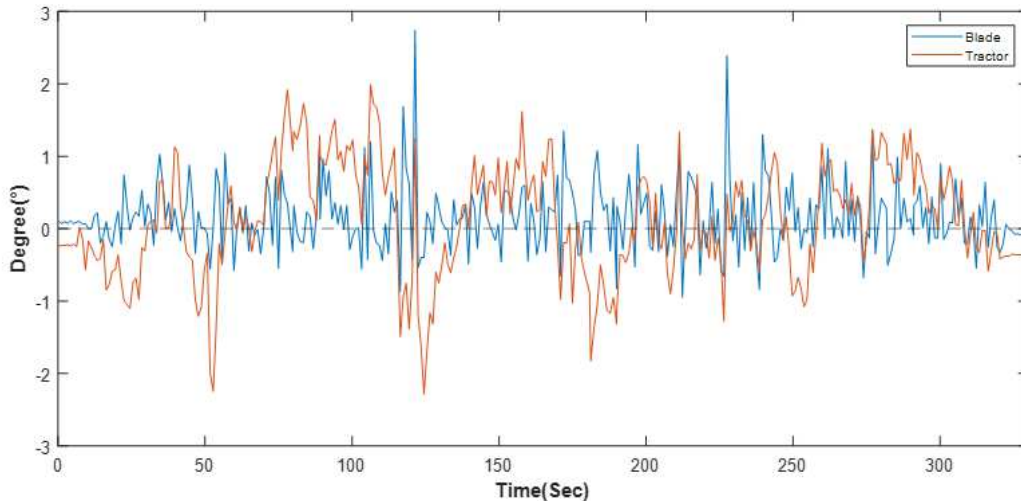
[균평모듈을 장착 모습]



[트랙터 내부 세팅 모습]

○ 자동 tiling 성능 평가

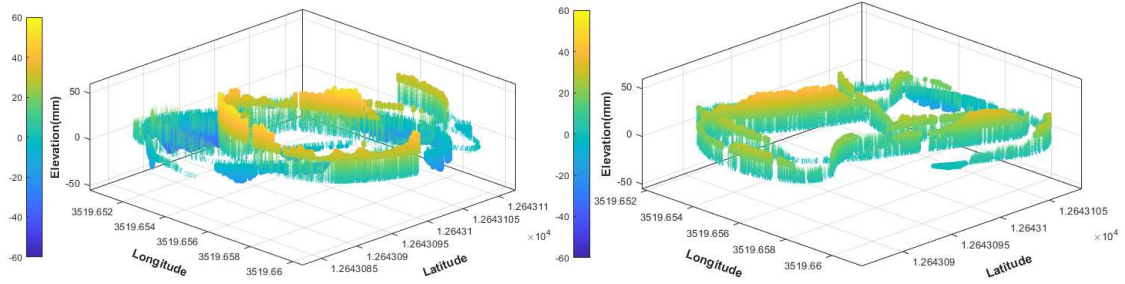
- : 테스트 베드를 주행하며 블레이드가 지면과 수평을 자동으로 유지시키고자 하는 자동 tilting 테스트를 진행함
- : 테스트 베드를 약 6분간 주행하며 데이터를 취득하였으며, roll값이 0°를 목표로 하여 자동으로 제어됨
- : 트랙터가 지형에 따라 각도가 변하는 동안 블레이드는 자동으로 수동 상태를 유지하고자하여 평균 0.153°의 각도를 유지하였음
- : 최소평균제곱오차법을 사용하여 트랙터 및 블레이드의 오차값을 계산하였음
- : 트랙터의 경우 약 0.5669°의 오차를 보이는 반면 블레이드는 0.2210°의 오차를 보임



[트랙터 roll 각도 대비 블레이드 roll각도 그래프]

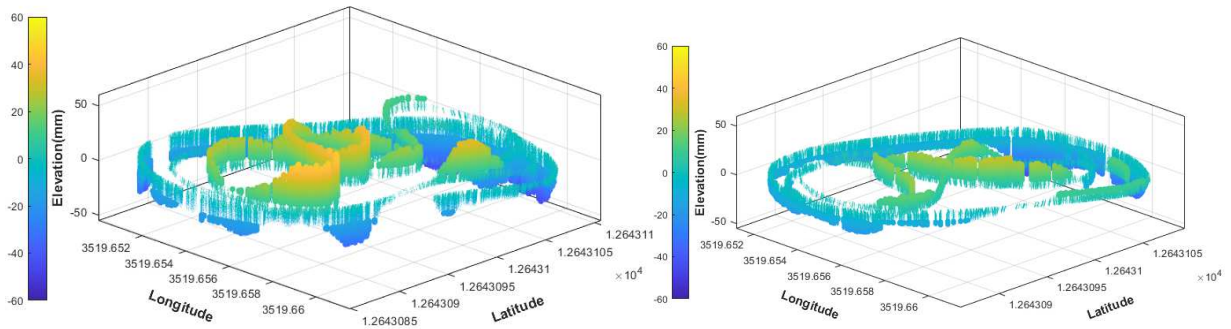
○ 수동 및 자동 균평 작업 테스트 및 평가

- : 트랙터를 운행하며 STEP1을 작동시킴으로써, 필드의 고도 측정을 진행함.
- : 마스트가 레이저 신호에 따라 수신기의 중앙에 위치시키기 위해 작동하며 이 과정 중에 고도를 측정함. 측정된 고도 정보는 GPS를 통해 측정되는 위도, 경도에 매치하여 위치에 따른 고도를 저장할 수 있음
- : 작업 전 STEP1을 통해 고도를 측정하고, STEP2를 통한 균평 작업 이후 다시 STEP1을 통해 고도를 측정하여 작업 전, 후의 고도 변화를 볼 수 있음.
- : 상기 과정을 수동 및 자동 균평 작업으로 진행하여 성능 비교가 가능함.
- : 균평 목표 고도를 0mm로 지정하여, 0mm를 기준으로 변화량을 통해 오차를 측정하고자 함
- : 수동 균평 작업 전, STEP1을 통해 위치에 따른 고도를 측정하여 약 23.5918mm의 오차 값이 나타남.
- : 수동 균평 이후 다시 STEP1을 통해 고도를 측정하였을 때, 약 19.5294mm의 오차 값이 나타남



[수동 균평 작업 전, 위치에 따른 고도 그래프][수동 균평 작업 후, 위치에 따른 고도 그래프]

- : STEP2를 이용한 자동 균평 작업을 진행하기 위해, 테스트 베드의 고도를 STEP1을 통해 측정 한 후, 자동 균평을 진행하여 변화된 고도를 측정하였음
- : 자동 균평 작업 전, STEP1을 통해 위치에 따른 고도를 측정하여 약 24.4623mm의 오차 값이 나타남
- : 자동 균평 이후 STEP1을 통해 고도를 측정하였을 때, 약 16.2270mm의 오차값이 나타남



[자동 균평 작업 전, 위치에 따른 고도 그래프][자동 균평 작업 후, 위치에 따른 고도 그래프]

- : 수동 균평 작업 전, 후 차이는 약 4.0624mm이고, 자동 균평 작업 전, 후 차이는 약 8.2353mm로 자동 균평이 더 효과적으로 작업이 완료되었다는 점을 알 수 있음

[수동 및 자동 균평 작업 테스트 결과]

	작업 전 오차(mm)	작업 후 오차(mm)	작업 전,후 고도 차이(mm)
수동 균평	23.5918	19.5294	4.0624
자동 균평	24.4623	16.2270	8.2353

시험 성적서

- 성적서 번호 : TE-23-02955
- 의뢰자
기관명 : 한국로봇융합연구원
주소 :
- 시험대상 품목 : 균형시스템
- 접수일자 : 2023. 12.19
- 시험장소 : □ 고정시험실 ■ 현장시험
- 시험방법 : 다음 쪽 "시험방법" 참조
- 시험결과 : 다음 쪽 "시험결과" 참조
- 페이지 번호 : 4 쪽 중 1 쪽
- 시험기간 : 2023. 12.18

작성자
성명 : 박진홍

기술책임자
성명 : 손영범

위의 내용은 신청인이 제출한 시험품에 대한 결과이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2024.01.05



대구기계부품연구원



시험 결과 (Test Results)

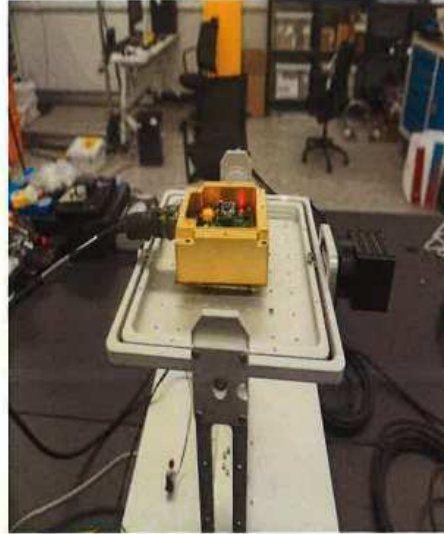
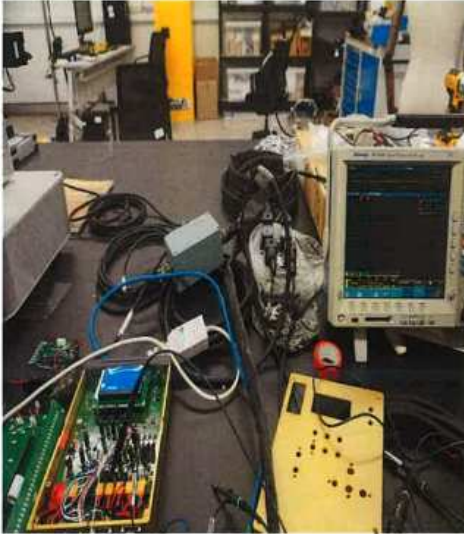
성적서번호 : TE-23-02955

(4) 쪽 중 (2) 쪽



1. 시험 개요

a. 시험품명 : 균평시스템



b. 시험일자 : 2023년 12월 18일

c. 시험항목

No	시험항목	시험방법	요구조건 (개발목표)
1	제어응답속도	세부항목 참조	0.2 sec 이하
2	자세측정 오차율	세부항목 참조	1 ° 이하

※ 상기 시험항목에 대한 세부 시험방법은 로봇융합연구원에서 제시한 시험방법을 참조하였음

TP-0114-02(2/2)(01)

A4(210×297mm)



시험 결과 (Test Results)

성적서번호 : TE-23-02955

(4) 쪽 중 (3) 쪽



2. 시험항목별 평가결과

2.1 제어응답속도

(1) 시험방법

- 레이저 수신기 IMU센서 신호 입력 후 제어신호가 출력될 때 까지의 시간을 오실로스코프로 측정하여 검증함
- 응답 속도(시간)을 5회 측정함

(2) 시험전경



(3) 시험결과

시험항목	단위	시험결과				
		1회	2회	3회	4회	5회
제어응답속도	sec	0.020	0.018	0.020	0.035	0.036

- 이 하 여 백 -



시험 결과 (Test Results)

성적서번호 : TE-23-02955



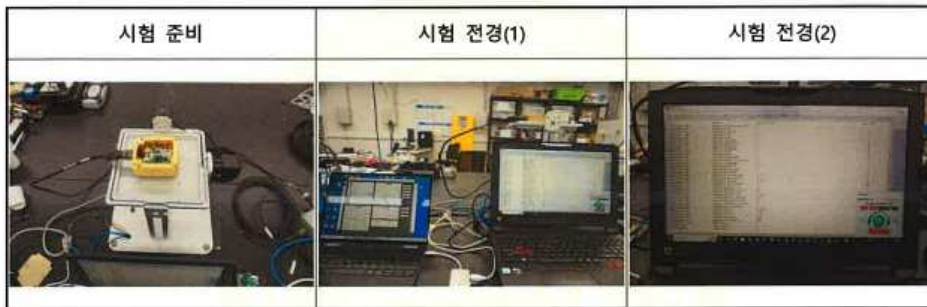
(4) 쪽 중 (4) 쪽

2.2 자세측정 오차율

(1) 시험방법

- X,Y,Z축을 정밀하게 회전하는 테스트 지그에 자세인식 모듈을 장착하여 회전량에 따른 센서 출력값을 측정하여 검증함
- 5 °의 입력값을 주고 X,Y,Z축 각각 5회 측정함

(2) 시험전경



(3) 시험결과

- X,Y,Z축 각각 회전 입력값은 5 °를 입력하여 얻은 결과임

시험항목	단위	구분	시험결과					최대 오차
			1회	2회	3회	4회	5회	
자세 측정오차율	°	X	4.85	4.81	4.98	4.81	4.83	0.19
		Y	4.98	4.96	4.97	4.96	4.99	0.04
		Z	5.38	5.51	5.34	5.43	5.48	0.51

끝.



라. 참여연구기관 : 위키옵틱스

○ 360도 회전식 레이저 송신기 개발

- 최대 600rpm 360도 회전 모듈 및 속도 제어기 개발

: 회전 모듈용 구동부의 메커니즘 설계

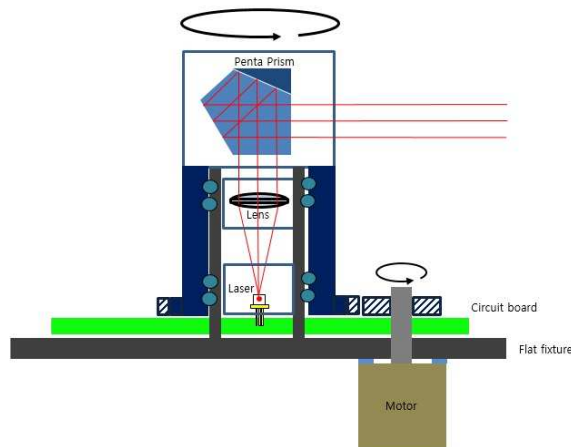
1) 구동부 기구 설계 목표치 설정

Design Parameter	Target	Unit	Note
Leveling accuracy	±20	"(arc sec)	±3mm/30m
Rotation speed	600	rpm	over 600rpm
Levelling range	15	%	→ ±8.5°, Mechanical limit : ±10° (17.6%)
Size	-	mm ³	160mm x 160 x 160 mm ³
Window glass	-	-	included

2) DC 모터를 적용한 회전 구동부 개념 설계

가) 기어를 활용한 회전 메커니즘 적용

나) 레이저 광원과 콜리메이터 렌즈로 구성된 모듈을 고정부로 설정하고 penta prism을 회전부로 설정

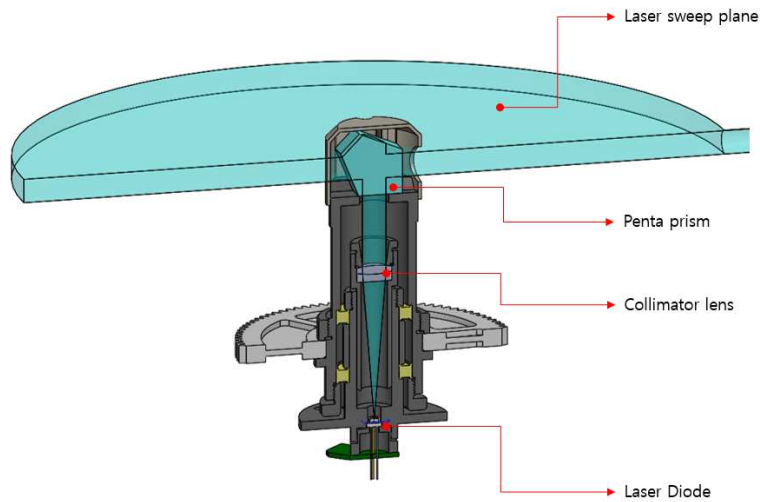


[회전 구동부 개념 설계]

3) 360도 회전 구동부 기구 설계

가) 고정부인 광학 모듈 및 회전부 penta prism의 구성

나) 회전부 기어비 5:1 설정



[360도 회전 구동부 기구 설계 3D 도면 및 구성품]

: 회전 구동부 모터 사양 결정

1) 회전 구동부 DC 모터 사양 검토 및 선정

가) 모터 구동 rpm : 3000

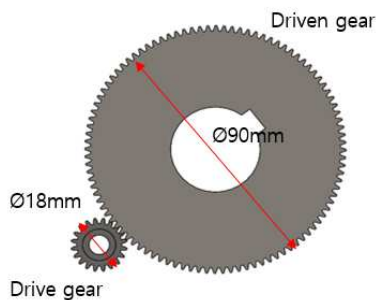
나) 예상 구동 전류 및 전압 : 0.8A / 9~14V(정격 12V)

다) 적정 기어비 선정

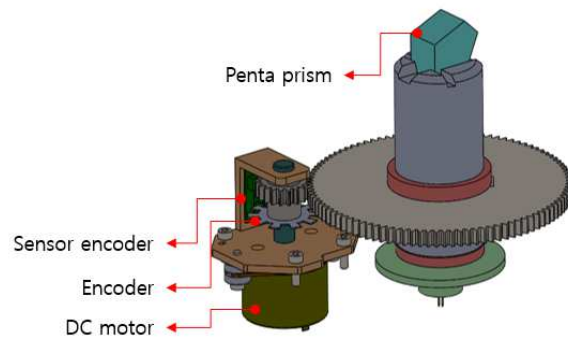
Gear	Module	Pitch diameter (mm)	Gear ratio	Rotation speed (rpm)	
				300	600
Drive gear	1	18	5:1	1500	3000
Driven gear		90		300	600

[회전 구동부의 기어비 선정]

Gear train structure



Mechanism structure

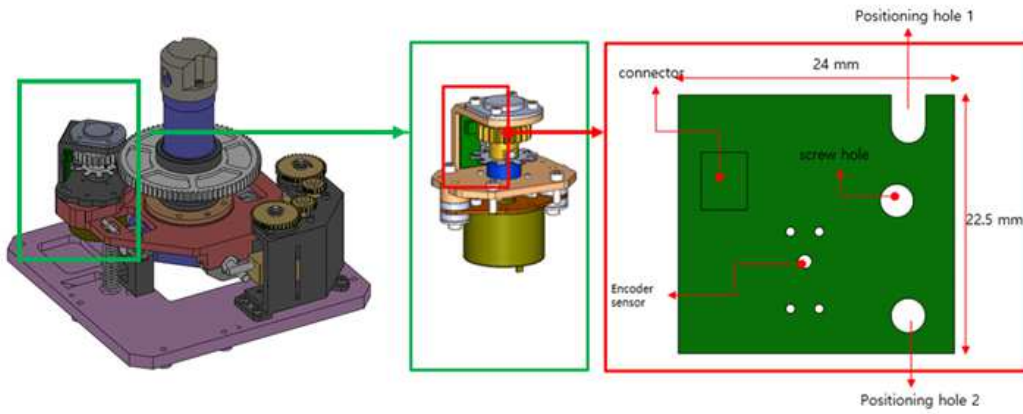


[회전부의 기어 설계 및 메커니즘 구성도]

: 회전 모듈용 속도 제어기 개발

1) DC 모터 feedback 제어용 엔코더의 설계

엔코더 센서를 엔코더 PCB에 실장함.



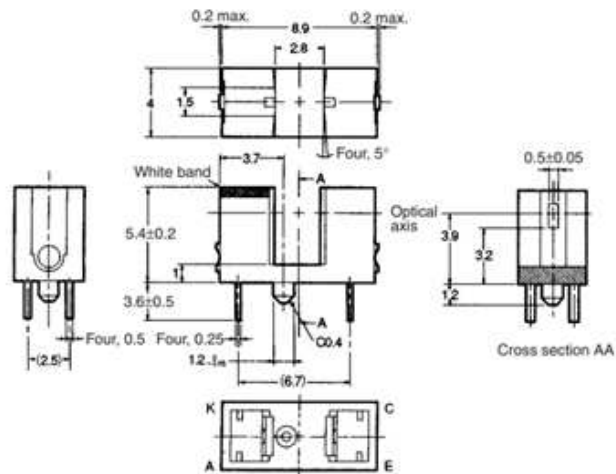
[엔코더 구성도 및 PCB 레이아웃]



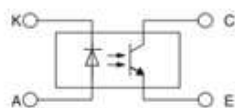
[엔코더 PCB의 제작]

■ Dimensions

Note: All units are in millimeters unless otherwise indicated.



Internal Circuit



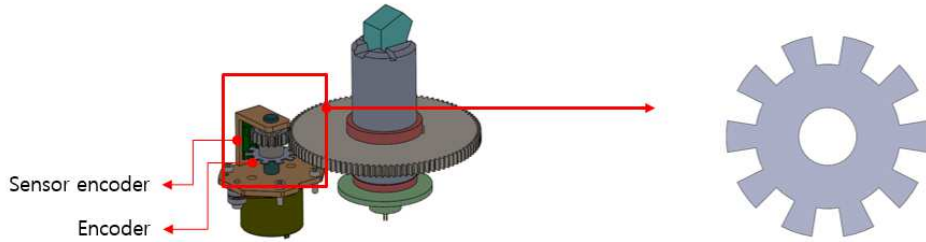
Unless otherwise specified, the tolerances are as shown below.

Terminal No.	Name
A	Anode
K	Cathode
C	Collector
E	Emitter

Dimensions	Tolerance
3 mm max.	±0.3
3 < mm ≤ 6	±0.375
6 < mm ≤ 10	±0.45
10 < mm ≤ 18	±0.55
18 < mm ≤ 30	±0.65

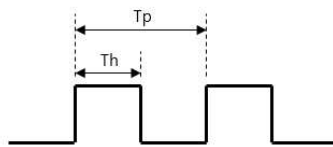
[엔코더 센서의 선정]

2) 회전 속도에 대한 엔코더 신호 검출 주파수 설계



Pulse generation design

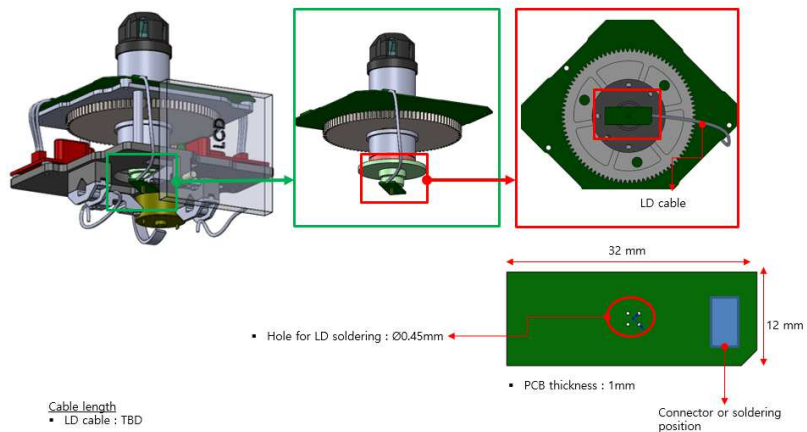
Target speed (rpm)	Motor speed (rpm)	Pulse frequency (Hz)	Tp	Th
300	1500	25	40	20
600	3000	50	20	10



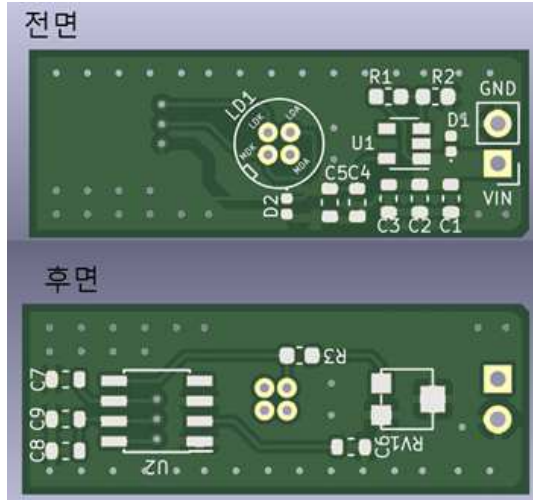
[엔코더의 신호 검출 주파수 설계]

- 1550nm 레이저용 LD 드라이버 개발

- : 일정한 광출력 유지를 위한 저전압, 고전류(정전류형) DC/DC 컨버터 설계 및 제작
- : 모듈레이션을 위한 인터페이스 및 제어 회로 설계
- : 레이저 드라이버 시제품 제작



[LD 드라이버 PCB 설계 및 배치도]



[LD 드라이버 PCB의 제작]

- Penta prism을 포함한 광학 모듈의 개발
 - : Eye-safety에 대응할 수 있는 1550nm 레이저 선정
 - 1) 레이저 사양 검토 및 선정
 - 가) 제조사 Thorlabs, 형번 FPL 1055T, 1550nm Laser diode

Specifications

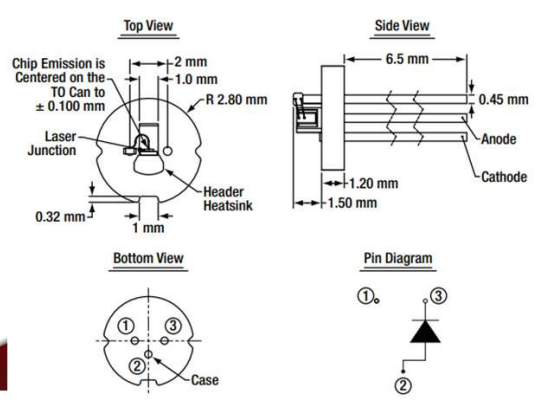
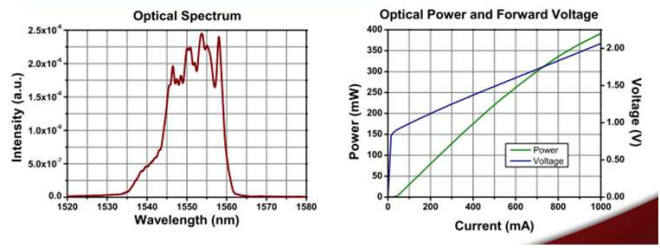
T_{CHP} = 25 °C

FPL1055T				
	Symbol	Min	Typical	Max
Center Wavelength	λ_c	1530 nm	1550 nm	1570 nm
Spectral Bandwidth (RMS)	$\Delta\lambda$	-	6 nm	10 nm
Output Power Pulsed @ I _{PULSE}	P _{PULSE}	275 mW	300 mW	-
Output Power CW @ I _{CW}	P _{CW}	140 mW	-	-
Operating Current Pulsed*	I _{PULSE}	-	750 mA	1000 mA
Operating Current CW	I _{CW}	-	400 mA	500 mA
Threshold Current	I _{TH}	-	40 mA	50 mA
Forward Voltage	V _F	-	2.0 V	3.0 V
Transverse Beam Divergence Angle (FWHM) [CW at 400 mA]	θ_T	-	28°	37°
Lateral Beam Divergence Angle (FWHM) [CW at 400 mA]	θ_L	-	15°	23°

*QCW (Current Pulse Width = 10 μ s; Duty Cycle = 1%); T_{CHP} = 25 °C

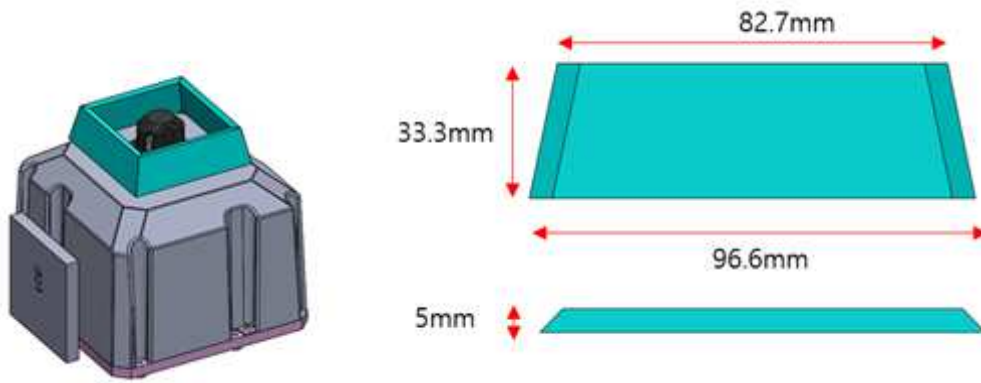


Performance Plots



[1550nm 레이저 다이오드의 사양]

나) Window glass의 설계 및 제작



[window glass의 설계]



[window glass의 제작]

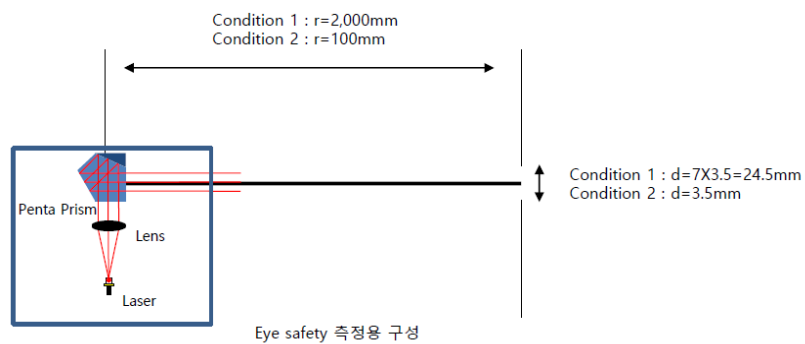
2) Eye-safety의 측정 및 평가

가) 파장 별 Laser eye-safety 검토(class 1)

나) 참고 문헌 : IEC60825-1:2007

Wavelength	1550nm	905nm	635/655nm
Class 1 Limit AEL	10mW	1mW	0.39mW
Note		$3.9 \times 10^{-4} C_4 C_7 W$ $C_4=2.57, C_7=1$	

[파장 별 Laser eye-safety AEL 에너지 도표]



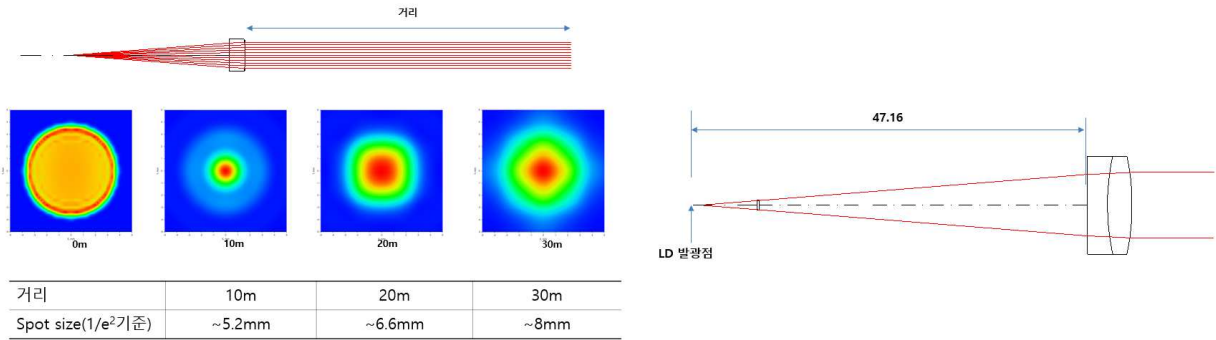
Eye safety 측정용 구성

[Eye-safety 측정용 구성도]

: 평행광 형성을 위한 콜리메이터 렌즈의 선정 및 제작

1) 광학 설계 검토 및 적용

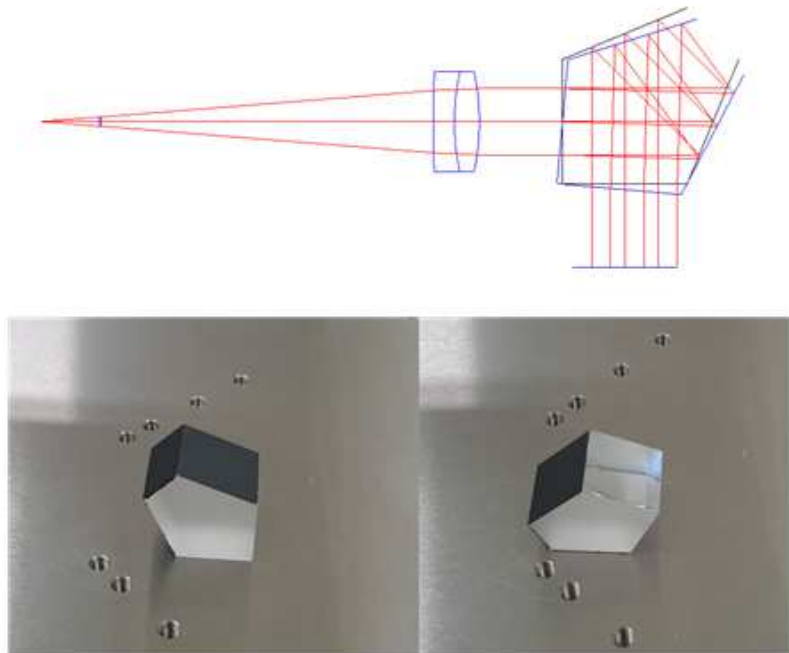
가) 콜리메이터 렌즈의 선정 및 거리에 따른 빔 사이즈 시뮬레이션 진행



[레이저 송신기 광학 설계 및 시뮬레이션]

나) Penta prism의 설계 및 제작

- (1) Penta prism의 특성 검토 및 penta prism 및 회전부의 제작 오차에 의한 보상 설계 검토
- (2) 입사면에서 레이저 빔의 입사 각도가 다르게 놓여도 출사 각도는 변하지 않음



[Penta prism의 광학 특성 검토 및 제작된 penta prism 샘플]

- +/-5° 이내에서 각도 보정(servo)이 가능한 self-leveling 기구 개발

: Motorized tip & tilt 기구 메커니즘 설계 및 제작

1) Tip & tilt 플랫폼 각도 해상도의 검토 및 스텝핑 모터의 선정

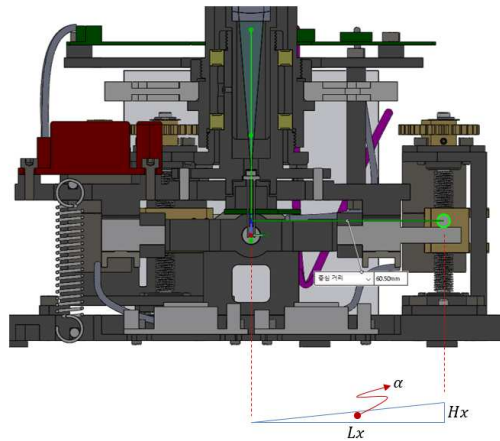
- 가) 2차년 목표 각도 해상도 : +/-20 arcsec 이하 (+/-0.0057°)
- 나) 스텝핑 모터 구동 기어비 : 1/12.5
- 다) 스텝핑 모터의 스텝 각도 : 18°(20 step/360°)
- 라) 스텝핑 모터의 리드 스크류 pitch : 0.5mm

2) Tip & tilt 플랫폼의 최종 각도 해상도 계산

가) 최소 각도 해상도는 과제 요구 사양의 1/6배 수준으로 설계됨.

$$\alpha_{min} = \arctan\left(\frac{1 \times 0.5mm}{20 \times 12.5 \times 2 \times 60.5}\right)$$

$$= 0.00098^\circ < 0.0057^\circ$$



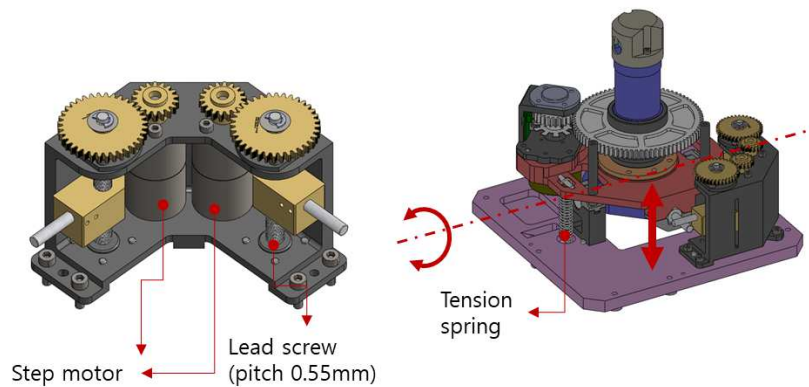
[Tip & tilt 플랫폼의 각도 해상도 계산]

3) Tip & tilt 구동 기어부 설계 및 제작

가) 기어비 2:1

나) 총 각도 조정 범위 : +/-10° 이상

다) 2-axis 액추에이터를 통한 각도 발생 매커니즘 적용



[Tip & tilt 구동 기어부의 설계 및 구성도]

다) 고정밀 경사 제어를 위한 센서의 선정

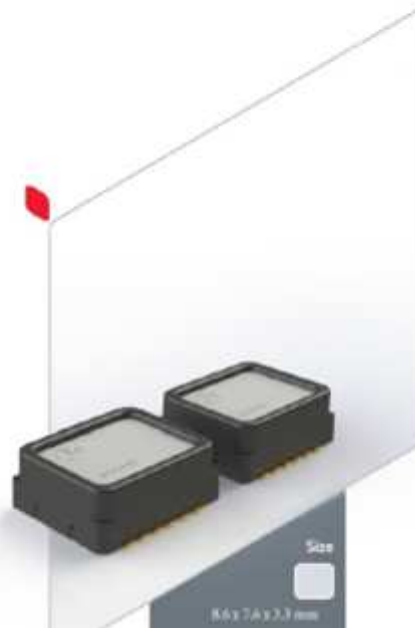
- 저 가격화 및 경박 단소 가능형의 무라타 社の SCL3300 센서를 적용함.

SCL3300
Data Sheet

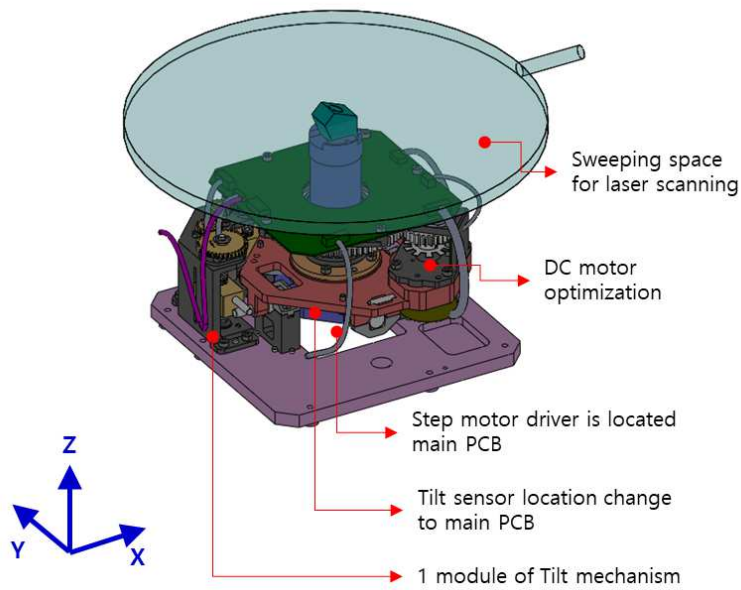
SCL3300-D01
3-axis inclinometer with angle output
and digital SPI interface

Features

- 3-axis (XYZ) inclinometer
- User selectable measurement modes:
3000 LSB/g with 70 Hz LPF
6000 LSB/g with 40 Hz LPF
12000 LSB/g with 10 Hz LPF
- Angle output resolution 0.0055°/LSB
- -40°C...+125°C operating range
- 3.0V...3.6V supply voltage
- SPI digital interface
- Ultra-low 0.001 $\frac{1}{\sqrt{Hz}}$ noise density
- Excellent offset stability
- Size 8.6 x 7.6 x 3.3 mm (l x w x h)
- Proven capacitive 3D-MEMS technology



[고정밀 경사 센서]



[최종 설계 도면 및 구성도]



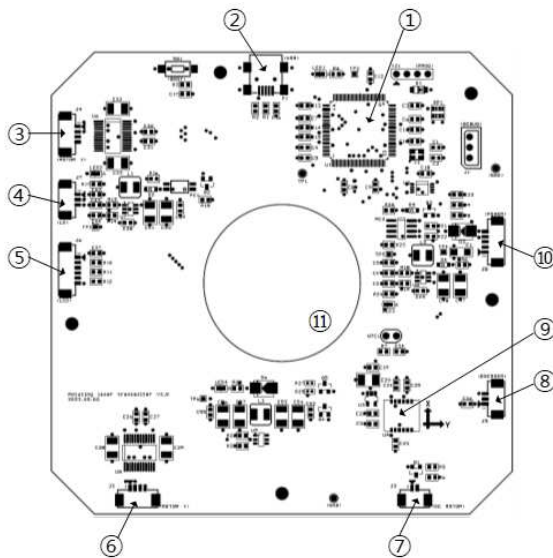
[회전식 송신 모듈의 제작품]

: DC 모터 드라이버 / 스텝핑 모터 드라이버 회로 설계
메인보드 일체형으로 설계하여 compact 화 달성

: Tilt Sensor 구동 회로 회로 설계
메인보드 일체형으로 설계하여 compact 화 달성

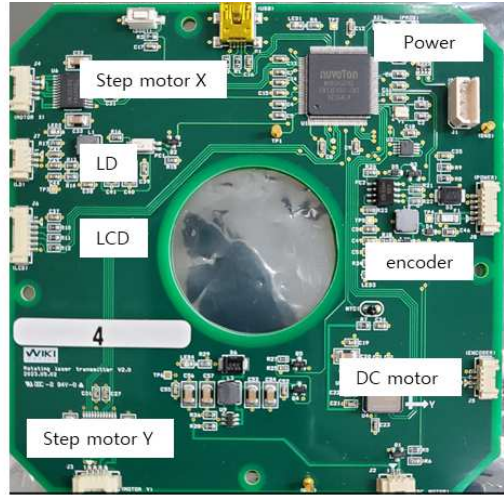
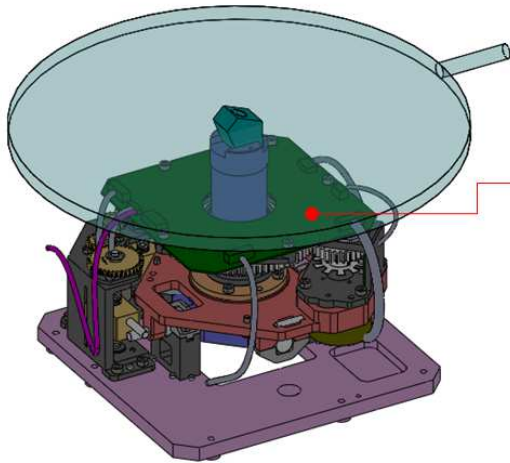
: Laser diode 및 모터 제어를 위한 제어 회로 설계

- 1) 메인 제어 PCB 설계 및 제작
- 2) 동작 검사 및 피드백을 위한 PC 인터페이스 회로 설계 적용
- 3) 배터리 사양에 따른 전원부 회로 설계



번호	명칭	주요 기능
①	U1	32비트 ARM CPU
②	P1	USB 통신 포트
③	J4	Step Motor X축 제어 연결
④	J7	LD 보드 연결
⑤	J6	LCD 패널 인터페이스
⑥	J3	Step Motor Y축 제어 연결
⑦	J2	DC Motor 연결
⑧	J5	Rotary Encoder 연결 커넥터
⑨	U4	Tilt Sensor
⑩	J8	전원 연결(Battery)

[메인 제어 PCB 설계 및 배치도]



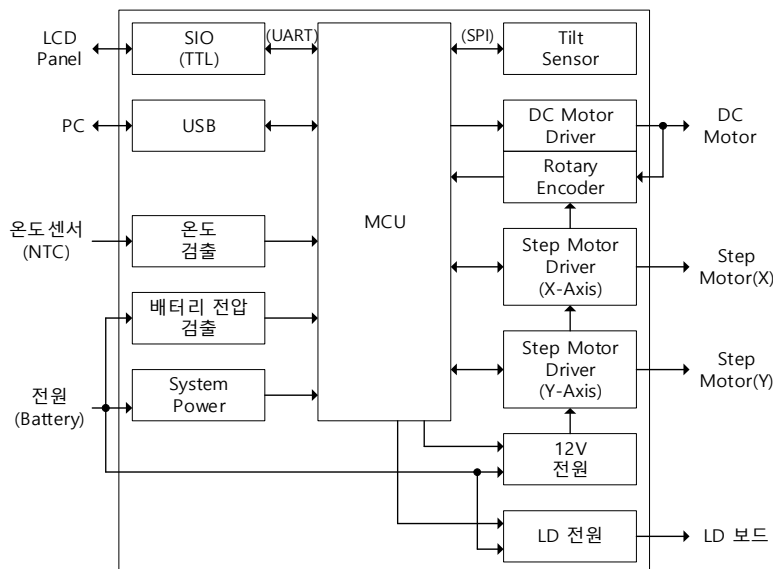
[메인 PCB의 설계 및 제작]

: 제어 회로의 설계 상세

- 주요 스펙

항목	범위	기타
제어 범위	- $\pm 7.5[^\circ]$	
제어 분해능	- $0.005[^\circ]$	
자세 제어	- Stepper Motor - 양방향 - 2축 제어 - Tilt sensor 값 기준으로 $0.002[^\circ/\text{step}]$	
광원 회전	- DC motor - 단방향 - 속도: 300 또는 600[rpm]	
사용 전원	DC, 6[V](min xx [V])	

- 기본 구성



[제어 회로 설계 기본 구성]

- 시스템 구성 및 기능

명칭	기능	기타
MCU	- 32 비트 ARM 프로세서 - 전체 보드를 제어 TTL 레벨 통신: LCD 패널 보드 DC 모터 제어: 300, 600[rpm] Step 모터 제어: X, Y축 경사 센서 인터페이스 온도 센서 모니터링 배터리 전압 모니터링 - USB: 프로그램 업데이트	
SIO	- TTL 레벨 UART 통신 포트 - LCD 패널 보드와 통신	
온도 검출	- 보드 주의의 온도를 모니터링	
배터리 전압 검출	- 사용하는 배터리 전압을 모니터링	
System Power	- 보드 내부용 전원 - 3.3[V]	
LD 전원	- LD(Lase Diode) 보드용 전원 - 3.3[V]	
12V 전원	- DC 모터, Step 모터용 전원 - 12[V]	
Step Motor Driver	- X, Y 축 경사 제어용 step 모터 구동회로	
DC Motor Driver	- LD 광신호를 반사하는 미러 회전 구동회로 - Rotary Encoder: DC 모터 회전수 검출	
Tilt Sensor	- 현재 경사도를 모니터링 - X, Y축 동시 모니터링: ± 30 또는 $\pm 90[^\circ]$ - SPI 통신	

[시스템 구성 및 기능]

- LCD 패널 인터페이스

패널 보드는 제어보드의 정보를 표시하거나, 설정값을 사용자로부터 입력 받아 제어보드로 전송. UART로 통신하며, 1개의 전용 핀으로 전원을 제어함. 신호 레벨은 3.3[V] 로직 레벨임.

핀 번호	명칭	방향	기능
1	V3P3	출력	패널 보드에 3.3[V] 전원을 공급
2	TXD	출력	UART TX로 패널 보드의 RX에 연결
3	RXD	입력	UART RX로 패널 보드의 TX에 연결
4	/RESET	출력	패널 보드의 RESET 입력에 연결. L=RESET, H=Normal
5	/PWR_SW_IN	입력	전원 스위치 입력
6	GND		공통 GND 선

[패널 인터페이스 핀 배치]

- UART 통신 포트 설정

구분	값	기타
통신 속도[bps]	115,200	

데이터 비트[bit]	8	
패리티	None	
정지비트[bit]	1	

[UART 통신 포트 설정]

- 통신 프로토콜

보드 운영에 필요한 설정 및 제어 명령 등을 통신을 통해서 제어함.

통신 포트	용도	기타(MCU 포트)
TTL(3.3V) Logic	상위 통신(LCD)	UART1

[명령어 사용 통신 포트]

- 통신 설정

항목	값	기타
비트 수[bit]	8	
패리티	None	
Stop bit[bit]	1	
통신속도[bps]	115,200	

[통신 설정]

- 소프트웨어 버전 읽기 명령 구성

항목	구성	기능	기타
명령	VN↓	- VN: 명령어	
응답	XXX↓	- XXX: 버전 번호, 3자리 10진수 예) 100↓ <- 1.00을 의미	

[소프트웨어 버전 읽기 명령 구성(↓:CR+LF)]

- 상태 정보 읽기 명령 구성

항목	구성	기능	기타
명령	ST↓	- ST: 명령어	
응답	XXXX↓	- XXXX: 상태 정보, 4자리 16진수 - 범위: 0x0000~0xFFFF	

[상태 정보 읽기 명령 구성(↓:CR+LF)]

- 상태 정보 비트 구성

비트 번호	명칭	기능	기타
0	DCM_RUN	DC 모터의 상태 0: 정지 1: 운전	
1	SMX_RUN	X축 스텝 모터의 운전상태 0: 정지 1: 운전	
2	SMY_RUN	Y축 스텝 모터의 운전상태 0: 정지 1: 운전	
3	ANGX_RUN	X축 각도 제어 상태 0: 정지 1: 제어 중	
4	ANGY_RUN	Y축 각도 제어 상태	

		0: 정지 1: 제어 중	
5	Not used		
6	Not used		
7	Not used		
8	P12V_STATUS	P12V 전원 상태 0: OFF 1: ON	
9	LD_PWR_STATUS	LD 전원 상태 0: OFF 1: ON	
10	Not used		
11	Not used		
12	Not used		
13	Not used		
14	Not used		
15	Not used		

[상태 정보 비트 구성]

- 배터리 전압 읽기

항목	구성	기능	기타
명령	BAT↓	- BAT: 명령어	
응답	XXXX↓	- XXXX: 배터리 전압, 4자리 10진수 예) 5980↓ <- 5.980을 의미	

[배터리 전압 읽기 명령 구성(↓:CR+LF)]

- 온도 읽기

항목	구성	기능	기타
명령	TEMP↓	- TEMP: 명령어	
응답	XXX↓	- XXX: 온도값, 3자리 10진수 예) 254↓ <- 25.4[°C]을 의미	

[온도 읽기 명령 구성(↓:CR+LF)]

- 전원 끄기

항목	구성	기능	기타
명령	POFF↓	- POFF: 명령어 - 장비 전원이 차단된다.	

[전원 끄기 명령 구성(↓:CR+LF)]

- 12[V] 전압 제어 (보드의 DC 모터, 스텝 모터를 구동하는 12[V] 전압을 켜거나 끄

항목	구성	기능	기타
명령	P12ON↓	- P12ON: 명령어 - 전원을 켜다.	
	P12OFF↓	- P12OFF: 명령어 - 전원을 끄다.	
응답	ACK↓	- ACK: 정상 응답	
	NAK↓	- NAK: 비 정상 응답	

[12[V] 전압 제어 명령 구성(↓:CR+LF)]

- LD 전원 제어 (출력되는 레이저에 전원을 켜거나 끄

항목	구성	기능	기타
명령	LDON↓	- LDON: 명령어 - 레이저 전원을 켜다.	
	LDOFF↓	- LDOFF: 명령어 - 레이저 전원을 끄다.	
응답	ACK↓	- ACK: 정상 응답	

	NAK ↓	- NAK: 비 정상 응답 [LD 전원 제어 명령 구성(↓:CR+LF)]	
--	-------	---	--

- DC 모터 제어 (DC 모터의 회전 속도를 제어. 12[V] 상태에서 동작)

항목	구성	기능	기타
명령	DM ↓	- DM: 명령어 - 현재 DM의 값을 읽는다. 예) 2 ↓ <- 현재 DM값이 2를 의미	
	DM=0 ↓	- DM=0: 명령어 - DC 모터를 정지시킨다.	
	DM=1 ↓	- DM=1: 명령어 - DC 모터를 300[rpm]으로 회전시킨다.	
	DM=2 ↓	- DM=2: 명령어 - DC 모터를 600[rpm]으로 회전시킨다.	
	DM=3 ↓	- DM=3: 명령어 - DC 모터를 660[rpm]으로 회전시킨다.	시험 용
응답	ACK ↓	- ACK: 정상 응답	
	NAK ↓	- NAK: 비 정상 응답	

[DC 모터 제어 명령 구성(↓:CR+LF)]

- DC 모터 속도 읽기 (DC 모터의 회전 속도, 엔코더의 주파수를 읽음)

항목	구성	기능	기타
명령	DMFR ↓	- DMFR: 명령어	
응답	XXX ↓	- XXX: 주파수 값, 3자리 10진수 예) 151 ↓ <- 151[Hz]을 의미	

[DC 모터 속도 읽기 명령 구성(↓:CR+LF)]

주파수[Hz]	0	150	300	330
광출력 회전속도[rpm]	0	300	600	660
DM	0	1	2	3

[DC 모터 속도 및 회전속도]

- 센서 각도값 읽기 (기울기 센서가 측정한 X, Y축의 경사 각도 값을 읽음)

항목	구성	기능	기타
명령	TLAGX ↓	- TLAGX: 명령어 - 현재 기울기 센서의 X축 경사값을 읽는다. 예) 120000 ↓ <- 현재 1.2[°]를 의미	
	TLAGY ↓	- TLAGY: 명령어 - 현재 기울기 센서의 Y축 경사값을 읽는다. 예) -30000 ↓ <- 현재 0.3[°]를 의미	

[센서 각도값 읽기 명령 구성(↓:CR+LF)]

- 각도 제어 (레이저 출력의 각도 제어. X, Y축을 개별로 제어. 12[V] 전원이 켜진 상태에서 제어) DC 모터도 정지 상태이어야 정확한 각도를 제어 가능.

항목	구성	기능	기타
명령	AX ↓	- AX: 명령어 - 현재 AX의 명령 값을 읽는다. 예) 100000 ↓ <- 현재 1.00000[°]를 의미	
	AX=XXXXXX ↓	- AX=: 명령어 - XXXXXX: 설정 각도 값, 부호 있는 1~6자리 10진수 - 범위: -750000 ~ 750000(-7.50000~7.50000[°]) 예) AX=-1000 ↓ <- 0.01[°] 명령을 의미	
	AY ↓	- AY: 명령어 - 현재 AY의 명령 값을 읽는다.	

	예) 250000 ↓ <- 현재 2.50000[°]를 의미	
AY=YYYYYY ↓	- AY=: 명령어 - YYYYYY: 설정 각도 값, 부호 있는 1~6자리 10진수 - 범위: -750000 ~ 750000(-7.50000~7.50000[°]) 예) AY=150600 ↓ <- 1.506[°] 명령을 의미 [각도 제어 명령 구성(↓:CR+LF)]	

$$\text{Asin}(0.0255) = 1.46120076$$

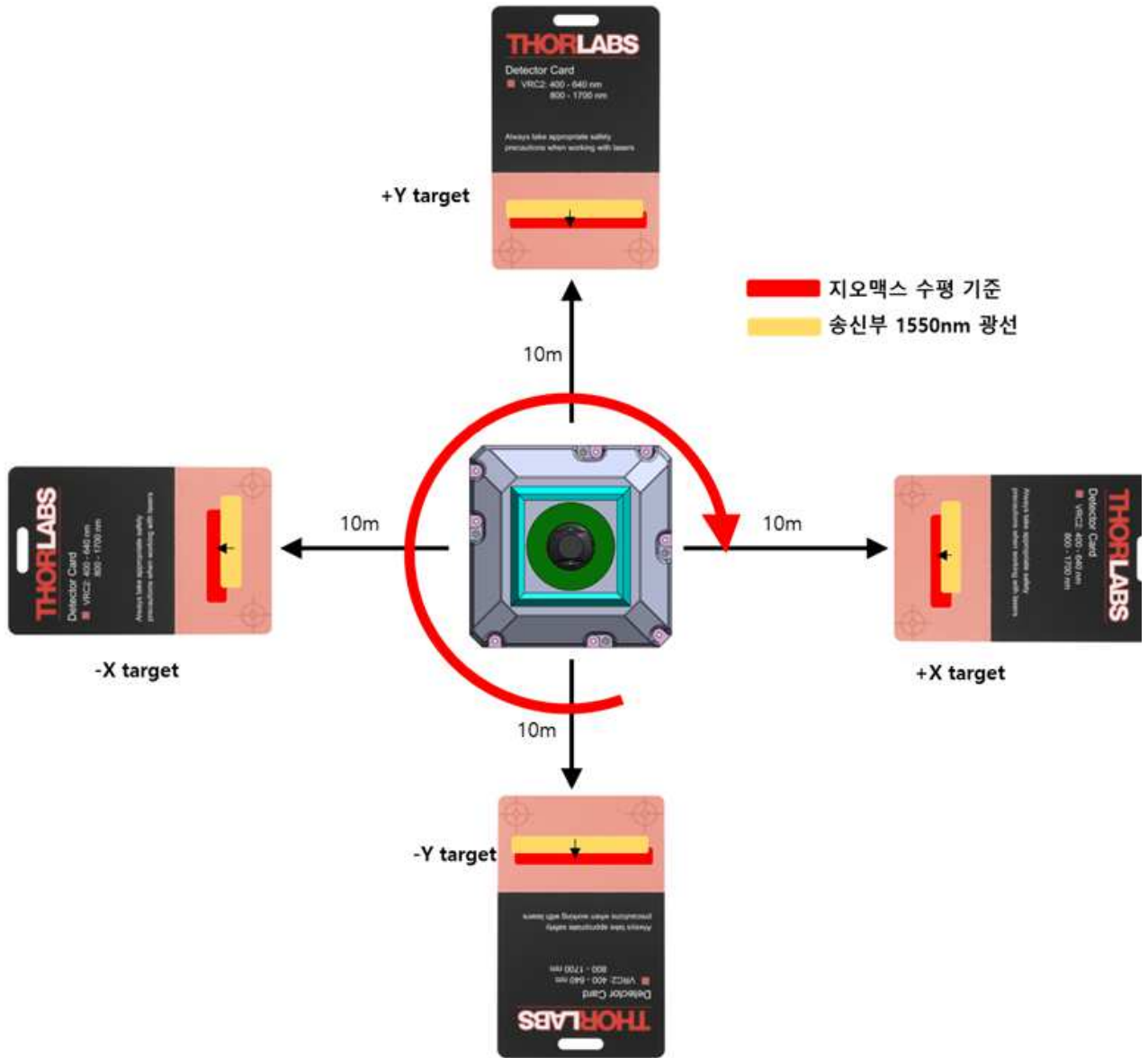
- 틸트 센서 펄스의 각도 계산

$$\text{Asin}(0.0256) = 1.46693221$$

$$1000[\text{PULSE}] = 0.87220[^{\circ}], 0.86688,$$

4) 송신부 수평 정렬 방법

- 제작된 송신부는 기구부의 제작 오차, 센서의 PCB 실장시 기울어짐 등으로 센서의 제로 기준값은 틀어지게 됨.
- 상기 사유로 인해 제작된 송신부 기기는 수평 기준 정렬 과정이 반드시 필요함.
- 1550nm 파장의 송신부 광은 눈에 보이지 않아 아래의 방법으로 수평기준 정렬함.
- 절대 제로 기준으로 정렬된 붉은색 레이저의 지오맥스사 송신부를 아래와 같이 4위상에 배치된 detection card상에 오도록 하여 표시를 함.
- THORLABS사의 VRC2 detection card는 1550nm 파장을 감지할 수 있음.
- 본 과제의 송신부(1550nm)를 지오맥스 송신부 위치에 배치함.
- 1550nm를 detection 가능한 THORLABS사의 VRC2 상에서 송신부로부터의 광의 위치를 확인함.
- 송신부의 틸트 조정부를 구동하여 지오맥스사의 수평선 표시부와 일치하도록 조정함.



[송신부 수평 기준 정렬 방법]

○ 360도 회전식 레이저 송신기 인증 시험 진행

verify No.130593867924



발급번호 : SNS-NE-23S571P

발급일자 : 2023.11.17



제 SNS-NE-23S571P 호				
시 험 인 증 서				
신	상 호	(주)위키유평틱스		
	대 표 자	임 부 빈	사업자등록번호	135-81-29383
청	주 소			
	전 화 번 호		팩 스 번 호	
인	명 칭	회전식 레이저 송신기		
	형 명	WRLT-01		
시험성적서 용도		성 능 시 험		
시 험 일 자		2023.11.13		
시 험 방 법		신청인 제시 조건		
시 험 환 경		고려하지 않음		
시 험 결 과		신청인 제시 조건에 부합함		
시험자		시험책임자		
				
이 민 우 시험원		이 상 민 기술책임자		
2023 년 11 월 17 일				
(주)에스앤에스전자파시험연구소 				

본 시험성적서는 ㈜에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-23S571P

발급일자 : 2023.11.17



목 차

1. 개요.....	3
2. 시험 기기.....	3
3. 시험 항목.....	4
4. 표준대기조건.....	5
5. 시험 결과.....	6

본 시험성적서는 ㈜에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

2 / 14

발급번호 : SNS-NE-23S571P

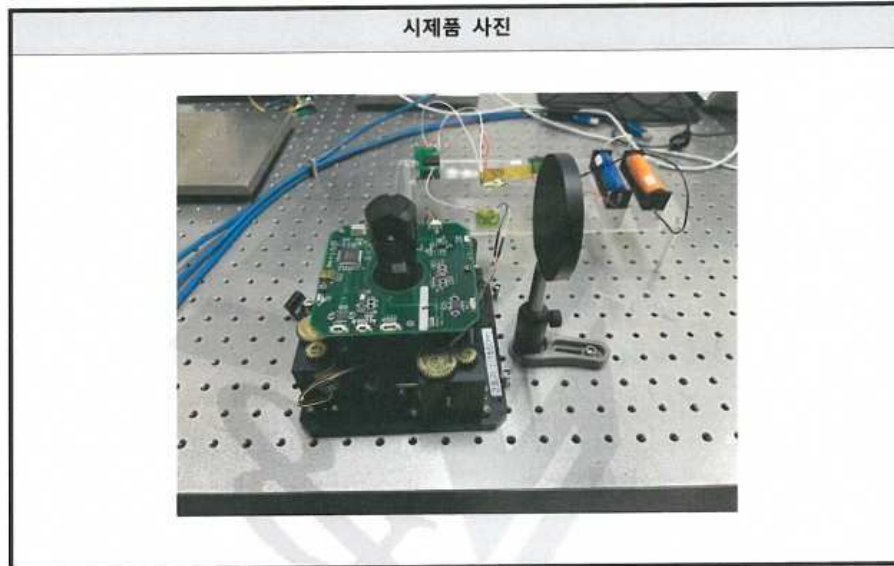
발급일자 : 2023.11.17

1. 개요

본 시험은 신청자가 제공한 "회전식 레이저 송신기"에 대하여 신청자가 요청한 시험을 실시한다.

2. 시험 기기

2.1 시험 기기 사진



본 시험성적서는 ㈜에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

3. 시험 항목

3.1 시험 기준

시험 항목	시험 목적
Eye safety	IEC 60825-1 의 방법에 따라 광량이 10 mW 이하인지 확인한다.
레이저 송신기 수평 정밀도	레이저 오토콜리메이터를 이용하여 수평정밀도를 측정하고 타사 제품(GEOMAX)과 비교하여 각도 편차가 $\pm 20''$ 이내인지 확인한다.
레이저 송신기 회전속도	시험 기기의 회전 속도를 측정하고 600 rpm 이상인지 확인한다.

본 시험성적서는 ㈜에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-23S571P

발급일자 : 2023.11.17



4. 표준대기조건

4.1 시험 및 측정을 위한 표준 대기 조건

- 1) 시험 환경 조건은 고려하지 않는다.

4.2 표준 후처리 조건

- 1) 후 처리 조건은 고려하지 않는다.



본 시험성적서는 (주)에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

5 / 14

5. 시험 결과

5.1 Eye safety

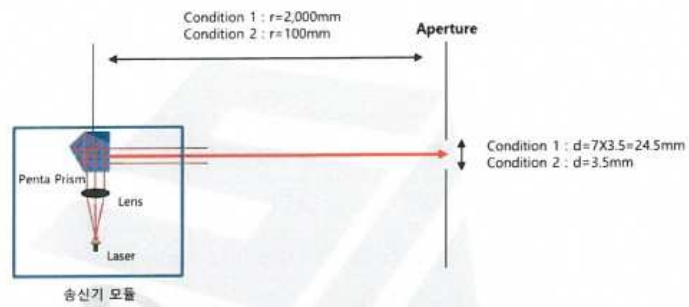
5.1.1 측정 설비

사용장비	모델명	제조사
Digital Handheld Optical Power Energy Meter	PM100D	Thorlabs, Inc.

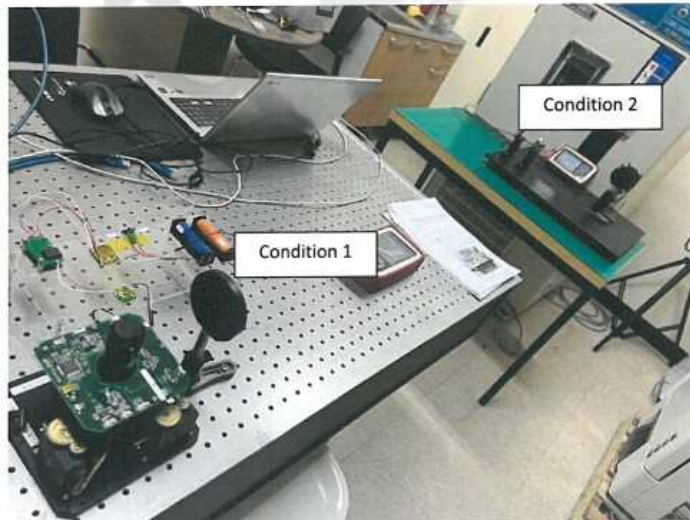
5.1.2 시험 장소 : 신청자 시험실

5.1.3 시험 방법

1) 시험 구성도



2) Condition 1의 거리 및 조건에서 시험을 한 후 Condition 2의 거리 및 조건에서 시험을 한다.



<시험 셋업>

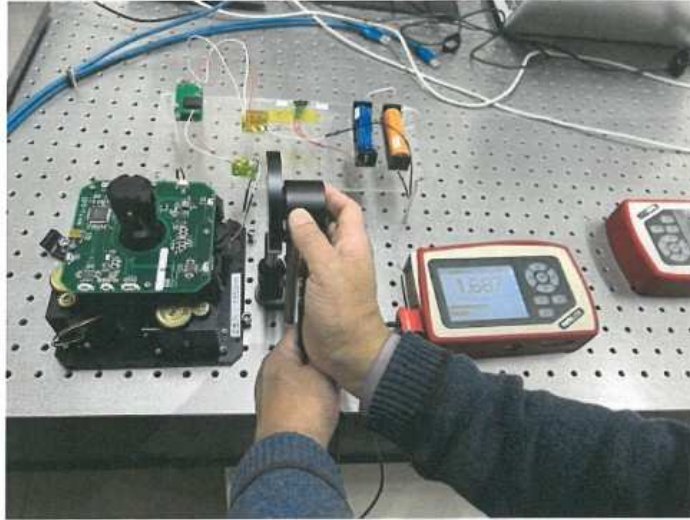
본 시험성적서는 (주)에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-23S571P

발급일자 : 2023.11.17

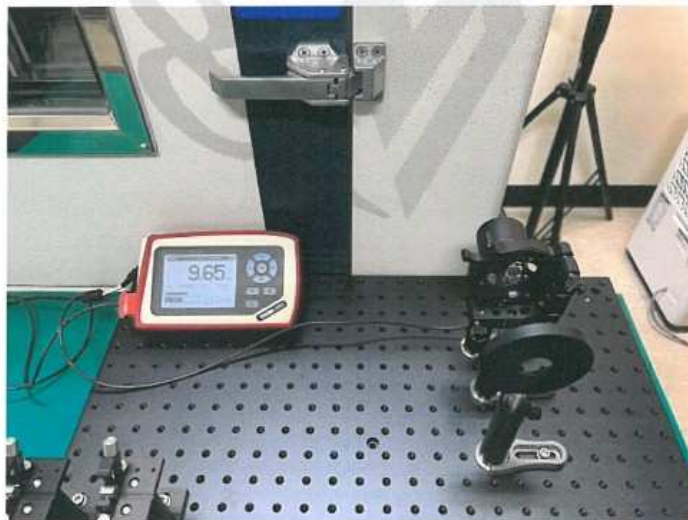
5.1.4 시험 결과

5.1.4.1 Condition 1



<시험 결과 : 1.687 mW>

5.1.4.2 Condition 2



<시험 결과 : 9.65 mW>

- 시험 결과 10 mW 이하임을 확인 하였음.

본 시험성적서는 ㈜에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

5.2 레이저 송신기 수평 정밀도

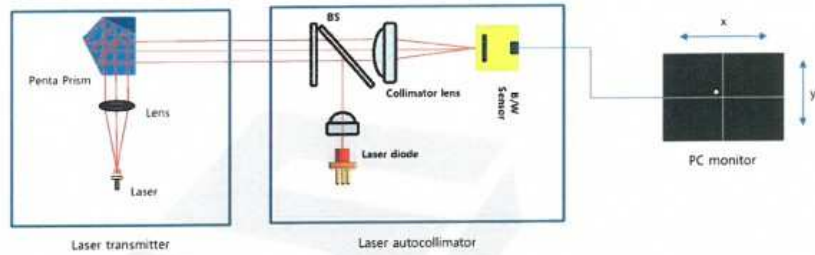
5.2.1 측정 설비

사용장비	모델명	제조사
Laser autocollimator	WikiAngle WAC-10	(주)위키윙텍스

5.2.2 시험 장소 : 신청자 시험실

5.2.3 시험 방법

1) 시험 구성도



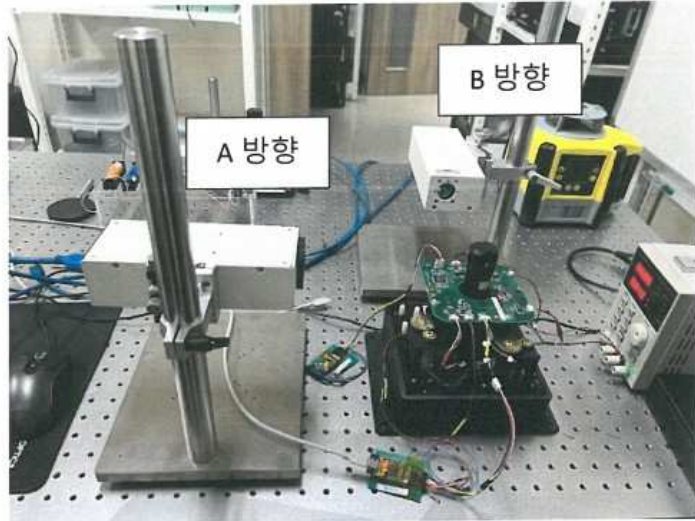
- 2) 가시광(655 nm) Laser diode 로 교체한다.
- 3) 회전 시 변화 각도를 레이저 오토콜리메이터를 이용하여 수평정밀도를 측정한다.
- 4) 각도 정밀도 평가 기준은 Geomax 사의 제품으로 비교한다.



<시험 셋업 : Geomax 사>

본 시험성적서는 ㈜에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-23S571P
발급일자 : 2023.11.17



<시험 셋업>

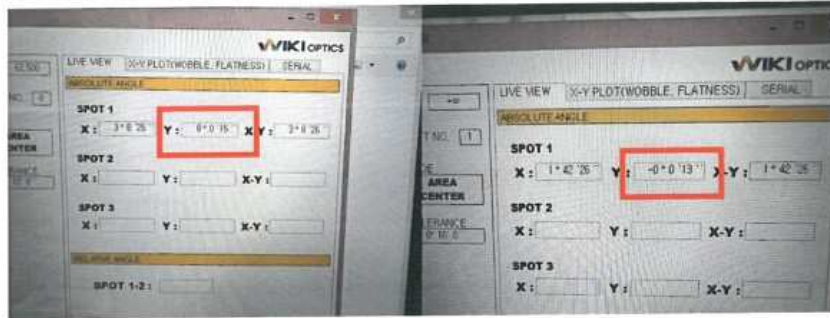
본 시험성적서는 ㈜에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-23S571P

발급일자 : 2023.11.17

5.2.4 시험 결과

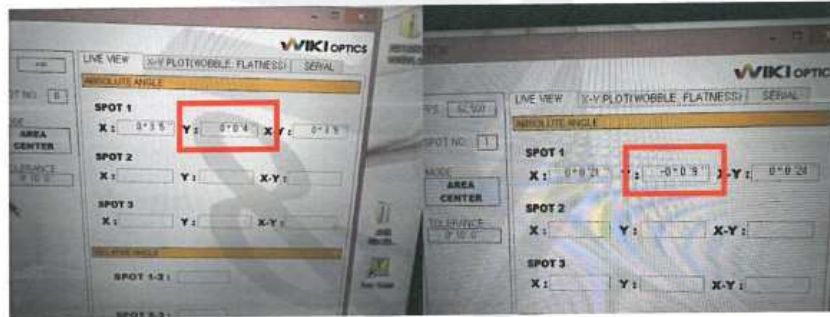
5.2.4.1 시험 기기 측정 결과



<A 방향 : 15 °>

<B 방향 : -13 °>

5.2.4.2 Geomax 사 측정 결과



<A 방향 : 4 °>

<B 방향 : -9 °>

- 시험 결과 시험 기기와 Geomax 사 기기의 차이는 $\pm 20''$ 범위에 만족함을 확인 하였음.

본 시험성적서는 ㈜에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

5.3 레이저 송신기 회전속도

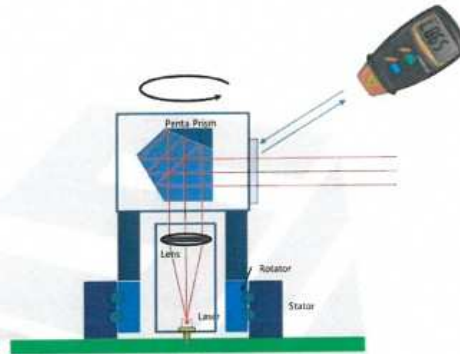
5.3.1 측정 설비

사용장비	모델명	제조사
RPM meter	testo 465	testo

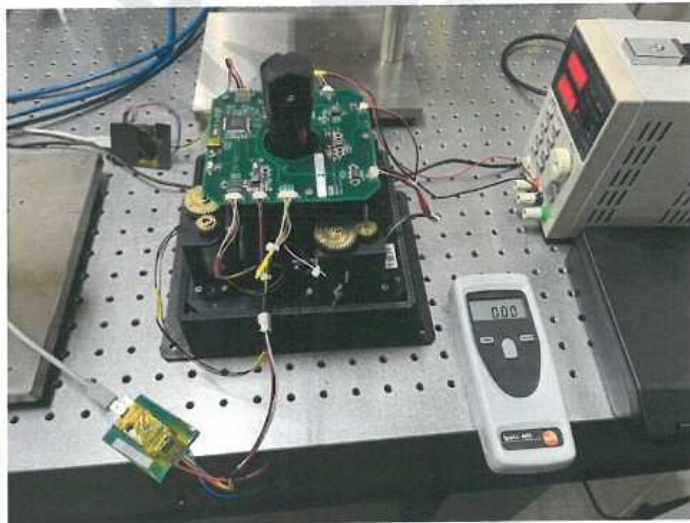
5.3.2 시험 장소 : 신청자 시험실

5.3.3 시험 방법

- 1) 시험 구성도



- 2) 시험 기기의 회전부의 속도를 측정한다.



<시험 셋업>

본 시험성적서는 ㈜에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-23S571P

발급일자 : 2023.11.17

5.3.4 시험 결과



- 시험 결과 628.1 rpm 을 측정 되었으며 600 rpm 이상임을 확인 하였음

본 시험성적서는 ㈜에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-23S571P

발급일자 : 2023.11.17

<첨부 1.> KOLAS 인정서



Korea Laboratory Accreditation Scheme

KOLAS 공인시험기관 인정서

(주)에스앤에스전자파시험연구소

인 정 번 호 : KT700
법 인 등 록 번 호 : 134511-0185121
(또는 고유번호)
사 업 장 소 재 지 :
최 초 인 정 일 자 : 2016년 5월 17일
인 정 유효 기 간 : 2020년 5월 17일 ~ 2024년 5월 16일
인정분야 및 범위 : 별첨
발 행 일 : 2020년 5월 14일

상기 기관을 국가표준기본법 제 23 조 및 KS Q ISO/IEC 17025:2017 에 의거하여 KOLAS 공인시험기관으로 인정합니다. 또한 ISO-ILAC-IAF 공동 성명에 언급된 바와 같이 인정된 분야 및 범위에 대한 기술적 능력과 시험 기관의 품질경영시스템이 적절함을 인정합니다.



한국인정기구장
(Korea Laboratory Accreditation Scheme)



한국인정기구(KOLAS)는 국제시험기관인정협력체(ILAC)의 상호인정협정(MRA) 서명기구입니다.

본 시험성적서는 (주)에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

13 / 14

발급번호 : SNS-NE-23S571P

발급일자 : 2023.11.17



끝.



본 시험성적서는 ㈜에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.



발급번호 : SNS-NE-24S804P

발급일자 : 2024.02.29



제 SNS-NE-24S804P 호				
시 험 인 증 서				
신	상 호	(주)위키옵틱스		
	대 표 자	임 부 빈	사업자등록번호	135-81-29383
청	주 소			
	전 화 번 호		팩 스 번 호	
인	명 칭	회전식 레이저 송신기		
	형 명	A19-009D-0000 ROTATING LASER TRANSMITTER		
시험성적서 용도		성 능 시 험		
시 험 일 자		2024.02.28		
시 험 방 법		신청인 제시 조건		
시 험 환 경		고려하지 않음		
시 험 결 과		신청인 제시 조건에 부합함		
시험자		시험책임자		
이 민 우 시험원		이 상 민 기술책임자		
2024 년 02 월 29 일				
(주)에스앤에스전자파시험연구소				

본 시험성적서는 (주)에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

목 차

1. 개요.....	3
2. 시험 기기.....	3
3. 시험 항목.....	4
4. 표준대기조건.....	5
5. 시험 결과.....	6

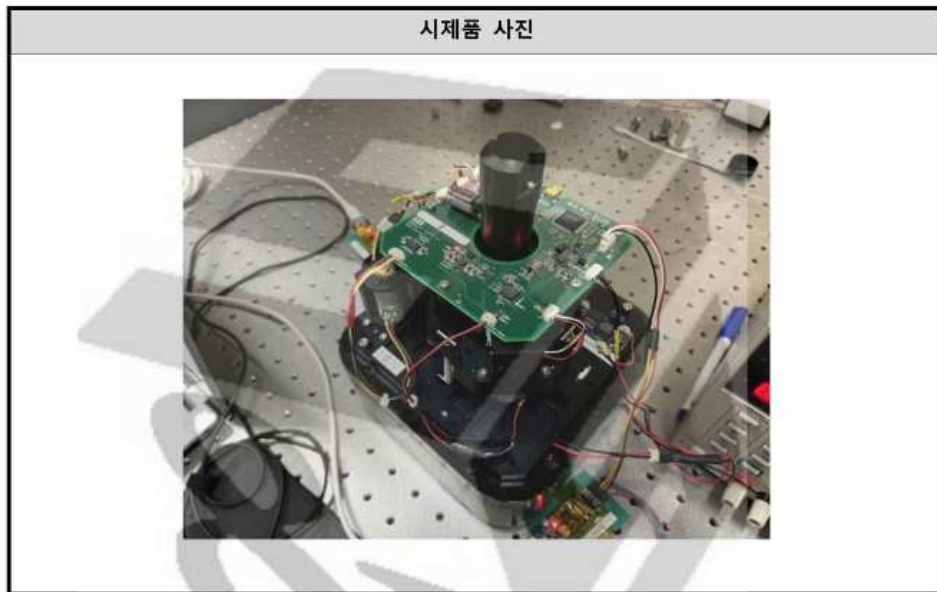
본 시험성적서는 (주)에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

1. 개요

본 시험은 신청자가 제공한 "회전식 레이저 송신기"에 대하여 신청자가 요청한 시험을 실시한다.

2. 시험 기기

2.1 시험 기기 사진



본 시험성적서는 (주)에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

3. 시험 항목

3.1 시험 기준

시험 항목	시험 목적
레이저 송신기 self-leveling 각도	Self-leveling 각도 산출을 위해 각도 발생에 대한 1 번, 2 번 laser beam 의 이동량을 측정하고 이를 통해 각도를 계산한다.



본 시험성적서는 (주)에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-24S804P

발급일자 : 2024.02.29

4. 표준대기조건

4.1 시험 및 측정을 위한 표준 대기 조건

- 1) 시험 환경 조건은 고려하지 않는다.

4.2 표준 후처리 조건

- 1) 후 처리 조건은 고려하지 않는다.



본 시험성적서는 (주)에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

5. 시험 결과

5.1 레이저 송신기 self-leveling 각도

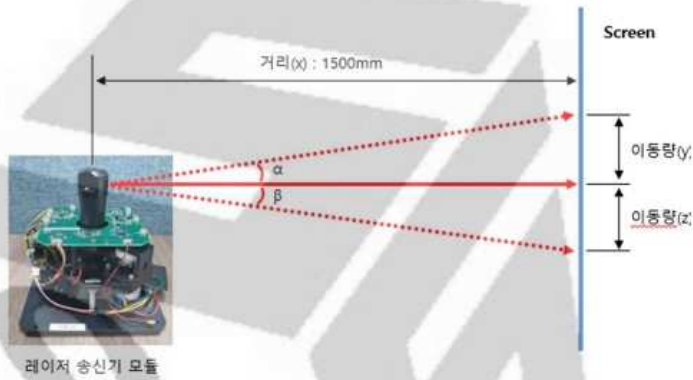
5.1.1 측정 설비

사용장비	모델명	제조사
-	-	-

5.1.2 시험 장소 : 신청자 시험실

5.1.3 시험 방법

- 1) 시험 구성도

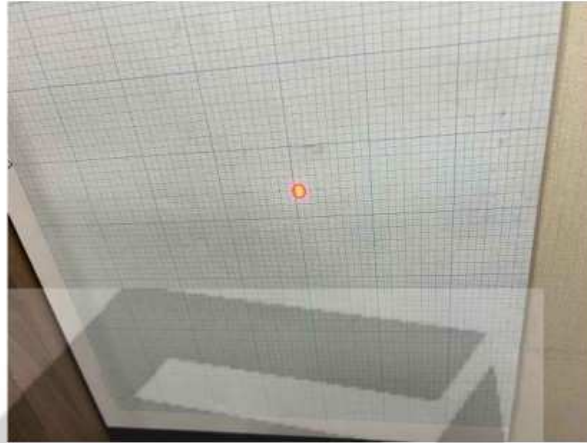


- 2) 시험기기와 Screen 의 거리를 1 500 mm 가 맞는지 확인한다.



본 시험성적서는 (주)에스엔에스 전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

- 3) Laser beam 이 빛이 닿는 부분에 모눈종이를 거치하고 영점에 표시를 한다.



- 4) 시험 기기의 laser beam 을 상(y), 하(z) 최대 이동 거리를 측정하여 아래의 수식에 대입하여 laser beam self-leveling 을 산출한다.

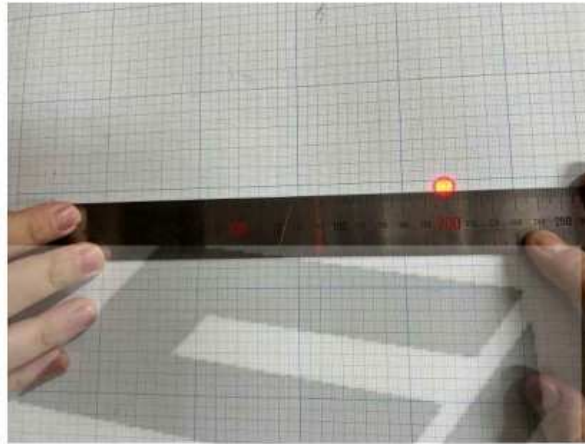
$$\tan \alpha = \frac{\text{이동량}(y)}{\text{거리}(x)}, \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{\text{이동량}(y)}{\text{거리}(x)}$$

$$\tan \beta = \frac{\text{이동량}(z)}{\text{거리}(x)}, \quad \beta = \tan^{-1} \frac{\text{이동량}(z)}{\text{거리}(x)}$$

본 시험성적서는 (주)에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

5.1.4 시험 결과

5.1.4.1 α 각도 측정



< $y_1 = 199 \text{ mm}$ >



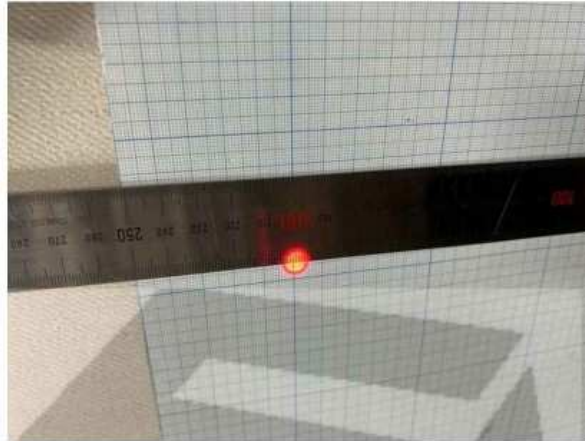
< $y_2 = 199 \text{ mm}$ >

$$\therefore \alpha_1 = \tan^{-1} \frac{199}{1500} \approx 7.557$$

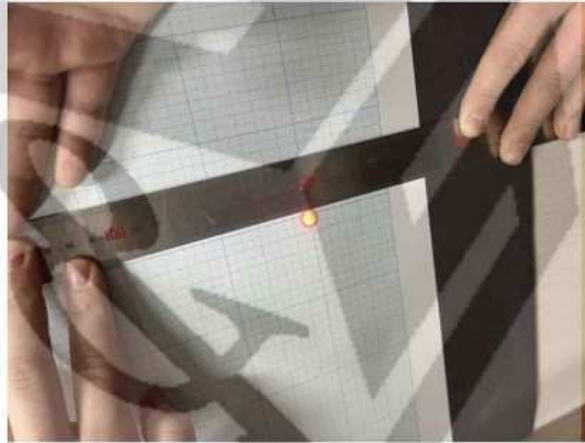
$$\therefore \alpha_2 = \tan^{-1} \frac{199}{1500} \approx 7.557$$

본 시험성적서는 (주)에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

5.1.4.2 β 각도 측정



< $z_1 = 198 \text{ mm}$ >



< $z_2 = 200 \text{ mm}$ >

- $\beta_1 = \tan^{-1} \frac{198}{1500} \approx 7.520$

- $\beta_2 = \tan^{-1} \frac{200}{1500} \approx 7.595$

5.1.4.3 최종 측정 결과

- 1 번 laser beam self-level 각도 : $7.557^\circ / -7.520^\circ$

- 2 번 laser beam self-level 각도 : $7.557^\circ / -7.595^\circ$

본 시험성적서는 (주)에스엔에스 전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-24S804P

발급일자 : 2024.02.29

<첨부 1.> KOLAS 인정서



Korea Laboratory Accreditation Scheme

KOLAS 공인시험기관 인정서

(주)에스앤에스전자파시험연구소

인 정 번 호 : KT700
 법 인 등 록 번 호 : 134511-0185121
 (또는 고유번호)
 사 업 장 소 재 지 :
 최 초 인 정 일 자 : 2016년 5월 17일
 인 정 유효 기 간 : 2020년 5월 17일 ~ 2024년 5월 16일
 인정분야 및 범위 : 별첨
 발 행 일 : 2020년 5월 14일

상기 기관을 국가표준기본법 제 23 조 및 KS Q ISO/IEC 17025:2017 에
 의거하여 KOLAS 공인시험기관으로 인정합니다. 또한 ISO-ILAC-IAF 공동
 성명에 언급된 바와 같이 인정된 분야 및 범위에 대한 기술적 능력과 시험
 기관의 품질경영시스템이 적절함을 인정합니다.



한국인정기구장
 (Korea Laboratory Accreditation Scheme)



한국인정기구(KOLAS)는 국제시험기관인정협력체(ILAC)의 상호인정협정(MRA) 서명기구입니다.

본 시험성적서는 (주)에스앤에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수
 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

발급번호 : SNS-NE-24S804P

발급일자 : 2024.02.29



끝.



본 시험성적서는 (주)에스엔에스전자파시험연구소의 서면 동의 없이 무단 전체 및 복사를 할 수 없습니다. 본 시험성적서의 결과는 시험을 실시한 품목에 한합니다.

11 / 11

마. 참여연구기관 : (주)씨너렉스

○ 위치정보 및 균평 제어기 높이정보 병합 모듈 H/W 및 펌웨어 개발

- 개발 진행시에 균평제어기의 높이 정보를 실시간으로 받아보기 위한 균평제어기 Emulator를 동시에 개발함.

: CAN 출력을 통해서 균평제어기에서 출력하는 id와 값을 그대로 출력하도록 함. 출력하는 값은 일정 패턴을 출력 하도록해서 높이정보 입력단의 확인시에 사용

- 입력 인터페이스

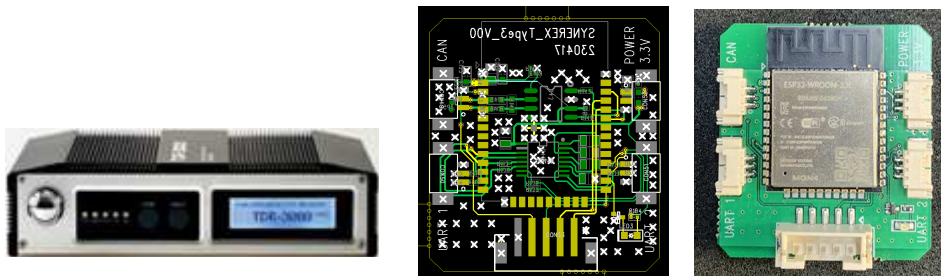
: CAN, RS-232(Serial)

- 출력 인터페이스

: RS-232(Serial), Bluetooth(SPP)

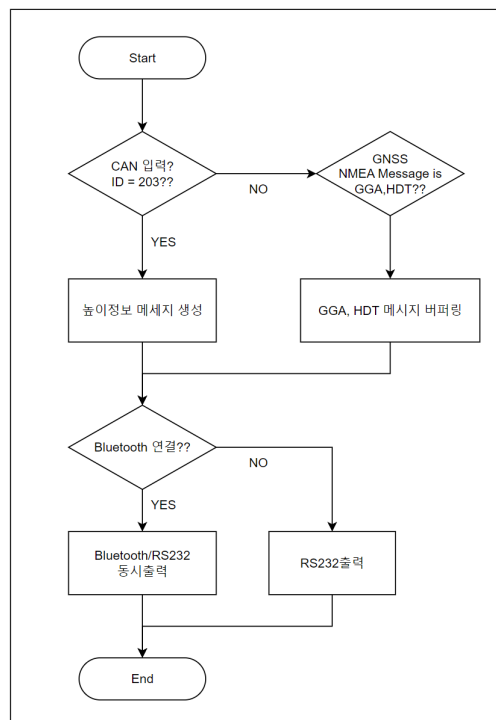
- 내부 동작 Flow

- 하드웨어 구성은 아래와 같고 기존 TDR3000에 데이터 병합 모듈 및 Bluetooth 전송 기능 추가 개발함.



[TDR3000 및 데이터병합 모듈]

- 병합 모듈 펌웨어 동작 알고리즘.



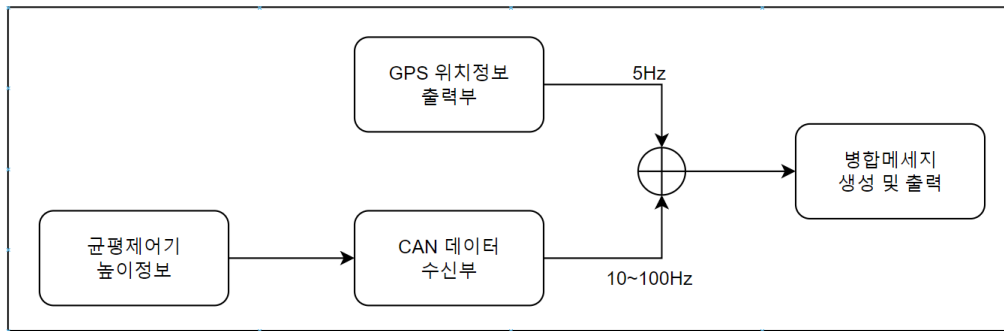
[병합모듈 동작 순서도]

○ Bluetooth 인터페이스 추가 개발

- 병합 모듈을 설계시에 Bluetooth 지원을 하기 위해서 Bluetooth 지원하는 MCU로 선정해서 H/W 설계 진행함.
- 병합 모듈에서 위치정보와 높이정보를 RS-232 시리얼출력하는 것과 동일하게 Bluetooth로 출력 하도록 추가 개발 진행.

○ 균평 소프트웨어와 연동 테스트

- 균평 소프트웨어와 연동테스트는 차량에 설치해서 동작 테스트를 진행함.
- 연동 테스트는 두가지 방식으로 진행함.
 - : 병합 모듈에서 GPS 데이터에서 높이정보를 추출해서 균평제어기 높이정보를 대신하여 병합데이터로 전달을 한 다음에 다음과 같이 전달함.
- 테스트시 문제점
 - : 위치데이터와 높이정보 병합시 위치정보 출력주기(5Hz)와 높이정보출력 주기(10~100Hz)가 상이해서 균평 소프트웨어에서 높이 정보 처리시에 동일 GNSS 위치 정보에 높이정보가 여러개인 상황이 발생함.
 - : 병합 데이터의 포맷에서 위치정보를 빼고 높이정보만을 이용해서 메시지 생성.



[높이정보 및 위치정보 출력주기]

○ 균평제어기의 높이 정보를 위치 정보를 병합해서 소프트웨어로 전달하는 프로토콜 변경

- 1차년도에는 위치정보와 높이 정보를 병합한 형태의 메시지 형태를 정의.
- 위치정보와 높이 정보를 병합했을 시의 문제점
 - : 위치정보는 최대 초당 5Hz로 출력이 되고 균평제어기의 높이정보는 초당 10~100Hz로 올라오는 상황임.
 - : 동일한 위치정보에 높이정보는 2~20까지의 정보가 생성이 되고 높이정보를 표시하는 소프트웨어 입장에서 처리시에 동일 위치에 높이정보가 2~20개이기 때문에 표시상에 문제가 발생함.
 - : 높이정보를 위치정보와 병합해서 메시지를 생성하지 않고 높이정보만 포함하는 메시지를 생성해서 전송함.
 - : 소프트웨어는 위치정보와 위치정보 사이에 높이 정보를 동 간격으로 구분해서 표시하도록 기능 변경함.
 - : 높이 정보에 메시지 포맷은 아래와 같음.
 - : ID 정보

Talker ID	Message	Description
SY	FLI	field level Information

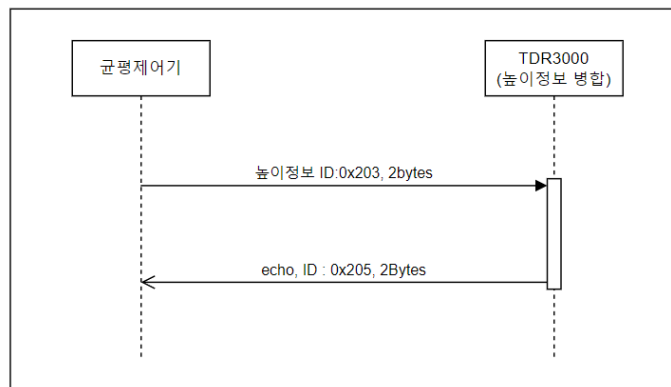
: Message Structure

\$SYFLI,level*cs<CR><LF>

: Message Structure는 NMEA 형태로 첫 번째 필드는 level(균평 높이 정보) 값을 나타내고 마지막값은 checksum값을 나타낸다.

○ 균평제어기와 높이정보 전달 인터페이스 연동 테스트

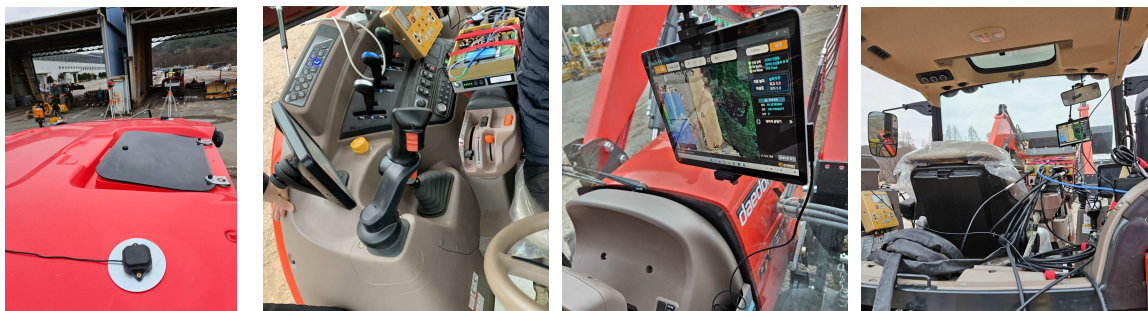
- 한국로봇융합연구원 방문해서 균평제어기와 CAN 인터페이스 연동 테스트 진행.
- 균평제어기에서 CAN 버스를 통해서 출력하는 높이정보를 TDR3000(높이정보 병합모듈)과 연동 확인.
- : 초기 균평제어기에서 높이정보는 1byte 단위로 출력하기로 정의했고, 이후에 2byte 단위로 출력하는 것으로 변경.
- : 2byte로 변경에 따른 높이정보
- : 또한 데이터의 정상적인 수신이 이루어졌는지 확인을 하기 위해서 ID : 0x205로 수신한 데이터를 전송하기로 추가로 정의함.



[균평제어기와 TDR3000과의 CAN 프로토콜]

○ 통합 연동테스트

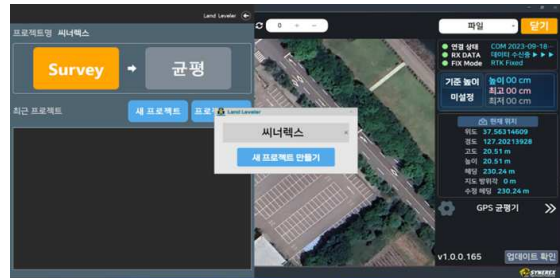
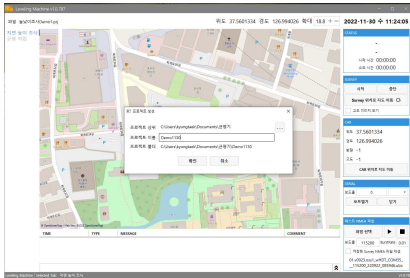
- 지금강 장성공장에서 트랙터에 전체 연동테스트 진행.
- GNSS 장치 및 소프트웨어 연동 사진.
- : GNSS 안테나, TDR3000, 균평소프트웨어 태블릿 장착 사진은 아래와 같음.



[GNSS 안테나, TDR3000, 균평소프트웨어 태블릿 장착]

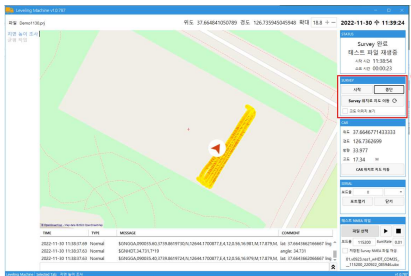
○ **균형 소프트웨어 레이아웃 변경 및 UI디자인**

- 터치방식의 태블릿에서 균형소프트웨어 동작 편의성을 위해서 레이아웃 변경.
- UI 신규 디자인 및 적용.
- GNSS 프로젝트 관리 UI



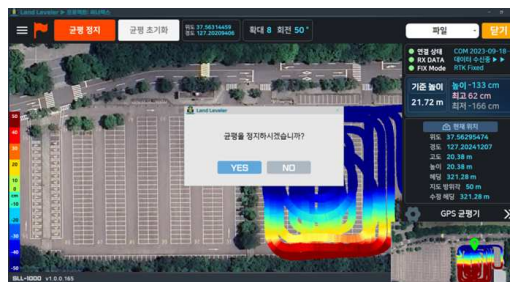
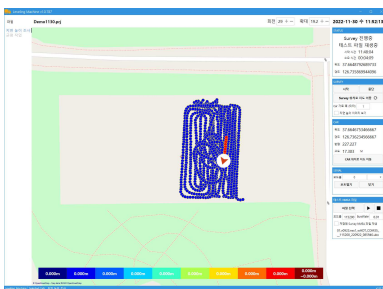
[프로젝트 UI]

- Survey기능 UI 신규 디자인



[Survey UI]

- 균형 기능 UI 신규 디자인



[균형 UI]

○ **균형 소프트웨어 기능**

- 프로젝트 단위로 Survey/균형 데이터 관리.
- 균형 날(스크래퍼) 크기 설정에 따라서 소프트웨어 상에 표시되는 크기조정.
- 균형 작업시에 Survey한 결과를 PIP(Picture In Picture)로 보여주는 기능 개발.
- Survey/균형 작업시에 맵을 전체화면모드로 전환 기능 개발.
- 온라인 소프트웨어 업그레이드 기능 개발.
- : 업데이트 서버를 이용해서 네트워크로 온라인 소프트웨어 업그레이드 기능 추가 개발

○ 균평 소프트웨어 사용 절차

- 설정

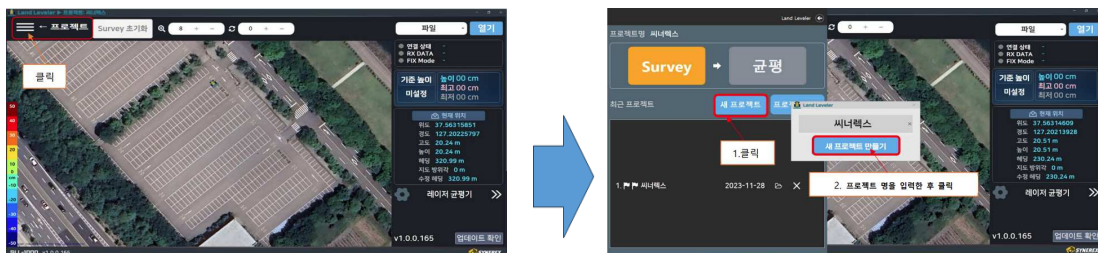
: 균평기의 스크래퍼(Scraper)이 가로 크기와 GNSS Antenna의 설치 위치에 대한 정보를 설정.



[균평 시스템 설정]

- 프로젝트 생성.

: 균평작업을 시작하기 전에 프로젝트를 생성.



[프로젝트 생성 방법]

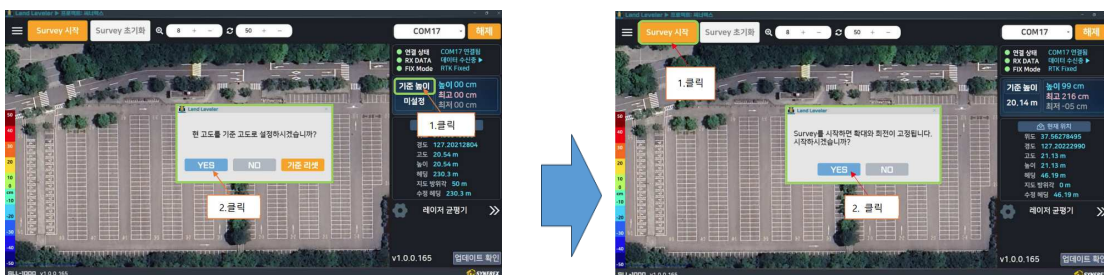
- 통신 포트연결 및 배울조정.

: 아래 그림과 같이 통신포트(COM)을 연결.



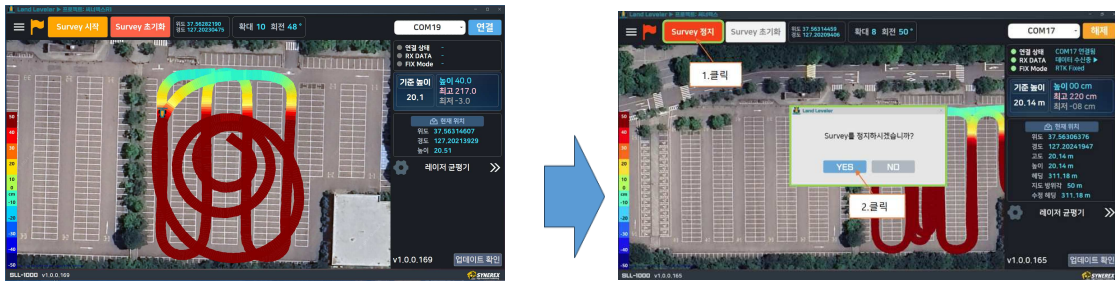
[통신포트(COM) 연결]

- Survey 시작.



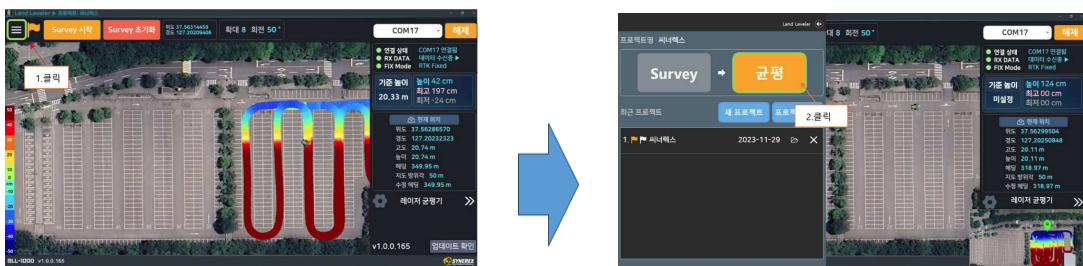
[Survey 시작]

- Survey 정지.



[Survey 정지]

- 균평 모드 전환



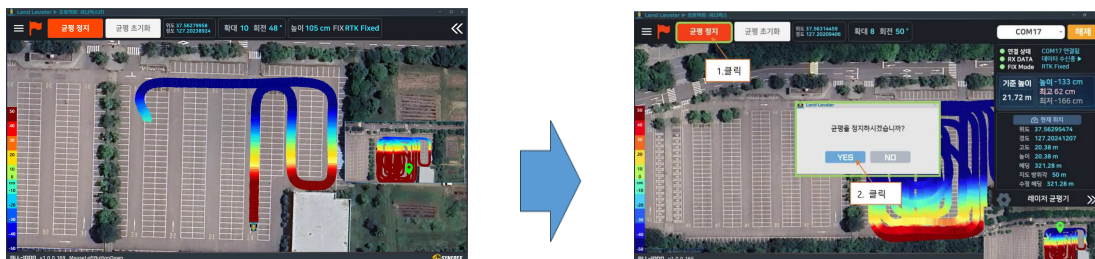
[균평모드전환]

- 기준 높이 설정 및 균평 시작




[기준높이설정 및 균평시작]

- 기준 높이 설정 및 균평 시작



[기준높이설정 및 균평시작]




테스트웍스

시험성적서

성적서 번호: TWR-202311-G-0011-R01



페이지 1 / 12




1. 의뢰자
 - ↓ 회사명 : (주) 씨너렉스
 - ↓ 주소:
2. 시험대상 제품명(버전): GIS/GPS 정보 연동 균평화 작업정보 처리시스템 (v1.1.0.163)
3. 시험기간: 2023.11.15 ~ 2023.12.05
4. 시험방법: 고객사 제공 시험 방법
5. 시험장소: 고정시험실 현장시험
 - 고정시험실 주소:
 - 현장시험 주소: 해당 사항 없음
6. 시험성적서 발급 구분: [성적서번호 TWR-202311-G-0011]의 수정발급
7. 시험결과: 의뢰자 제시기준 만족 (2 개 시험 항목 중 2 개 만족, 상세 결과 '을지' 참고)

이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.

※ 표시된 시험결과는 시험기관의 인정범위 밖의 것임을 밝힙니다.


확인	작성자 성명	최란주 	기술책임자 성명	김우주 
비고	위 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관계없습니다.			

2023 년 12 월 20 일

(주)테스트웍스 대표이사 

Copyright TESTWORKS.

※ 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조화코드 조회를 통해 원문 진위여부 확인이 가능합니다.



6-04-R02
갑지



시험 결과

TEST REPORT

1. 시험 개요

본 시험결과는 KOLAS 공인인증 시험기관인 ㈜ 테스트웍스에서 수행한 ㈜ 씨너렉스 의 연구결과를 GIS/GPS 정보 연동 균평화 작업정보 처리시스템 (v1.1.0.163) 에 대해 고객이 제시한 기준에 따라 시험한 시험결과입니다.

2. 시험 대상

2.1 시험 대상 개요

2.1.1 소프트웨어명

- 1) GIS/GPS 정보 연동 균평화 작업정보 처리시스템 (v1.1.0.163)

Hash code (SHA256):
fd7584bd8a46108ab714e02b126f7d79aeb4a45ba5c9efbe37378a5effabb29c

2.1.2 소프트웨어 설명

- 1) GIS/GPS 정보 연동 균평화 작업정보 처리시스템 (v1.1.0.163) 은 GIS/GPS 정보를 이용한 균평화 작업 현황 표출 시스템입니다.
- 2) 균평시스템은 경작지의 높이를 일정하게 만들어서 경운정지 작업 단축, 생육관리 향상, 관개용수량 감소 그리고 최종적으로는 수확량에 증가를 위한 시스템입니다.
- 3) 균평시스템은 트랙터와 연동하는 균평기, 균평 높이제어기, 레이저 수신기, 회전식 레이저발광기, 위치에 따른 높이 정보를 표출하는 균평화 작업정보 처리시스템과 균평 소프트웨어로 구성됩니다.

Copyright TESTWORKS.

※ 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조피코드 조회를 통해 본인 진위여부 확인이 가능합니다.



6-04-R02

을지



3. 시험 결과

(주) 씨너렉스 에서 제공한 시험절차에 시험대상 제품(실행 소프트웨어)에 대해 테스트를 수행하였습니다.

No.	시험 항목	시험 방법	결과
1	높이 정보 전달 인터페이스 확인*	<ul style="list-style-type: none"> • 균평제어기에서 전달되는 높이 정보를 균평작업정보 처리시스템을 거쳐서 균평소프트웨어에서 높이정보 손실없이 수신되는 지 확인 • 10 분 동안 저장한 데이터의 시작 높이값과 마지막 높이정보의 값을 일정패턴과 비교 	의뢰자 기준 만족
2	위치 정보 전달 인터페이스 확인*	<ul style="list-style-type: none"> • 균평작업정보 처리시스템(TDR-3000)에서 균평소프트웨어로 전달되는 위치정보를 손실없이 수신되는 지 확인 • 균평작업정보 처리시스템(TDR-3000)에서 출력하는 위치정보를 물리적으로 Split 하여 동일 데이터를 비교소프트웨어 (Ublox 社 U-Center) 수신했을 때와 비교해서 수신률 확인 • 10 분 동안 저장한 각각의 위치정보를 비교 	의뢰자 기준 만족

확인	작성자 성명	최란주	기술책임자 성명	김우주
비고				

Copyright TESTWORKS.

* 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 포워코드 조회를 통해 원본 진위여부 확인이 가능합니다.



6-04-R02

을지

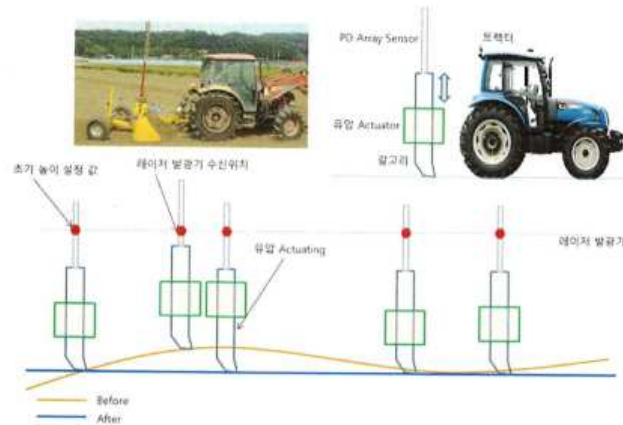
TESTWORKS

4. 시험 구성도

GIS/GPS 정보 연동 균평화 작업정보 처리시스템 (v1.1.0.163) 은 다음과 같은 구성도를 가집니다.



<레이저 균평기 구성>



<균평 제어 원리>

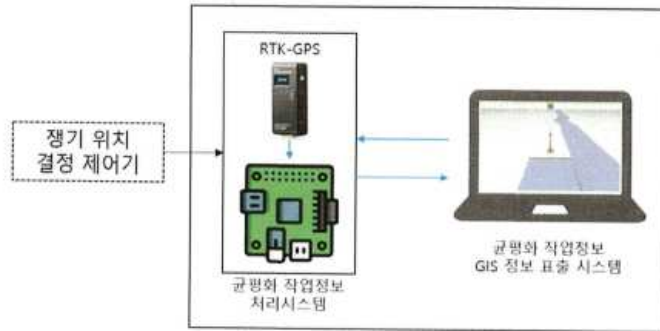
Copyright TESTWORKS.

※ 시험실적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조피코드 조회를 통해 원본 진위여부 확인이 가능합니다.

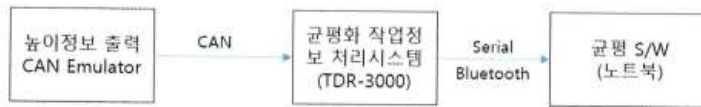


6-04-R02

윤지



<균평화작업정보 처리시스템 및 균평소프트웨어 예시>



< 높이정보 출력 CAN Emulator 를 이용한 인터페이스 >

4.1 하드웨어 및 소프트웨어 환경

- 1) TDR-3000 하드웨어 정보
 - GNSS Antenna : 2 ea
 - LTE Antenna : 1 ea
 - IO Port : Ethernet, RS-232 with CAN
 - Power: 12 V, 2 A
- 2) TDR-3000
 - OS : Embedded Linux
 - 통신 인터페이스 : RS-232, Bluetooth, CAN

Copyright TESTWORKS.

※ 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조위코드 조화를 통해 원본 진위여부 확인이 가능합니다.



6-04-R02

윤지



4.2 시험 일정

업무구분	시작	종료	소요일수	비고
제품분석	2023년 11월 15일	2023년 11월 24일	8	
시험수행 (고정)	2023년 11월 27일	2023년 12월 05일	7	
보고서 작성	2023년 12월 06일	2023년 12월 14일	7	

5. 시험 방법

5.1 높이 정보 전달 인터페이스 확인*

구분	세부 항목
시험기준	㈜ 씨너렉스 제공 시험 기준
시험대상	GIS/GPS 정보 연동 균평화 작업정보 처리시스템 (v1.1.0.163)
시험환경	시험 구성도 참고
시험도구	TDR-3000, CAN Emulator, 시험용 PC, 시험절차서
성능지표	수신율 95 % 이상
시험방법	1. 균평제어기에서 전달되는 높이 정보가 균평작업정보 처리시스템을 거쳐서 균평소프트웨어에서 높이 정보 손실없이 수신되는지 확인 2. 10 분 동안 저장한 데이터의 시작 높이값과 마지막 높이정보의 값을 일정패턴과 비교
시험결과	1. 10 분 동안 입력된 값의 개수 확인: 6,000 건 2. 10 분 동안 발생될 것으로 예상되는 값의 개수 확인: 6,000 건 3. 수신율 기준 만족 (95 % 이상 기준 만족) - 수신율 = (10 분 동안 입력된 값의 개수 / 10 분 동안 발생될 것으로 예상되는 값의 개수) * 100 - (6,000 / 6,000) * 100 = 100 %

5.2 위치 정보 전달 인터페이스 확인*

구분	세부 항목
시험기준	㈜ 씨너렉스 제공 시험 기준
시험대상	GIS/GPS 정보 연동 균평화 작업정보 처리시스템 (v1.1.0.163)

Copyright TESTWORKS.

* 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조피코드 조회를 통해 본인 잔기여부 확인이 가능합니다.



6 04-R02

을자

성적서 번호: TWR-202311-G-0011-R01

페이지 7 / 12

시험환경	시험 구성도 참고
시험도구	TDR-3000, CAN Emulator, 시험용 PC, 시험절차서
성능지표	수신율 95 % 이상
시험방법	<ol style="list-style-type: none"> 1. 균평작업정보 처리시스템(TDR-3000)에서 균평소프트웨어로 전달되는 위치 정보가 손실없이 수신되는지 확인 2. 균평작업정보 처리시스템(TDR-3000)에서 출력하는 위치 정보를 물리적으로 Split 하여 동일 데이터를 비교소프트웨어 (Ublox 社 U-Center) 수신했을 때와 비교해서 수신률 확인 3. 10 분 동안 저장한 각각의 위치정보를 비교
시험결과	<ol style="list-style-type: none"> 1. 균평소프트웨어와 비교 소프트웨어의 동일한 위치정보 개수 확인: 3,000 건 2. 비교 소프트웨어에서 저장한 위치정보 개수 확인: 3,000 건 3. 수신율 기준 만족 (95 % 이상 기준 만족) <ul style="list-style-type: none"> - 수신율 = (균평소프트웨어와 비교 소프트웨어의 동일한 위치정보 개수 / 비교 소프트웨어에서 저장한 위치정보 개수) * 100 - (3,000 / 3,000) × 100 = 100 %

-끝-

Copyright TESTWORKS.

※ 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조회코드 조회를 통해 원본 진위여부 확인이 가능합니다.



6 04-R02

문지

TESTWORKS

[별첨]

1. 높이 정보 전달 인터페이스 확인 시험 결과

가) 균평기 레이저를 통해 높이 정보 획득하여 손실 없이 높이 정보 실측치를 indexing (0~255)

나) 아래 결과는 10 Hz (초당 10 회)로 높이 정보를 획득한 것으로 로그 상 SYFLI (높이 정보) 이 순차적으로 발생한 것으로 확인됨

1	줄	3: \$SYFLI	230	1
2	줄	4: \$SYFLI	231	1
3	줄	7: \$SYFLI	232	1
4	줄	8: \$SYFLI	233	1
5	줄	11: \$SYFLI	234	1
6	줄	12: \$SYFLI	235	1
7	줄	15: \$SYFLI	236	1
8	줄	16: \$SYFLI	237	1
9	줄	19: \$SYFLI	238	1
10	줄	20: \$SYFLI	239	1
11	줄	23: \$SYFLI	240	1
12	줄	24: \$SYFLI	241	1
13	줄	27: \$SYFLI	242	1
14	줄	28: \$SYFLI	243	1
15	줄	31: \$SYFLI	244	1
16	줄	32: \$SYFLI	245	1
17	줄	35: \$SYFLI	246	1
18	줄	36: \$SYFLI	247	1
19	줄	39: \$SYFLI	248	1
20	줄	40: \$SYFLI	249	1
21	줄	43: \$SYFLI	250	1
22	줄	44: \$SYFLI	251	1
23	줄	47: \$SYFLI	252	1
24	줄	48: \$SYFLI	253	1
25	줄	51: \$SYFLI	254	1

...

5991	줄	11983: \$SYFLI	76	1
5992	줄	11986: \$SYFLI	77	1
5993	줄	11987: \$SYFLI	78	1
5994	줄	11990: \$SYFLI	79	1
5995	줄	11991: \$SYFLI	80	1
5996	줄	11994: \$SYFLI	81	1
5997	줄	11995: \$SYFLI	82	1
5998	줄	11998: \$SYFLI	83	1
5999	줄	11999: \$SYFLI	84	1
6000	줄	12002: \$SYFLI	85	-85
6001				
6002				

연속되지 않은 데이터 수: 0

Copyright TESTWORKS.

※ 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조회코드 조회를 통해 본인 진위여부 확인이 가능합니다.



6-04-R02

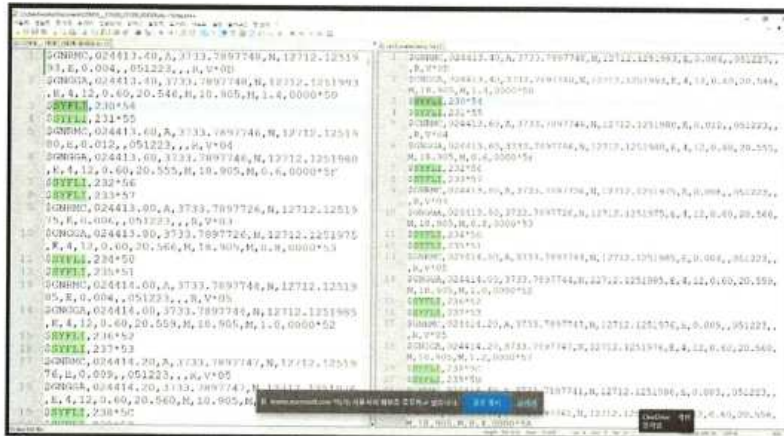
출처



다) 시험 증거 첨부



< TDR-3000 상, 높이 및 위도/경도 수신 화면 >



< 동일 시간 높이 정보 비교 >

Copyright TESTWORKS.

※ 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 코드번호 조회를 통해 원본 진위여부 확인이 가능합니다.



6-04-R02

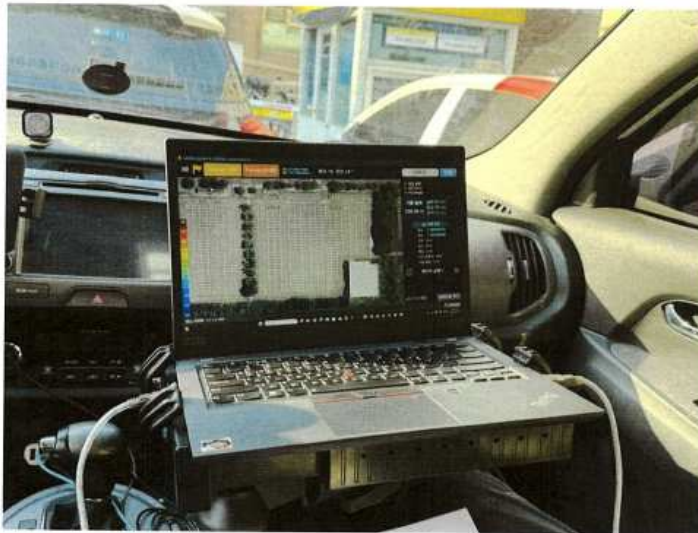
을지



TDR-3000
위치정보와 높이정보를 수신하여 시리얼로 출력하는 장치.
높이정보는 CAN으로 수신.
위치정보는 차량 외부에 설치되어 있는 안테나로부터 수신.



CAN Emulator
높이 정보를 0~255까지 순차적으로 증가시키면서 출력하는 장치.



< 시험 장비 >

Copyright TESTWORKS.

※ 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조회코드 조회를 통해 일본 진위여부 확인이 가능합니다.



6:04 R02

을지



2. 높이 정보 전달 인터페이스 확인 시험 결과

가) 균평작업정보 처리시스템(TDR-3000)에서 출력하는 위치정보를 Ublox 社 U-Center 와 비교

나) 아래 결과는 5 Hz (초당 5 회)로 획득한 TDR-1000 위치 정보가 U-Center 와 동일함을 확인

U-Center				TDR-1000				동일 여부 확인				
일	시	위도	경도	일	시	위도	경도	위도	경도			
3	광	2: 5'	24413.4	3733.79 N	12712.13 E	광	2: 5'	24413.4	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
4	광	6: 5'	24413.6	3733.79 N	12712.13 E	광	6: 5'	24413.6	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
5	광	10: 5'	24413.8	3733.79 N	12712.13 E	광	10: 5'	24413.8	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
6	광	14: 5'	24414	3733.79 N	12712.13 E	광	14: 5'	24414	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
7	광	18: 5'	24414.2	3733.79 N	12712.13 E	광	18: 5'	24414.2	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
8	광	22: 5'	24414.4	3733.79 N	12712.13 E	광	22: 5'	24414.4	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
9	광	26: 5'	24414.6	3733.79 N	12712.13 E	광	26: 5'	24414.6	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
10	광	30: 5'	24414.8	3733.79 N	12712.13 E	광	30: 5'	24414.8	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
11	광	34: 5'	24415	3733.79 N	12712.13 E	광	34: 5'	24415	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
12	광	38: 5'	24415.2	3733.79 N	12712.13 E	광	38: 5'	24415.2	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
13	광	42: 5'	24415.4	3733.79 N	12712.13 E	광	42: 5'	24415.4	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
14	광	46: 5'	24415.6	3733.79 N	12712.13 E	광	46: 5'	24415.6	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
15	광	50: 5'	24415.8	3733.79 N	12712.13 E	광	50: 5'	24415.8	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
16	광	54: 5'	24416	3733.79 N	12712.13 E	광	54: 5'	24416	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
17	광	58: 5'	24416.2	3733.79 N	12712.13 E	광	58: 5'	24416.2	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
18	광	62: 5'	24416.4	3733.79 N	12712.13 E	광	62: 5'	24416.4	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
19	광	66: 5'	24416.6	3733.79 N	12712.13 E	광	66: 5'	24416.6	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass
20	광	70: 5'	24416.8	3733.79 N	12712.13 E	광	70: 5'	24416.8	3733.79 N	12712.13 E	Pass	Pass

2091	광	11953:	25411	3733.746 N	12712.15 E	광	11953:	25411	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
2092	광	11957:	25411.2	3733.746 N	12712.15 E	광	11957:	25411.2	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
2093	광	11961:	25411.4	3733.746 N	12712.15 E	광	11961:	25411.4	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
2094	광	11965:	25411.6	3733.746 N	12712.15 E	광	11965:	25411.6	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
2095	광	11969:	25411.8	3733.746 N	12712.15 E	광	11969:	25411.8	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
2096	광	11974:	25412	3733.746 N	12712.15 E	광	11974:	25412	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
2097	광	11977:	25412.2	3733.746 N	12712.15 E	광	11977:	25412.2	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
2098	광	11981:	25412.4	3733.746 N	12712.15 E	광	11981:	25412.4	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
2099	광	11985:	25412.6	3733.746 N	12712.15 E	광	11985:	25412.6	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
3000	광	11989:	25412.8	3733.746 N	12712.15 E	광	11989:	25412.8	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
3001	광	11993:	25413	3733.746 N	12712.15 E	광	11993:	25413	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
3002	광	11997:	25413.2	3733.746 N	12712.15 E	광	11997:	25413.2	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
4003	광	12001:	25413.4	3733.746 N	12712.15 E	광	12001:	25413.4	3733.746 N	12712.15 E	Pass	Pass
1004												
3005												

위치 정보의 서로 다른 수: 0 0

Copyright TESTWORKS.

※ 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 프리코드 조회를 통해 알은 진위여부 확인이 가능합니다.



04-R02

을지

TESTWORKS

구분	항목	성적	비고
1	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
2	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
3	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
4	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
5	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
6	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
7	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
8	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
9	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
10	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
11	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
12	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
13	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
14	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
15	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
16	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
17	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
18	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
19	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	
20	GN000	024413.40,A,3733.7897748,N,12712.1251903,E	

< 동일 시간 TDR-3000 과 U-Center 간 위치 정보 비교 >

-끝-

Copyright TESTWORKS.

본 시험성적서의 진위 확인은 G4B 사이트에서 성적서의 G4B 조회코드 조회를 통해 원본 진위여부 확인이 가능합니다.



G-04-R02

을지

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

가. 주관연구기관 : 지금강(주)

- 선진사 제품 벤치마킹 및 균평 시스템 각 구성 요소 분석 완료
 - 해외제품 레이저 균평기 벤치마킹(SUGANO) 완료
 - MCE사의 Dual system 분석 완료
 - Electric Mast 벤치마킹 완료
 - 100마력급 트랙터 부착형 레이저 균평시스템 개발을 위하여 대동 100마력급 트랙터 사양 분석 완료
- 레이저 송신기 입출력 및 컨트롤러하우징 개발 완료
 - 송신기 패널 개발 및 통신 설계 및 제작 완료
 - 컨트롤러 하우징 설계 및 제작 완료
- 레이저 수신기 부착을 위한 전동마스트 개발 완료
 - 수신기 up/down 제어를 위한 전동마스트 개발 및 제작 완료
 - 수신기/유압제어/컨트롤러 연결 하네스 제작 완료
 - BLDC 모터 기반 마스트 컨트롤러 제작 완료
- 균평기 기구물 및 유압제어 로직 개발 완료
 - TYPE_A 균평기 설계 및 제작 완료
 - 트랙터 부착 Attachment 개발 완료
 - TYPE_B 균평기 설계 및 제작 완료
 - 균평기 수평제어 장치 및 유압제어 로직 개발 완료
 - 높낮이 및 좌우 균평제어가 가능한 스크래퍼 개발 완료
 - 유압제어 실험용 시험기 및 트랙터 링크 설계 및 제작 완료
 - 탈부착형 TYPE_B 전용 쟁기 개념 설계 및 개발 완료
 - 경심제어 기능을 활용한 TYPE_A 전용 컨트롤러 개발 완료
 - 스크류를 이용한 균평기 개발 및 제작 완료
- 레이저 균평기 개발 제품 국내 및 해외 특허 분석 진행 중
 - 특허 분석 의뢰 완료, 특허 분석 진행 중
 - 특허 2건 출원 및 등록 완료
- 레이저균평기 관련 홍보
 - 전시회 참가하여 레이저균평기 개발 계획 제품 홍보 완료
 - 일간지 및 중앙지 균평기 기사로 홍보 완료

나. 참여연구기관 : 한국광기술원

- 수직방향픽셀 40EA 성능 만족. 레이저 수신 시 해당하는 LED 점등 확인 완료
- 360도 수신가능한 레이저 수신기 제작 완료. LED 인디케이터 제작 완료

다. 참여연구기관 : 한국로봇융합연구원

- 균평모듈 통합 제어 시스템 개발 완료
 - GPS 및 IMU센서, 레이저 수신기와 CAN통신을 이용한 통합 제어 시스템 개발 완료
- 위치 및 자세 데이터를 이용한 균평모듈 정밀 자세 및 깊이 제어
 - 균평환경 데이터 측정을 위한 알고리즘 개발
 - 데이터를 기반으로한 균평 작업 알고리즘 개발
- 균평모듈 작업정보 확인 및 수동제어를 위한 컨트롤러 개발
 - 균평 시스템의 센서 진단 및 수동 제어를 통한 균평 시스템 제어

라. 참여연구기관 : 위키옵틱스

- 360도 회전식 레이저 송신기 설계 및 제작 완료
- 360도 회전식 레이저 송신기 시제품 제작 완료
- 회전 및 각도 보정 제어 회로 설계 및 보드 제작 완료
- Laser 드라이버 회로 설계 및 제작 완료
- Penta prism 설계 및 제작

마. 참여연구기관 : (주)씨너렉스

- 균평 작업시 RTK-GPS 데이터 취득.
- GPS/균평 높이 데이터 병합 회로 설계완료.
- GPS-RTK장치(TDR3000)에 높이정보 병합 H/W 및 펌웨어 개발.
 - CAN 입력 인터페이스 개발
 - CAN 버스를 통한 높이정보 병합기능 개발
 - Bluetooth를 통한 무선 데이터 전송 기능 개발.
- 균평 소프트웨어 기능
 - 프로젝트 단위로 Survey/균평 데이터 관리기능 개발.
 - Survey/균평시에 실시간으로 등고선 표시 개발 완료
 - GPS RTK 위치데이터 기반 맵연동 실시간 트랙터 위치 표시.
 - 균평 날(스크래퍼) 크기 설정에 따라서 소프트웨어 상에 표시되는 크기조정.
 - 균평 작업시에 Suvery한 결과를 PIP(Picture In Picture)로 보여주는 기능 개발.
 - Survey/균평 작업시에 맵을 전체화면모드로 전환 기능 개발.
 - 온라인 소프트웨어 업그레이드 기능 개발.

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

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명			연도	1년차 (2022~2022)	2년차 (2023~2023)	계	가중치 (%)
지식재산권	특허 출원	목표(단계별)	3	2	5	20	
		실적(누적)	4	6	6	20	
	특허 등록	목표(단계별)	-	3	3	5	
		실적(누적)	-	2	2	3.33	
	SMART	목표(단계별)	-	BB	BB	5	
		실적(누적)	-	BBB	BBB	5	
기술실시(이전)	건수	목표(단계별)	-	2	2	3	
		실적(누적)	-	2	2	3	
	기술료	목표(단계별)	-	20,000	20,000	2	
		실적(누적)	-	-	-	0	
사업화	제품화	목표(단계별)	-	1	1	10	
		실적(누적)	-	2	2	10	
	매출액	목표(단계별)	-	300,000	300,000	10	
		실적(누적)	-	135,000	135,000	4.5	
	고용창출	목표(단계별)	2	4	6	20	
		실적(누적)	2	7	7	20	
학술성과	SCI 논문	목표(단계별)	-	3	3	0	
		실적(누적)	-	-	-	0	
	비SCI 논문	목표(단계별)	1	0	1	0	
		실적(누적)	2	3	3	0	
	논문평균 IF	목표(단계별)	1.3	1.5	2.8	7	
		실적(누적)	-	-	-	-	
	학술발표	목표(단계별)	1	2	3	13	
		실적(누적)	3	-	3	13	
정책 활용·홍보	홍보 전시	목표(단계별)	1	1	2	5	
		실적(누적)	-	5	5	5	
계	목표(단계별)					100	
	실적(누적)					83.83	

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고 독일/Leica 미국/Geomax 주1)	연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		실적
			성능수준	성능수준	1년차 (2022~2022)	2년차 (2023~2023)	2년차 (2023~2023)
1 수평 정밀도	cm/30m	10%	±1	-	-	±1	±0.2
2 최대균평깊이	cm	10%	20	-	15	20	20
3 최소작업속도	km/h	5%	5	-	-	5	5
4 작업 성능	ha/h	10%	1.5 이상	-	-	1.5 이상	1.5 이상
5 측위 정보	개	5%	경사	-	수평	경사	PASS
6 Eye Safety	-	10%	-	-	Class1	Class1	Class 1
7 레이저 송신기 수평 정밀도	"(arc sec.)	5%	±20	-	±70	±20	±20
8 레이저 송신기 회전 속도	rpm	10%	600	-	300	600	628.1
9 레이저 수신기 응답속도	s	5%	0.05	-	-	0.05	0.04
10 수직방향픽셀	EA	5%	30	-	40	-	40
11 수신기 360도 수신	pass	5%	PASS	-	-	PASS	PASS
12 레이저 송신기 self-Levelling 각도	°(arc deg.)	5%	±5	-	-	±5	±5
13 제어응답속도	s	5%	0.2	-	0.5	0.2	0.2
14 자체측정 오차율	°	5%	1	-	3	1	0.51
15 GIS/GPS정보 균평화 작업 정보 데이터 인터페이스	-	5%	-	-	-	PASS	PASS

주1)

- 세계 최고 수준
- 레이저 송신기 : 독일 Leica 및 미국 Geomax
- 레이저 수신기 : 호주 MCE
- 균평기 작업기 : 네델란드 Mekos
- GPS/GIS : 미국 Trimble

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

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	고량인식 센서 모듈을 이용한 발고랑 자율조향 에 대한 연구	한국기계 가공학회 지	조용준	9	대한민국	한국기계가 공학회	비 SCIE	2022.09	1598-0721	25%
2	환경적응 형 로봇의 기계식 중력보상 기반 다리 구조	한국기계 가공학회 지	박희창	8	대한민국	한국기계가 공학회	비 SCIE	2022.08	1598-0721	25%
3	무선 통신 기반 사용자 추종 모듈의 인체 영향에 의한 신호 강도 변화에 따른 보정 기법에 관한 연구	한국기계 가공학회 지	최윤수	10	대한민국	한국기계가 공학회	비 SCIE	2023.10	1598-6721	25%

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2022 기계가공학회 춘계 학술대회	박관형	2022.04.29	여수 베네치아 호텔	대한민국
2	2022 기계가공학회 춘계 학술대회	강민수	2022.04.29	여수 베네치아 호텔	대한민국
3	2022 19th international Conference on Ubiquitous Robots(UR)	박희창	2022.07.05	제주 라마다 프라자	대한민국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[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	트랙터 제어형 균평장치	대한민국	지금강 주식회사	2022.12 .14	10-2022 -017464 1	10-2564 152	지금강 주식회사	2023.08 .02	10-2564 152	100%	√
2	자체 유압에 의해 균평이 제어되는 균평기	대한민국	지금강 주식회사	2022.12 .14	10-2022 -017464 2	10-2614 294	지금강 주식회사	2023.12 .12	10-2614 294	100%	√
3	인공지능을 이용한 잡초 제거 자율 주행 이동체 및 그 제어 방법	대한민국	한국광기 술원	2022.11 .22	10-2022 -015767 7	-	-	-	-	100%	√
4	개량형 균평장치	대한민국	한국광기 술원	2022.12 .15	10-2022 -017545 0	-	-	-	-	100%	√
5	개량형 균평장치	대한민국	한국광기 술원	2023.09 .15	PCT/KR 2023/01 3907	-	-	-	-	100%	√
6	염가형 펜타프리즘 및 이를 가지는 레이저 균평기의 레이저 송신장치	대한민국	위키옵틱 스(주)	2023.10 .06	10-2023 -013380 5	-	-	-	-	100%	√

○ 지식재산권 활용 유형

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

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

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

□ 표준화

○ 국내 표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제 표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	트랙터 제어형 균평장치	23.08.02	지금강(주)	지금강(주)	노지분야	2년		
2	자체 유압에 의해 균평이 제어되는 균평기	23.12.12	지금강(주)	지금강(주)	노지분야	2년		

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	직접실시	트랙터 제어형 균평장치	지금강(주)	2023.12.06	-	
2	직접실시	자체 유압에 의해 균평이 제어되는 균평기	지금강(주)	2023.12.06	-	

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	직접실시	상품화	국내	트랙터 제어형 균평장치	트랙터 제어형 균평장치 시제품 제작	지금강(주)				
2	직접실시	상품화	국내	자체 유압에 의해 균평이 제어되는 균평기	자체 유압에 의해 균평이 제어되는 균평기 시제품 제작	지금강(주)				

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계(천원)	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
트랙터 제어형 균평장치, 자체 유압에 의해 균평이 제어되는 균평기	2023	135,000	0	135,000	2023년 레이저 균평기 매출액 * 기여율
합계		135,000		135,000	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		레이저 균평시스템 국산화				
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1				
	소요예산(천원)	230,000				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후		
		135,000	300,000	300,000		
	시장 점유율	단위(%)		현재까지	3년 후	5년 후
		국내		90	95	98
국외		1	3	5		
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		트랙터 부착형 균평기 및 경심제어장치 자체 유압식 균평기 국산화 자동 균평 시스템				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후		
		135,000	300,000	300,000		
	수출	0	300,000	300,000		

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2022년	2023년	
1	360도 회전식 레이저 균평기	지금강(주)	2	3	5
2	360도 회전식 레이저 균평기	한국로봇융합연구원	0	1	1
3	360도 회전식 레이저 균평기	위키옵틱스	0	1	1
합계					

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 전문 연구 인력 양성

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

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회 참가	순천 국제농업 박람회	레이저 균평기 소개 및 개발 균평기 기술홍보	2023.10.12
2	전시회 참가	익산 농업기계 박람회	레이저 균평기 소개 및 개발 균평기 기술홍보	2023.11.03
3	Internet/PC 통신	동아일보	동아일보 인터넷 신문 레이저 균평기 홍보	2023.10.30
4	중앙전문지	농민신문	농민신문 레이저 균평기 홍보	2023.11.06
5	중앙전문지	동아일보	동아일보 레이저 균평기 홍보	2023.11.07

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

* 「과학기술기본법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

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

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<ul style="list-style-type: none"> • 360도 회전 1550nm 레이저 송신기 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 360도 회전 1550nm 레이저 송신기 및 650nm 레이저 송신기 개발 완료. $\pm 5^\circ$ Self leveling 기능 탑재 	<ul style="list-style-type: none"> • 100%
<ul style="list-style-type: none"> - $\pm 5^\circ$ Self-Levelling 제어기 개발 • 수직 Range 200mm, 분해능 40을 만족하는 레이저 수신기 개발 - 360도 전영역 수신 가능 구조 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 360도 전영역 수신 가능한 수직 Range 200mm, 분해능 40을 만족하는 레이저 수신기 개발 완료 	<ul style="list-style-type: none"> • 100%
<ul style="list-style-type: none"> • 9축 IMU센서 및 균평모듈 위치/자세 인지, 깊이 제어기 개발 - 굴곡지 외란 편차 최소화를 위한 PID 제어기 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 9축 IMU센서를 탑재하여 좌/우 및 상/하 자세 인지 및 깊이 제어가 가능한 컨트롤러 개발 완료. PID 제어기 탑재하여 수평 정밀도 10mm 이내로 정밀 제어가 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 100%
<ul style="list-style-type: none"> • GIS/GPS 정보를 이용한 균평화 작업 현황 표출 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • GIS/GPS 정보를 이용하여 균평 작업 전/후 현황을 실시간으로 모니터링이 가능한 표출 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 100%
<ul style="list-style-type: none"> • 100마력급 트랙터 부착형 연동 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 100마력급 트랙터 3점 히치 장치로 제어가 가능한 TYPE_A 균평기 및 자체 유압으로 상하/좌우 제어가 가능한 TYPE_B 균평기 제작 완료 	<ul style="list-style-type: none"> • 100%
<ul style="list-style-type: none"> • 실증 및 작업성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 약 0.1ha의 테스트베드에서 자체 균평 테스트 및 인증 테스트 완료 	<ul style="list-style-type: none"> • 100%
<ul style="list-style-type: none"> • 정량적 목표 달성 정도 	<ul style="list-style-type: none"> • 정량적 목표 일부 달성 	<ul style="list-style-type: none"> • 83.83%

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 지식재산권 및 기술이전 완료했으나 특허의 경우 2건만이 등록이 되었으며 나머지 건에 대해서는 아직 심사중에 있음. 기술이전의 경우 직접실시를 하여 기술료가 발생하지는 않았음.
- 기술 개발 목표 및 제품화는 완료했으나, 제품 출시 완료를 하기에는 최적화 등 공정 개선이 필요할 것으로 판단됨

2) 자체 보완활동

- KCI급 논문 2건 발표를 진행한 바 있으며, 사업화를 위해 과제 종료 이후에도 지속적으로 연구 및 개발을 이어나가고 있음.
- 현재 지금강(주)에서 판매중인 균평기에 개발 균평시스템을 적용할 수 있도록 개선 및 최적화를 진행 중에 있음
- 설계 및 제작한 자체 유압식 균평기의 경우 현재 특허 등록이 완료된 상태이며, 지금강(주)에서 보유하고 있는 자체 테스트베드에서 지속적으로 실험 및 평가를 통해 개선 중에 있음.

3) 연구개발 과정의 성실성

- 연구목표 달성 뿐만 아니라 추후 사업화를 위해 1550nm 레이저를 활용한 균평 시스템에서 더 나아가 상용 레이저 시스템에서 사용되는 650nm 레이저를 활용한 균평 시스템 또한 추가 개발을 진행한 바 있음.
 - 연구 및 개발한 균평기 및 균평 시스템에 대한 수많은 테스트 및 개선을 통하여 최적화 진행하였음.
 - 대동과 기술협약을 통하여 3점 히치 장치를 이용한 경심제어 기능 기반 컨트롤러를 개발하여 대동 트랙터와 개발 자동 균평 시스템 연동을 구현하였음.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 연구성과 기대효과 - 기술적 측면

- 농업 생산성 향상 및 노동력 절감을 위한 다양한 농업용 제품들이 판매되고 있으나, 국산화율이 낮은 문제점을 해결함. 본 과제의 연구 개발을 통하여 상대적으로 낙후된 농업에 광학기계의 적용이 가능함. 기존 레이저 균평기에도 적용이 가능하여 시너지 효과가 큼.
- 레이저 발신과 수신 기술은 노지분야 뿐만 아니라 토목/건설 및 건축 현장에도 적용이 가능한 기술임
- 레이저 균평기 자체 개발에서 기술적 한계로 느꼈던 분야의 기술 확보가 가능할 것으로 판단함
- 연구개발은 보급형 제품을 위주로 진행 되었지만 추가적인 연계연구는 보급형뿐만 아니라 보다 높은 단계의 제품에도 적용이 가능할 것으로 판단함
- 논 밭은 노지 조건이나, 하우스와 같은 제한적인 공간안에서 사용이 가능한 레이저 균평기 기술확보가 가능할 것으로 판단함

○ 연구성과 기대효과 - 경제적 측면

- 매출이 정체중인 농기계 제품사업부의 매출 향상에 크게 기여할 것으로 판단함.
 - 신규 사업분야 진출에 따른 고용인원 증가와 국내 시장뿐만 아니라 해외 시장까지 새로운 시장 창출 가능
 - 국산화 기술 개발로 수입대체 효과가 매우 높음
-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

가. 연구개발성과의 관리 및 활용방안

- 농업 분야: 농경지 균평작업을 위한 경지정리 작업시간 단축과 관개용수량 감소
- 건설/ 토목 분야: 건설현장 기초공사인 굴삭기 작업시간 단축 및 평탄작업
 - 국내 도로포장 및 고속도로의 평탄작업 시간 단축 및 균일한 포장형성
 - 레이저 수신기를 독립적인 전원과 Setting 값에 의해 하나의 자체 상품으로 판매되면 포크레인을 이용한 균평작업 가능
- 건축 분야: 실내·외 환경조건을 고려한 수직 360°회전으로 레벨링 측량작업
 - 레이저 광원을 눈에 보이는 650nm급이나, 청색과 레이저원을 사용하며 실내 건축분야에 바로 적용이 가능
- 플랜트 분야: 플랜트 현장의 기초공사인 굴삭기 작업시간 단축 및 평탄작업



그림. 활용방안

○ 무인 자율 균형시스템 활용

- 자율주행 무인트랙터와의 연동을 통한 무인 균형 작업 수행
 - : GIS 및 GPS 정보를 바탕으로 한 대상 노지의 작업 경로 계획
 - : 작업 진행 이력 분석을 통한 작업 효율성 증대 (이동경로 최소화, 작업정밀도 향상)

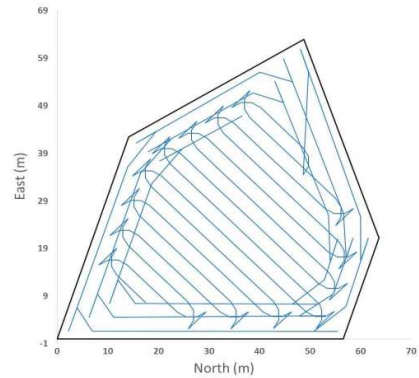


그림. 대상노지의 작업 경로 및 추적 예시(*출처:서울대학교)

: 대동트랙터의 경심제어 기능과 연동하여 균형기 자율주행 구현

- 서버망을 활용한 작업정보 교환으로 다중 균형 작업 및 군집 제어 가능 및 증양관제 및 컨트롤 가능
- 대상노지의 균형 관련 지형, 작업 데이터 확보로 무인 디지털농업 구현



그림. 무인 농업 개념도(*출처:한국농기계신문)

○ 3D 지형 균형 시스템 활용

- 벼농사 뿐만 아니라 밭농사 토지나 건축토목 분야에도 활용 가능함



그림. 3D 지형 토지 개발

나. 연구개발성과의 기대효과



그림. 레이저 균평 시스템의 균평 효과

- 국내 수입해서 판매되고 있는 균평기를 국산화하고, 남미 및 아시아 지역으로 수출 확대
 - 점차 수요가 증가하고 있는 농기계 분야의 기술력 확대하여 신규 시장 발견 및 일자리 창출
 - 지능형 농기계 개발로 기업 이미지 제고
 - 국내에서 꾸준히 증가하고 있는 수입품 수요를 국산화해서 수입 대체 효과
- 농지 균평화를 위한 씨래질의 작업비는 2만원/200평(15만원/ha)이며, 국내 논 경작면적은 850,000ha로 연간 2,250억원의 생산비 절감효과가 있음
- 균평시스템을 이용한 농경지의 높은 균평도는 작물의 생육시 담수를 이용한 잡초 억제 효과로 제초제 및 비료 사용량의 절감이 가능
- 균평의 장점은 평균 물 소비량은 약 50% 이상 저감할 수 있고, 화학 비료 사용량도 약 8% 이상 저감 가능하다. 이앙 재배시 일부 모가 죽을 것을 미리 고려하여 보다 많

은 량을 심게되는데, 균평은 이에 사용되는 종자의 소비를 20% 이상 저감이 가능함. 또한 수확량 증대 및 작업자의 노동시간 감축에도 큰 효과가 있음

○ 사업화 계획

- 연구개발이 진행되고 있는 동안의 기존의 견인식 레이저 균평기를 판매하고, 연구과제 종료후에는 견인식뿐만 아니라 부착식 레이저 균평기 시장도 장악할 계획
- 균평 제어모듈 개발이 완료되면 KC 및 전자파 인증 등 각종 인증작업을 완료하고 제품화를 진행. 다양한 균평시스템에 적용할 수 있도록 추후 R&D를 통해 지속적인 연구 개발과 이에 필요한 인원 확보
- 국내 레이저 균평기 수요량중 약 95% 이상의 점유율을 달성하고 있으며, 해외 수입품 제품인 레이저 송신기 및 수신기를 국산화하여 국산화율 100% 달성
- 기존 레이저 균평기에서 진일보한 무인 자동화작업 플랫폼을 구축한다면 세계적인 경쟁력 확보
- 기존 레이저 균평기와 무인 자동화 작업이 가능할 수준의 제품군을 갖게 됨으로써 저가의 레이저 균평기 그리고 IOT가 적용된 자동화 레이저 균평기 두가지 접근방식으로 판매하면 국내시장을 물론 세계 시장 개척이 가능함
- 국내 구보다의 일본산 스가노사의 균평기 판매(연간 1-2대) 및 온실 농업기계 회사인 삼우산업이 접근하고 있는 하우스 내의 작은 균평기에 대한 시장접근 및 확대가 가능
- 제품 생산과 판매를 위한 전담부서의 전문화된 기술영업 인력 강화
- 기존 판매처인 농업기술원, 농업기술센터 및 농기계 임대사업소를 위주로 진행하며, 현재까지 대부분의 균평기는 논외 균평에만 사용하였으나, 밭작물의 재배지로의 영역을 확장하여 사업화를 진행

나. 투자계획

- 토지는 농기계 제작 및 판매가 진행되고 있는 자회사인 장성공장에서 진행함으로 토지 투자비는 없음
- 기계장치는 광학기계의 레이저 수신기 및 송신기의 하우징에 각 부품을 모듈화가 필요하여 각종 조립 및 검사장치 개발 비용이 필요함
- 현재 판매중인 레이저 균평기가 약 3500만원으로 동일한 수준의 가격으로 판매 예상
- 해외 판매는 정밀 균평시스템까지 판매하는 방안과 각 균평 모듈별로 구분하여 판매하는 2가지 영업방식으로 접근 예정
- 균평기 본체는 사용 목적에 따라 달라질 수 있으나, 제어 모듈은 다양한 분야에 적용할 수있도록 최대한 비용을 절감하면서 모듈화에 투자를 하여야 함. 단위기술을 하나로 모듈화하는 균평시스템에 신규 투자가 진행되어야 함
- IP67 단계 이상의 레이저 송·수신기의 하우징, 전원 공급장치 그리고 각종 방수용 하네스 등은 연구개발이 완료된 후에도 제품화 단계를 거칠 예정임

항목		(2024 년) 개발 종료 후 1년	(2025 년) 개발 종료 후 2년	(2026 년) 개발 종료 후 3년
매출원가		25,000,000	22,000,000	20,000,000
판매관리비		5,000,000	5,000,000	5,000,000
자본적 지출	토지	-	-	-
	건물/구축물	500,000,000	-	-
	기계장치 등	1,000,000,000	500,000,000	300,000,000
자본적 지출 합계		1,500,000,000	500,000,000	300,000,000

다. 생산계획

구분		(2024 년) 개발 종료 후 1년	(2025 년) 개발 종료 후 2년	(2026 년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	90	95	98
	판매량(단위: 대)	50	70	100
	판매단가(원)	35,000,000	30,000,000	30,000,000
	국내매출액(백만원)	1,750	2,100	3,000
해 외	시장점유율(%)	1	3	5
	판매량(단위: 대)	5	30	50
	판매단가 (\$)	5,000	5,000	5,000
	해외매출액(백만\$)	0.025	0.15	0.25
당사 생산능력		100대 이상		

라. 해외시장 진출 계획

- 연구개발이 완료되면 국내 판매(각 농업기술원, 농업기술센터, 농기계 임대사업소) 제품을 통한 미비한 부분을 최적화후 한국농기계공업협동조합 등과 협력하여 해외영업
- 건답직파기 및 시스템에어컨 청소로봇의 해외 판매를 위한 해외 영업팀의 인원을 보강하여 인터넷 등을 활용한 해외 홍보
- 해외 농업박람회 전시회를 통한 홍보 및 판매처 확보

마. 연구개발 목표

성과 목표	사업화지표											연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용 홍보		기타 (타연구 활용비)	
	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	홍 보 전 시		
													S C I	비 S C I							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	건	명	건	건	0		
가중치	25%	5%	0%	0%	3%	2%	10%	10%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	7%	13%	0%	0%	0%	5%	0
최종목표	5	3	0	0	2	20	1	300	0	6	0	0	3	1	2.8	3	0	0	0	2	0
1차년도	3	0	0	-	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1.3	1	0	0	0	1	0
2차년도	2	3	0	-	2	20	1	300	0	4	0	0	3	0	1.5	2	0	0	0	1	0
소 계	5	3	0	0	2	20	1	300	0	6	0	0	3	1	2.8	3	0	0	0	2	0
총료																					
1차년도	0	0	0	0	0	0	0	1,750	30	0	1,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2차년도	0	0	0	0	0	0	0	2,100	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3차년도	0	0	0	0	0	0	0	3,000	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4차년도	0	0	0	0	0	0	0	3,000	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5차년도	0	0	0	0	0	0	0	3,000	1,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
소 계	0	0	0	0	0	0	0	12,850	1,930	0	1,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합 계	5	3	0	0	2	20	1	13,150	1,930	6	1,000	0	3	1	2.8	3	0	0	0	2	0

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 공통 요구자료	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3) 연구부정행위 예방 확인서
2.	1)
	2)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 노지분야 스마트 농업기술 단기 고도화사업
균형 정밀도 10mm@30m를 만족하는 회전식 레이저(1550nm) 균형 시스템 국산
화 개발 및 실증연구개발사업의 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획
평가원)에서 시행한 균형 정밀도 10mm@30m를 만족하는 회전식 레이저(1550nm)
균형 시스템 국산화 개발 및 실증 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.