

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()발간등록번호(○)
첨단농기계산업기술개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004328

공 등 발 농작업 보조용 친환경 중소형 제초 로봇 개발

2023.05.26.

주관연구기관 / 주식회사 한국쓰리축
협동연구기관 / 전라북도 김제시
(유) 응진기계
국립농업과학원
홍익대학교
충남대학교

농 립 축 산 식 품 부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

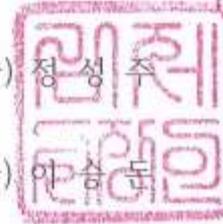
본 보고서를 “콩 등 밭 농작업 보조용 친환경 중소형 제조 로봇 개발”(개발기간 : 2021. 04 . ~ 2022. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 05. 26.

주관연구기관명 : 주식회사 한국쓰리축 (대표자) 유 구 현



협동연구기관명 : 전라북도 김제시 (대표자) 정 성 주 (인)



국립농업과학원 (대표자) 안 승 둔 (인)



홍익대학교 산학협력단(대표자) 추 상 호 (인)

충남대학교 산학협력단(대표자) 김 용 주 (인)

참여기관명 : 유한회사 웅진기계 (대표자) 선 광 주



주관연구책임자 : 정희종

협동연구책임자 : 김국환

문희창

이대현

참여기관책임자 : 박성제

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서							보안등급		
							일반[○], 보안[]		
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명		
전문기관명 (해당 시 작성)					내역사업명 (해당 시 작성)		첨단농기계산업기술개발사업		
광고번호		농축 제 2021-26호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-		
					연구개발과제번호		321061-2		
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0801	60%	LB0802	30%	LB0899	10%		
	농림식품과학기술분류	RC0101	50%	RC0103	30%	RC0199	20%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	-						
		영문	-						
연구개발과제명		국문	콩 등 밭 농작업 보조용 친환경 중소형 제초로봇개발						
		영문	Development of eco-friendly small and medium-sized weeding robots for agricultural assistance in fields such as soy						
주관연구개발기관		기관명	한국쓰리축			사업자등록번호	410-81-88992		
		주소	(57241) 광주광역시 광산구 평동로913번길 8(월전동)			법인등록번호	200111-0195945		
연구책임자		성명	정희중			직위			
		연락처	직장전화			휴대전화			
			전자우편			국가연구자번호 1088 7841			
연구개발기간		전체		2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)					
		단계 (해당 시 작성)	1단계	2021. 04. 01 - 2021. 12. 31(9개월)					
			n단계	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31(1년 개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비	그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타()				합계	연구개발비 외 지원금
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계
총계		1,120,000	0	176,800	300,000		1,420,000	176,800	1,596,800
1단계	1년차	480,000	0	73,400	150,000		630,000	73,400	703,400
	n년차	640,000	0	103,400	150,000		790,000	103,400	893,400
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고		
							역할	기관유형	
공동연구개발기관		국립농업과학원	김국환	농업연구사					
		홍익대학교	문화창	부교수					
		충남대학교	이대현	조교수					
		(유)웅진기계	박성제	연구소장					
		김제시	박선화	기업지원팀장					
연구개발담당자 실무담당자		성명	정 실 인			직위	대리		
		연락처	직장전화			휴대전화			
			전자우편			국가연구자번호			

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

2023년 2월 24일

연구책임자: 정희중

(인)

주관연구책임자: (주) 한국쓰리축 정희중

(인)

주관연구개발기관의 장: (주)한국쓰리축 대표이사 유구현 (직인)

주관연구개발기관의 장: (주)한국쓰리축 대표이사 유구현 (직인)

공동연구개발기관의 장: 전라북도 김제시

정 성 주

(직인)



공동연구개발기관의 장: (유) 웅진기계

선 광 주

(직인)



공동연구개발기관의 장: 국립농업과학원

이 승 돈

(직인)



공동연구개발기관의 장: 홍익대학교산학협력단

추 상 호

(직인)

공동연구개발기관의 장: 충남대학교산학협력단

김 용 주

(직인)



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	.....	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	.....	12
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	.....	100
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	.....	106
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여정도	.....	107
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	.....	109
별첨 자료 (참고 문헌 등)	.....	112

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발과제의 필요성

1) 농업환경 변화

가) 농촌인구의 고령화, 여성화에 의한 지속적 감소로 발생되어지는 유효노동력의 감소현상과 이로인한 농가 경영성의 악화증대



그림 4 농가규모현황, 2019년

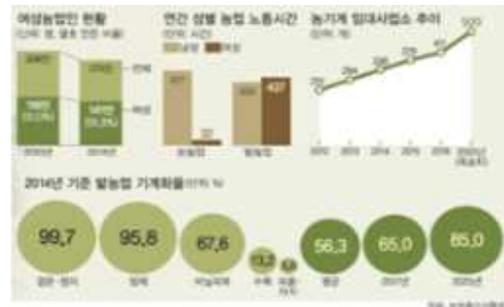


그림 5 여성 농업인 현황, 2019

나) 밭농업 분야의 기계화율은 58.8%수준에 그치고 있는 실정이며, 수도작 농업대비 밭농업 작물의 생장 특성상 다목적화된 장비의 사용이 극히 제한되는 실정임

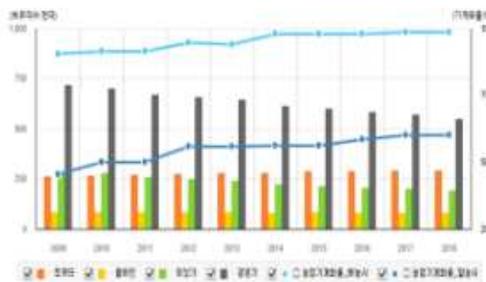


그림 6 농업기계화 현황, 2020년, 통계청

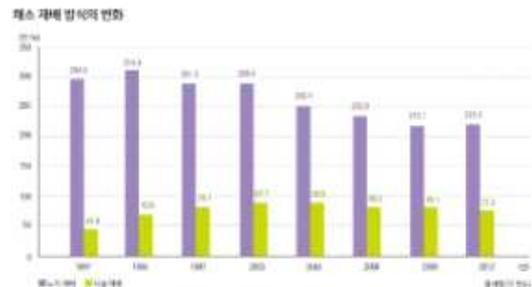


그림 7 밭작물 재배 방식의 변화, 2015년, 통계청

다) 밭농업 기계화를 위해 개발된 기존의 기술은 국내 두둑성형의 형태와 작물의 높이를 고려하여 고상형의 차륜형 승용형 또는 보행형의 동력기를 개발하여 보급하고 있으나 차륜형 장비의 특성상 높은 지상고로 인한 작업무게중심의 잦은 이동으로 작업의 안정성과 효율이 낮아 실 작업시 활용율이 낮은 실정임

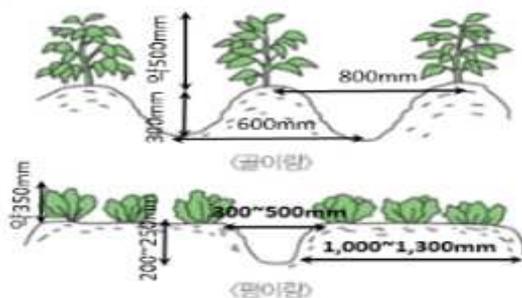


그림 8 국내 밭작물 재배용 두둑성형 형태



그림 9 밭농업 및 원예분야 경지정리율 5%

라) 기존의 밭작물 작업용 장비는 운전자가 직접 운전 및 제어를 실시하여야 하고, 승용형의 작은 작업기의 교체소요와 전용화 된 보행형의 장비의 불편함으로 여성 및 고령농업인에 적합하지 않음



그림 10 승용형 밭작물 관리기



그림 11 보행형 밭작물 관리기

마) 밭농업 기계화를 위한 다양한 형태의 작업기 등 농업기술이 개발되어지고 시장 진입 중에 있으나 대부분의 작업기형태는 작물의 파종 이전 단계 또는 수확단계에 활용되어 질 수 있는 기계들로 작물의 성장단계에서 제초, 방제 등에 활용되어질 수 있는 기계기술은 한정적인 실정임.



그림 12 복합작업기 - 두둑성형, 멀칭, 파종



그림 13 땅속작물 수확기

바) 국내 농업인력의 고령화와 여성화에 따른 노동력 절감이 가능한 여성 친화적 농업기계의 개발은 필수적이며, 특히 밭농업 작물관리에서 지속적으로 소요되어지는 제초 및 방제에 대한 기술개발이 시급할 것으로 판단 되어짐.

사) 국내외의 농업기술 개발은 무인화 및 자동화위주의 기술이 개발되어지고 있는 실정이며, 우리나라의 노지 스마트팜 기술의 현실적인 실행을 위해서도 무인형 밭작물 작업기 개발 및 사업화가 시급한 실정임



그림 14 국내 농작업 경지 면적 현황, 2020, 농림부



그림 15 노지 스마트팜 체계, 2019, 농림부

2) 국내 콩작물 재배 환경

가) 콩 생산여건

- (1) 우리나라 통 재배 면적은 0.1ha 이하의 농가는 2005년 전체의 80.3%에서 2015년 70.9%로 감소하고, 1ha이상의 농가는 0.6%에서 1.4%로 경작규모가 점진적으로 증가하는 추세임.
- (2) 2017년 현재 6.3천ha의 통 경작면적중 69.1%가 중간지 또는 산간지에 위치하여 기계화의 입지조건이 불리한 상황임.

연도	0.1ha 미만	0.1~0.3ha	0.3~0.5ha	0.5~0.7ha	0.7~1.0ha	1.0ha 이상	농가수 (천 호)
2005	80.3	13.6	3.8	1.0	0.6	0.6	630
2010	71.9	18.9	5.2	1.0	0.9	1.3	445
2015	70.9	19.4	5.5	1.8	1.0	1.4	367

그림 16 국내 콩재배 규모별 농가수, 농업총조사, 통계청, 2015

나) 콩작물 농가 경영성 현황

- (1) 10a당 소득은 614,000원이며, 생산비는 50,357원, 순수익은 10,343원이고, 경영비는 222,757원 소득은 391,343원으로 집계됨
- (2) 10a당 생산비의 경우 직접생산비는 77.1%인 388,624원이었으며, 이중 52.1%가 노동비로 가장 높은 비율을 점유하고 있음(202,473원/10a)
- (3) 타 품종의 발작물과 비교할 경우 보리에 비해 소득은 높았으나, 옥수수, 고구마 등과 비교시 최대 319%까지 낮은 소득율로 매우 낮은 수치를 보임(봄감자 대비 -339%)

항목명	구분	2016		2015	
		생산비 (원/10a)	비율 (%)	생산비 (원/10a)	비율 (%)
생산비	계	390,479	100	503,757	100
	소계	254,873	65.3	388,624	77.1
	종묘비	27091	6.9	21,771	4.3
	비료비	12,290	3.1	13,074	2.6
	농약비	12131	3.1	16,603	3.3
	노동비	149,037	38.2	262,244	52.1
	농구비	18,530	4.7	18,139	3.6
	위탁영농비	24,006	6.1	36,759	7.3
	기타	11,788	3.0	22,093	4.0
간접생산비	소계	135,605	34.7	115,133	22.9
	토지유역비	117,892	30.2	107,982	21.4
	자본유역비	17,713	4.5	7,651	1.4

그림 17 농산물생산비조사, 통계청, 2016

작물	콩	비	보리	옥수수	고구마	봄감자	가을 감자	양파
소득(천 원/10a)	395	561	195	995	1695	1338	1002	876
소득률(%)	61.5	56.4	44.9	64.8	58.4	58.7	46.0	69.0
지수	100	142	49	252	419	339	254	222

소득률(%)=조수입/소득

그림 18 농축산물 소득자료집, 농촌진흥청, 2015

다) 국내 콩 생산현황

- (1) 1970년 295ha / 232천톤 → 2016년 49천ha / 76천톤으로 지속적인 감소추세
- (2) 타작물 대비 소득율이 매우 낮아 경영성이 낮고, 정부의 수매단가가 시중가격보다 낮음
- (3) 2016년 현재 콩의 농가수량성은 154kg/10a로 2009년 이후 지속적으로 하락추세이며 이는 낮은 소득성 및 재배규모의 영세성으로 인해 기계화 기술 보급이 제한됨

연도	1970	1980	1990	2000	2005	2009	2010	2016
재배면적(천ha)	295	188	152	86	105	70	71	49
생산량(천톤)	232	216	233	113	183	139	105	76
수량(kg/10a)	79	115	153	131	174	198	147	154

그림 19 국내 콩 재배 현황, 농진청, 2018

- (4) 국내 콩시장의 수요는 2000년 이후 점진적인 증가현상을 보이고 있으나, 생산량은 지속적으로 감소하는 실정이며, 이로 인해 해외수입량이 지속적으로 늘고 있는 실정임
- (5) 최근 콩에 대한 기능성의 인식으로 인한 식용 및 축산업의 발전으로 인한 사료용 콩의 수요가 지속적으로 증가중임

구분	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2013	2016(가)
공급	266	777	1,450	1,781	1,493	1,448	1,323	1,574
- 전년아말	-	103	106	79	118	73	54	129
- 생산	229	257	252	116	139	139	123	104
- 수입	36	417	1,092	1,586	1,236	1,236	1,146	1,342
수요	266	733	1,254	1,694	1,420	1,381	1,262	1,486
- 사료용	18	333	866	1,282	965	952	848	1,066
- 식용	248	304	354	399	441	417	403	412
- 기타(종자 등)	-	96	34	13	14	12	11	8
차년아말	-	44	196	87	73	67	61	88
연간소비량(kg/인)	5.3	8.0	8.3	8.5	9.0	8.3	7.9	8.0
전체 자급률(%)	86.1	35.1	20.1	6.4	9.7	10.1	9.7	7.0
식용 자급률(%)	92.3	64.3	64.9	28.2	30.9	32.4	29.6	24.6

* 주: 양곡연도(7년 11월 1일부터 10년 10월 31일까지 기준임) 농림축산식품 주요통계, 2016년

그림 20 연도별 콩 수급 현황, 농림축산통계연보, 2014

라) 콩의 작업 단계별 재배관리

			
종자소독 종자소독기	파종 기계파종	제초제 살포 기계배토 / 분무기	복주기(배토) 관리기
			
병해충 방제 방제기, 인력	순자르기 예취기, 인력	거두기(수확) 콤바인+인력	콩알털기(탈곡) 선별기, 건조기

- (1) 경운, 정지, 파종, 방제, 수확작업의 경우 기계화작업이 가능하나, 적심(순자르기), 제초, 약제살포 등의 작업공정에 대한 기계화작업이 매우 제한적임. 이러한 콩의 발아후 관리 공정에 대부분의 인력 및 시간이 투입되어짐
- (2) 콩의 파종시기가 5월~6월중이며, 10월~11월 수확을 실시함. 또한 주로 겸작을 실시하는 대표적인 작물이면서 경제성이 낮아 관리작업에 대한 노동력 및 시간의 투입이 제한됨

재배순서	조수입(원)	경영비용(원)	소득(원)	소득지수
밭출작기(단작)	871,058	337,540	533,518	100
콩출작기(단작)	791,248	231,882	559,366	105
감자-콩	2,047,777	927,370	1,120,407	210
옥수수-콩	1,724,369	638,309	1,086,060	204
담배-콩	2,416,771	1,064,872	1,351,899	253

그림 22 겸작농가 소득자료, 국립식량과학원, 2006년

(3) 콩의 겸작

- (가) 작물별, 작업단계별 기계화율 분석내용에 따르면 파종정식분야가 6.7%로 가장 낮은 비율을 보이며, 제초작업이 7.2%로 나타남. 또한 방제의 경우 90%의 기계화율을 나타내고 있으나, 대부분 시설원에 또는 승용형 관리기, 트랙터용 봄스프레이어 형태로 노지밭농업에 대한 대상작물의 수고를 고려할 경우 지속적 사용이 제한되는 실정임
- (나) 밭농업의 경우 대상작물별, 재배지역별, 농가단위별 겸작 농법이 상이하여 공통적인 기술의 적용이 어려운 실정이며, 타 작업단계 대비 작물의 보호에 대한 부담으로 중소기업의 기술개발이 제한되는 실정임

작물별	작업단계별 기계화율(%)							
	평균	경운정지	파종정식	비닐피복	방제	제초	수확	간조
감자	56.7	99.8	5.8	77.2	88.9	3.2	65.2	-
콩	52.8	99.9	22.8	65.8	93.7	5.7	28.6	2.1
고구마	50.2	99.7	0.0	67.8	81.6	0.7	51.6	-
무	54.6	100.0	0.0	93.2	98.8	26.5	8.9	-
배추	46.8	99.7	1.0	81.6	94.0	4.6	0.0	-
마늘	49.0	99.8	15.1	45.6	94.1	8.1	31.0	-
영파	51.2	99.7	8.8	72.8	98.3	6.0	21.3	-
고추	38.8	99.5	0.0	44.6	86.3	2.6	0.0	83.8
평균	50.0	99.8	6.7	68.6	92.0	7.2	23.8	

그림 23 밭농업 작업 단계별 기계화율 현황

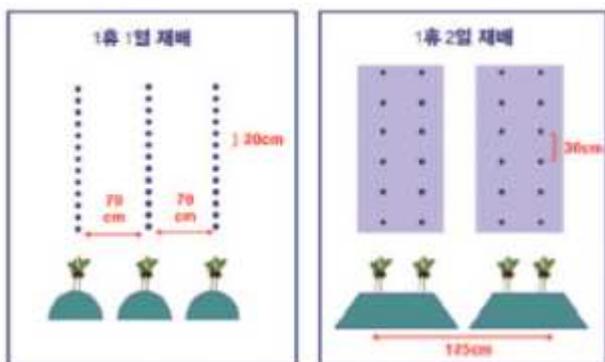


그림 24 두둑의 형성

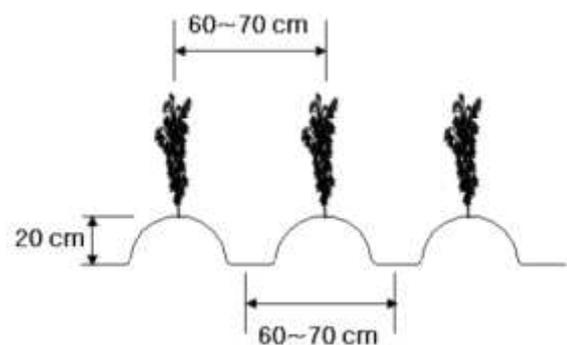


그림 25 기계화 재배 양식

3) 기술개발의 필요성

가) 농촌인구 고령화 및 여성화추세 극복을 위한 직접적 노동력 절감이 가능한 농기계 기술의 개발 및 보급이 시급함

(1) 콩작물의 경우 맥류 등 타 작물 대비 소득과 가격경쟁력이 높으나, 노동시간이 비교적 많이 소요되어 생력기계화가 필수적임

구분	벼	보리	콩	팥옥수수	참깨
노동시간(시간/10a)	16.1	10.4	25.8	60.1	50.9
경영비(원/10a)	388,068	212,146	178,649	453,078	250,591
소득(원/10a)	434,162	117,851	628,568	765,698	629,688

그림 26 경쟁 작물간의 소득 수준, 농림축산 통계연보, 2017

(2) 콩은 벼 및 보리대비 소득수준은 양호한 편이나 최대 2.5배의 노동력을 투입이 필요함

(가) 콩 재배의 생력기계화를 통한 노동력 절감에 의한 농가 경영성 향상가능

(3) 작물별 노동력투하시간

파종작업	관리작업	수확작업	생력화정도(%)
경운기 중심 (역시, 1991년)			
경운기 파종작업기	동력분무기 관리기	배양대 부인식 탈곡기 싸이언별기	88.5
트랙터 중심 (역시, 1995년~)			
비료살포기 경운기 중부경량제비 파종기	고성능 분무기 중경량제비기	PCR 콤바인 싸이언별기	94.9
트랙터 중심 트랙터 중심 (역시, 1997년)			
비료살포기 중부경량제비 파종기	고성능 분무기 중경량제비기	PCR 콤바인 싸이언별기	95.3

그림 27 콩의 생력기계화 작업체계

작업단계	작업내용	소요시간 (시간/10a)
파종준비 및 파종관리 수확	싸이언준비, 사비, 경운정지, 파종 제초제 산포, 중경량제비, 병충해 방제	16.3(30)
건조 및 조제	예취탈곡 건조, 산별	24.9(46)
계		54.1(100)

그림 28 콩의 작업단계별 노동력 투하시간

(4) 콩의 생력기계화는 주로 경운기 및 트랙터, 승용형 관리기에 의한 작업기 형태로 발전

(가) 씨앗의 파종 및 배토, 방제, 수확 등 공정에 기계화

(나) 씨앗 파종 후 제초, 방제, 적심(순치기) 등 관리 공정에 대한 노동력의 투입비율 24%

나) 국내 발작물 경작환경에 적합한 농기계 개발 및 보급

(1) 국내 전체 콩재배 농지의 69%가 중간지 및 산간지에 위치

(가) 경사지 대응이 가능하고, 험로 주행능력이 우수한 궤도형 농작업기 개발이 필수적임

- 국내 밭 농업 경지 정리는 2019년 현재 전체 면적의 5%

산간지	중간지	평야지	계
26%	43%	31%	375농가

그림 29 콩 재배 포장의 입지조건 비율, 농림축산 통계연보, 2017

(나) 콩재배 기계화 공정중 중경배토 및 잡초제거공정에 대한 기계화시 관행 농법대비 35배 이상 작업효율 기대효과 발생

(다) 파종 후 적심(순치기) 단계에 이르는 관리공정의 기계화시 전체 작업공정의 20% 이상 노동력 절감 기대효과 발생

[단위 : 시간/10a]

구분	중경배토	잡초제거	병충해방제	계
기계화	0.2	0.1	0.3	0.6(4.6)
관행	15	7.1	4.3	129(100)

그림 30 관리작업의 노동력 절감효과, 농림축산 통계연보, 2017

나. 연구개발과제의 목표 및 내용

1) 연구개발과제의 최종 목표

- (1) 콩 등 밭 농업작업에 다목적 활용이 가능한 자율주행형 친환경 제초로봇 개발 및 산업화
 - (가) 전기구동 방식의 지상고 조절이 가능한 친환경 전동형 주행장치 및 경량형 제초부 개발
 - (나) 좁은 밭 환경에서 자율주행이 가능한 경제형 무인 주행 시스템 개발
 - (다) 머신비전 및 인공지능 기반의 작물, 장애물 인식 및 국소 경로 생성 기술 개발
 - (라) 실시간 잡초 인식을 통한 제초 자동 제어 및 전기구동 시스템 최적화 기술 개발
 - (마) 실 사용 농가의 실증을 통한 제품 성능기술 안정화 및 내구성 검증 실시
 - (바) 농업기술실용화재단 ICT분석검정 기준에 의한 제품인증을 통한 공인인증을 통한 제품 성능 및 내구성 인증 확보
 - (사) 2종 이상의 제초유닛 개발을 통한 기술 및 작업성능의 비교검증을 통한 제초유닛에 대한 사업화 기술 확보

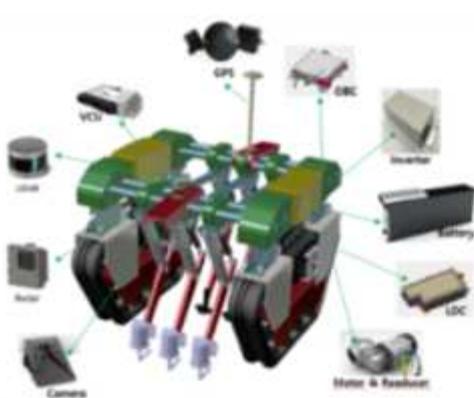
(2) 개발제품 레이아웃 및 주요 구성요소



그림 31 농작업 보조용 친환경 중소형 제초 로봇 구성(안)

(3) 목표 사양

(가) 주요 구성품 소요사양 검토 및 동력전달체계 주요 구성품 선정



	구동 모터	48Vdc / 2kW 96kg-cm 2,000rpm
	배터리	48Vdc 90Ah급
	인버터	24~48Vdc(±10%) Cont. 100A RS485 / CAN
	LDC	In : 30~60Vdc Out : 12Vdc(±2%) 60A max.
	PDU	120~220Vac 50~100Vdc

그림 32 소요성능 분석에 따른 동력전달 계통구성안

(나) 주요 동력전달 및 제어부품 소요성능

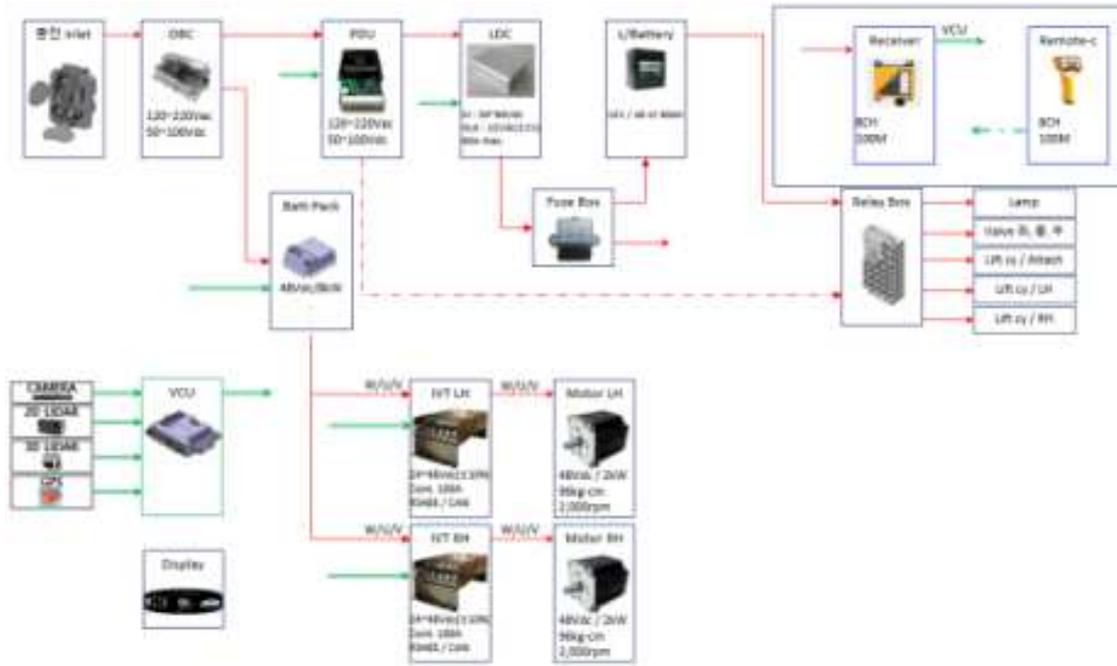


그림 33 소요성능 분석에 따른 동력전달 계통구성

(다) 제어시스템 알고리즘 개발을 위한 제어계통 구성

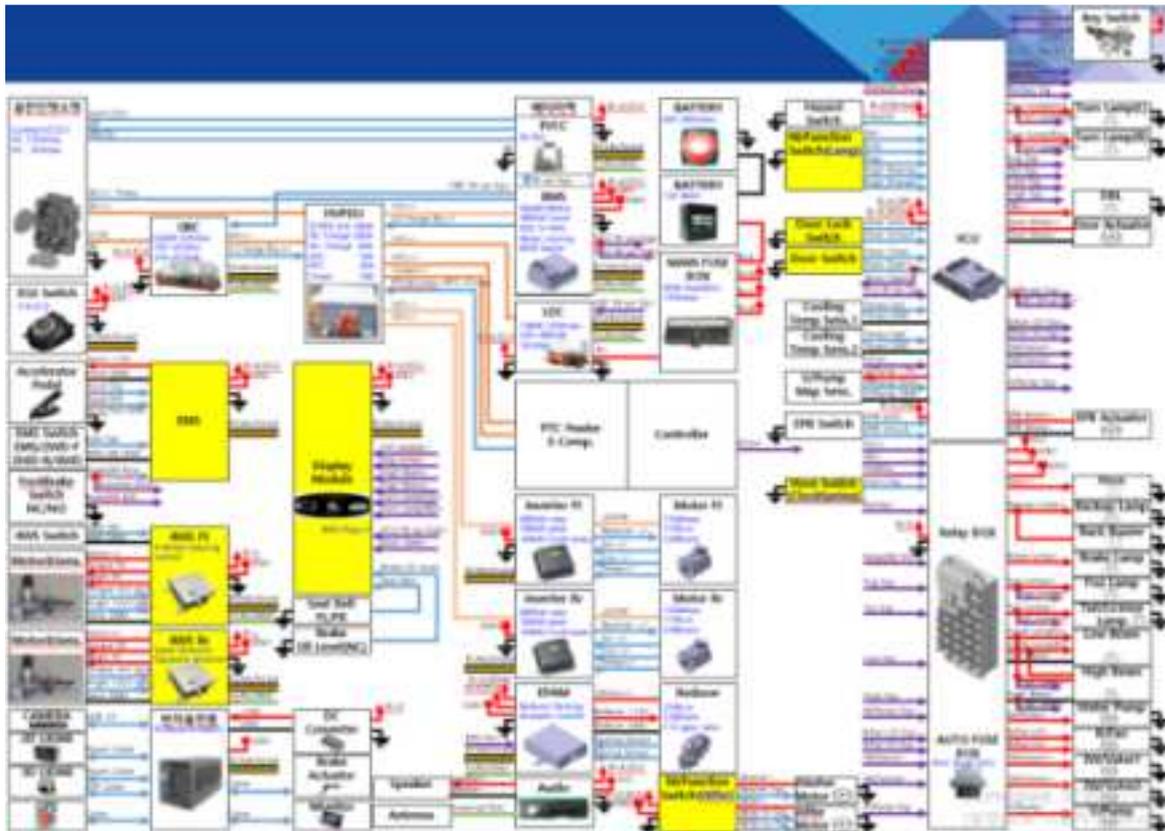


그림 34 기체제어 및 자율주행 관련 센서 및 제어기 구성도

(라) 정량적 성능목표

평가항목 (주요성능 spec)		단위	전체 항목 비중 (%)	목표개발치		평가방법
				1 차년	2 차년	
주행부	연속사용시간	Hr	10	2	3	실용화재단 공인시험
	충전능력	Hr	7	8	8	
	최소회전반경	m	5	7.5	5	
	주행속도	km/hr	7	7	7	
	등판능력	%	7	27(15도)	37(20도)	
	장애물감지거리	m	10	3	7	공인시험
대응속도	ms	10	20	10		
제초 작업부	작업성능	a/hr	10	20	30	실용화재단 공인시험
	작업속도	km/hr	7	2.3	3.5	
	증경깊이	m	7	0.05	0.03	
	제초율	%	10	75	90	
	대상인식율	%	10	50	75	공인시험
자 율 주 행	차량속도제어성능	%	5	20	10	자체시험
	경로주행오차	cm	5	30	15	
	3D환경인식 및 로컬맵 업데이트 속도	Hz	5	10	15	
	3D 슬램의 정확성	cm	5	40	25	

(마) 핵심기술 및 적용범위

- 농작업기 제초유닛의 지상고 조절이 가능한 밭작업용 주행플랫폼
 - 국내 밭작물 경작환경에 적합한 고상형 궤도형 주행장치 기술
 - 궤도 차륜의 변위제어 또는 제초유닛승강기술을 적용한 기체의 최저지상고 조절 기술

- 중경제초유닛의 지상고 조절을 통한 경심제어 기술에 의한 복합작업기와 무인제어에 의한 노동력 절감형 기계기술
 - 1조 단위형 제초작업 유닛의 개발을 통한 병렬배치 형태의 3~5조형 중경제초 가능한 작업기 기술
 - 작업환경에 따른 중경제초 작업기의 경심제어를 통한 작업 효율성 극대화 기술

- 두둑과 이랑을 형성하는 국내밭작물 재배환경에 대한 수고 1m 미만의 밭작물 관리기
 - 밭작물 작업에 있어 씨앗의 파종 또는 모종의 이식작업 이후 수확 이전단계에 이르는 작물의 제초, 방제 등 전 공정의 관리에 관한 기술

- 좁은 밭 환경에서 자율주행이 가능한 경제형 무인 주행 시스템
 - GPS 등을 이용한 전역 경로 계획 및 조향, 제동, 변속 등 전기구동 궤도장치 자동제어
 - 영상 또는 LiDar 기반 작물열 및 환경 인식을 통한 국소(실시간) 자율주행 기술 개발

- 고효율 제초가 가능한 영상 기반 잡초인식 및 자동 제어 시스템
 - 실시간 잡초 인식 및 고효율 작업부 개발을 통한 조간 자동제초

- 국내 밭 환경에 적합한 경제형 무인 자율주행 시스템 개발
 - 비정형 환경에서 궤도형 플랫폼의 주행성능 보장 및 제어 알고리즘 개발
 - GPS 기반의 밭 작업 주행 전역 경로(Global path) 생성
 - LiDar 및 Camera 데이터 융합 기술을 활용하여 조간거리 인식을 통한 지역 경로(Local path) 추종 주행 기술 개발

- 고효율 제초가 가능한 영상 기반 잡초인식 및 자동 제어 시스템
 - 실시간 잡초 인식 및 고효율 작업부 개발을 통한 조간 자동제초

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

가. 연구개발과제의 내용

1) 한국쓰리축

가) 연구내용

- (1) 제초유닛의 지상고 조절이 가능한 발작업용 주행플랫폼 개발
- (2) 지형 및 작물의 형태에 따른 맞춤형 주간제초가 가능한 제초작업기 및 제어시스템 개발
 - (가) 주행 기체부
 - (1) 국내 발작물 재배환경에 적합한 차폭의 조절과 작업안정성 확보를 위한 지상고 제어가 가능한 전동구동형 궤도 주행장치의 개발

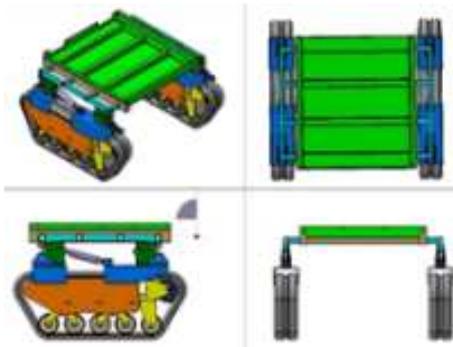


그림 35 지상고 조절이 가능한 구조설계

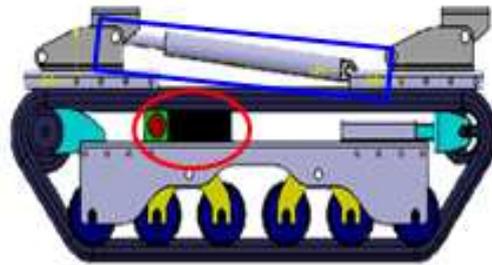


그림 36 동력전달이 가능한 구조의 궤도장치

- (2) 궤도의 좌우 구동륜에 대한 독립적 전기식 동력전달방식 채택
 - (가) 좌우 구동륜의 동력전달장치에 대한 구조적 개선을 통한 고랑이동시 작물간섭 회피
 - (나) 최대 300mm 이상의 최저 지상고 확보를 통한 콩을 포함하는 다목적형 발작물 제초 작업 로봇의 주행기체부 개발

다목적 · 모듈화 농업로봇

- 노동력 절감이 가능한 상용화 제품
- 가격 접근성이 용이한 제품 기술
- 기술 차별성에 의한 제품 성능

국내 농업 환경의 특성 고려

주행모터 목표성능 산출									
선 계 하 중 (kg)			요구속도 (km/h)		구동륜 직경 (mm)	동원각도 (도)			
주행기체	제초 작업기	최대	이동	작업					
700	50 ~ 150	850	7	3.5	200	20			
소요모터 성능 (kW)			구동륜 (rpm)			감속비		소요모터 출력 (kW)	
수평	경사	안전율	최대	이동	작업	모터	구동륜		
16.25	18.53	150%	27.8	187	94	3000	187	16 : 1	1.7 max

- 각 축별 모터 구동시 1.5kW급 모터 적용

배터리 목표성능 산출								
주행 기체부 (kW/hr)		제초 작업기 (kW/hr)		기타 (kW/hr)		계 (kW/hr)		
모터	저전압	제초 모터	경심제어	저전압				
3-	0.1	0.08 X 3ea	0.02 X 3ea	0.05		3.45 max		
소요 배터리 성능 (kW, hr)						작업능력 (km/h, m, ar/hr)		
주행	제초	제어	소계	사용시간	소요용량	속도	작업폭	능력
3.1	0.3	0.05	3.45	1	3.45	3.5	1.2	42

각 축별 배터리 장착 시 2kW/hr급 배터리 적용

- 1시간내 SOC 80% 충전 가능한 충전설비 소요

그림 37 제품 소요성능 분석에 따른 소요 배터리 및 구동 동력분석 현황

- (다) 사전 소요동력 분성에 따른 배터리, 모터등의 소요성능 판단 및 설계
 - 주행 및 작업기 동력부하 분석 실시
 - 배터리 및 구동모터등 주요 핵심부분에 대한 소요성능 및 부품단위 내구성 확보
- (3) 국내 발환경에서 운행이 적합한 자율주행이 가능한 경제형 무인주행시스템 개발
 - (가) 제초유닛, 방제기, 적심기등 다양한 작업기의 장착이 가능한 구조형 주행 플랫폼 기능안정화
 - (나) 주행장치의 확장성에 의한 다양한 작업동력기 사업화 모델 제시
 - (다) 경로인식 및 작업/주행제어 실증 및 효율성 검증
 - (라) 공인기관 인증 및 농기계 등록을 통한 사업화 모델 제시
 - (마) 주행 기체부 주행 제어 시스템 동작실증

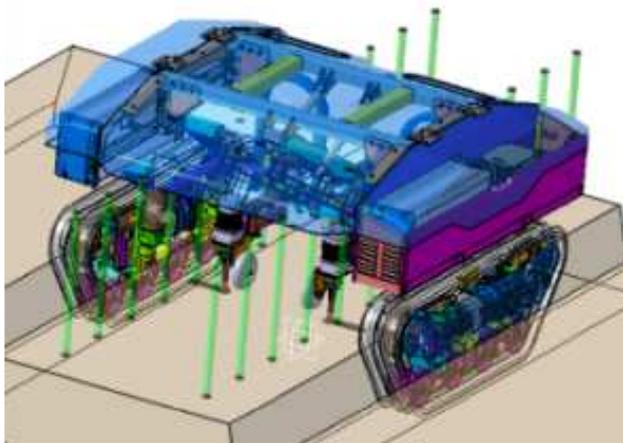


그림 38 자율주행형 무인제초로봇-설계안



그림 39 자율주행형 무인제초로봇-사업화

(나) 제초 작업부

- (1) 유닛화된 제초작업기의 개발을 통한 작업기 확장이 가능한 Block화된 중경제초 유닛 개발
- (2) 유닛화된 경심제어 및 주간제초가 가능한 형태의 중경 제초작업기 제작

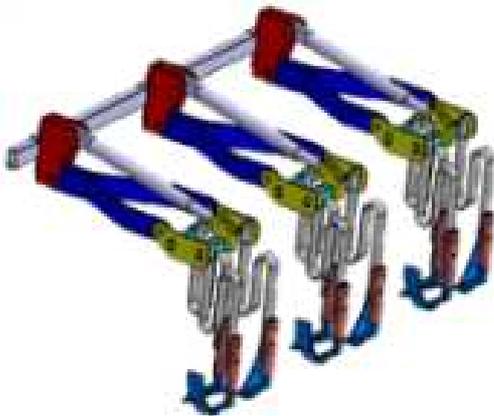


그림 40 두독성형이 용이한 조간제초작업기



그림 41 영상정보에 의한 능동형 주간제초

- (3) 영상정보 및 초음파신호 분석에 따른 작물 열인식 기술을 적용한 제초작업기 작업제어
 - (가) 작물의 열 및 위치분석정보에 의한 주간 및 조간 분석기술개발
 - (나) 제초유닛의 지상고 및 작물의 높이분석에 따른 경심제어 (지면하 1~5cm 이내)

(다) 작물위치 분석에 의한 회피 및 조간 잡초제거 유닛의 동작제어 (5m이내 감지 및 2초 이내 제어)



그림 42 모듈화 제초작업기



그림 43 주간 및 조간제초 개념도

(4) 머신비전 기반의 모듈화 된 주간 및 조간 제초작업 유닛의 개발

(가) 영상정보 분석에 따른 작물 및 잡초의 선별 [작물 삽식간격 및 위치분석]

(나) 서보모터의 구동제어에 의한 주간제초작업기 설계 및 유닛화

(다) 기체 및 지면 상호 압력분석 및 상대위치 분석에 의한 경심유지가 가능한 조간 제초작업기 유닛화 설계

(5) 발작물 열 인식기반 실시간 경로 인식 및 제어기술을 통한 유닛화 제초작업기의 병렬작업능력 확보 및 실증을 통한 작업 효율성 확보

(가) 무인중경제초 유닛 제어기술 정량화 및 중경제초유닛 제어성능 실증

(나) 무인중경제초 유닛 탈착시험 및 작업실증을 통한 사업화 모델 제시

(다) 멀티구조형 작업기 탈착구조에 의한 작업기 장착부 개발

(라) 멀티구조형 제초작업기 작업성능 및 상위 제어시스템 실증

(마) 농작업 현장실증 및 기관인증을 통한 상용화 모델 제시



그림 44 무인화 주행기체의 작업기 탈착구조에 의한 범용 활용성 확보

(사) 병렬구조의 제초작업기 장착이 가능한 발작물 제초로봇

구 분		KUC-1	KUC-2	KUC-3
사업화 모델				
주요기능	[원격영상송수신]	무선원격 제어+영상감시	○	○
	[두둑감지LiDar+GPS]		GPS경로추종+두둑추종	○
	3D SLAM LiDAR			GPS+3D SLAM DATA 자율주행
사용환경		비정형화된 발작업용	기계화 두둑성형 발용	일관화 정형화 발용

- (아) 국내 콩재배 환경에 사용이 적합한 형태의 제어기술 적용을 통한 활용성 증대
- (자) 기계 일관화 작업환경에 적용이 가능한 무인화 제어시스템 적용
- (차) 탈착식 작업기 구조 개발을 통한 범용형 작업기 개발

나) 연구결과

(1) 주행기체부

(가) 소요동력 분석에 의한 구동 및 제초제어 파워 트레인 설계

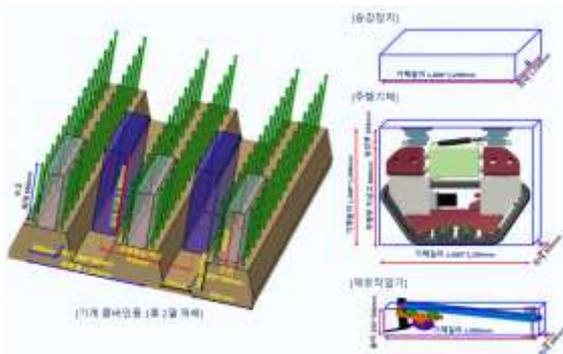


그림 45 작물 성장환경 분석에 의한 기체 외관소요분석

구분	성능	구분	원격제어	장착기	전력	전압	전류	회전속도 (rpm)	회전토크 (Nm)	회전모멘트 (kg)
구동계통	전압	무선제어	전압	12V	12V	12V	12V	12V	12V	12V
	전류		10A	10A	10A	10A	10A	10A	10A	10A
구동계통	회전속도	구동계통	회전속도	1000rpm	1000rpm	1000rpm	1000rpm	1000rpm	1000rpm	1000rpm
	회전토크		회전토크	10Nm	10Nm	10Nm	10Nm	10Nm	10Nm	10Nm

그림 46 제초로봇 소요동력 분석

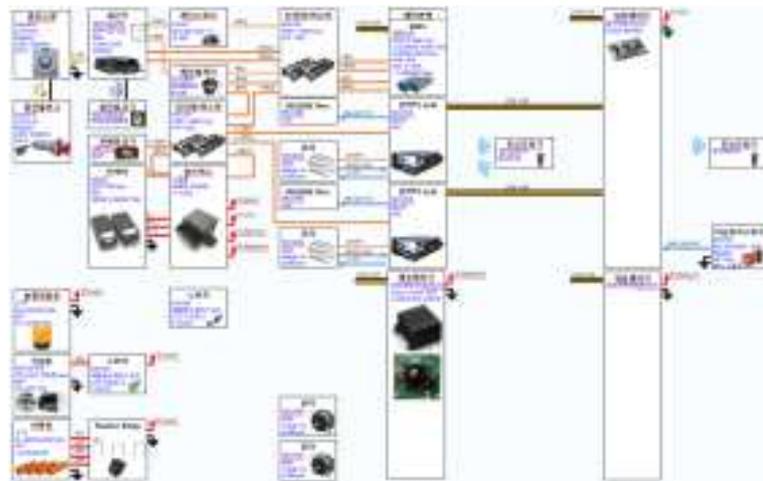


그림 47 제초로봇 기체 전장제어 시스템 설계

- 작물성장환경에 적합한 기체외관 크기 결정 및 소요동력 분석 실시
- 제초로봇 설계 구체화 및 제어시스템 개발
- 시스템 설계방안에 따른 기체 하드웨어 설계 및 주요부위 응력해석 및 구조 안정성 검토 실시
- 소요동력 분석에 의한 파워트레인 설계 [100kg당 0.5kW규정 준수]

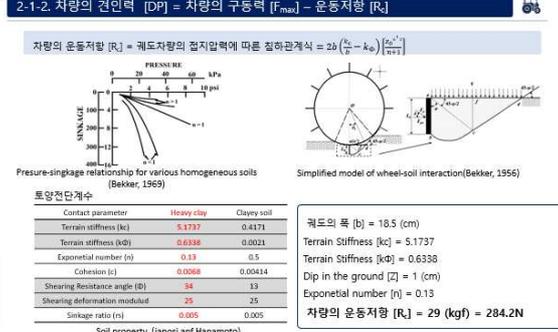
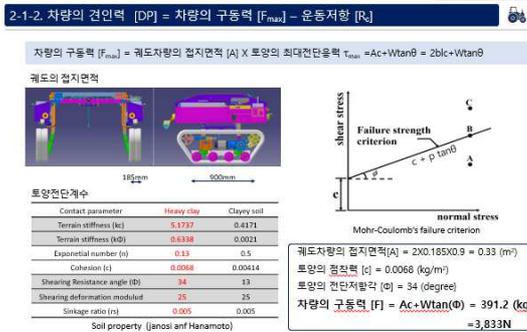
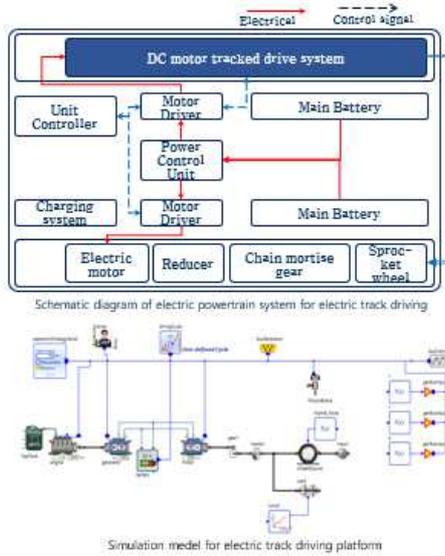


그림 49 구동부하에 의한 소요동력 분석 및 토양전단에 의한 기체부하분석



구분	단위	내용	
구동방식	-	전동식 궤도 주행형	
외관 (LxWxH)	mm	1,650X1,600X1,540	
모터 성능	출력	kW	4(48VDC/2kW X 2)
	회전속도	rpm	3,000(cunt)
배터리	용량	kWh	12.28 (51.2VDC / 120Ah X 2)
	충전시간	Hr	5.5
주행속도 (max/work)	Km/hr	5/2	
기체하중	kg	580	

Specification of the ele-track platform

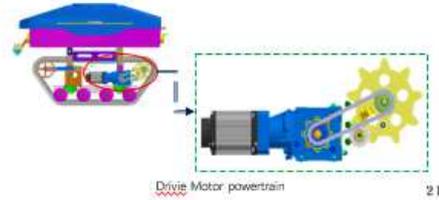


그림 50 기체부하분석 및 소요동력 분석에 의한 파워트레인 안정화 설계

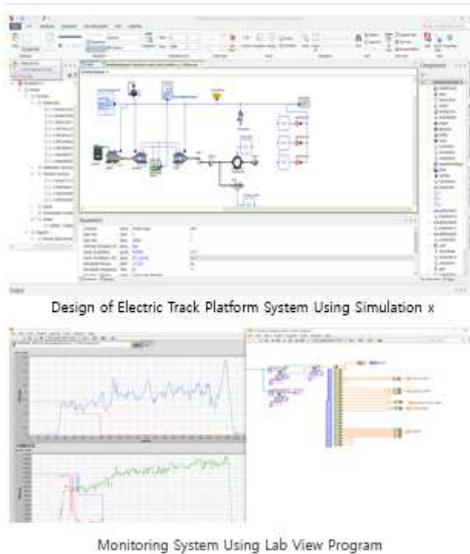


그림 51 파워트레인 설계 제원에 의한 Simulation-X를 활용한 시뮬레이션 및 사전검증

- 주행부 프레임 설계 및 해석을 통한 기체 구조 안정성 확보

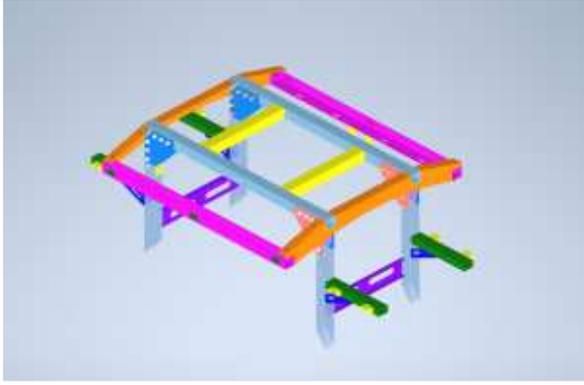


그림 52 메인프레임 모델링

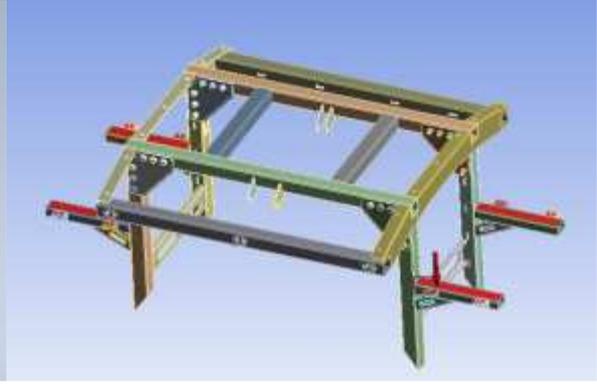


그림 53 기체 압력 설정

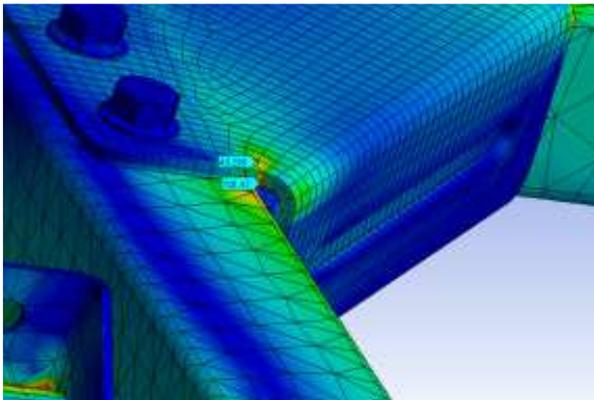


그림 54 취약부 응력해석

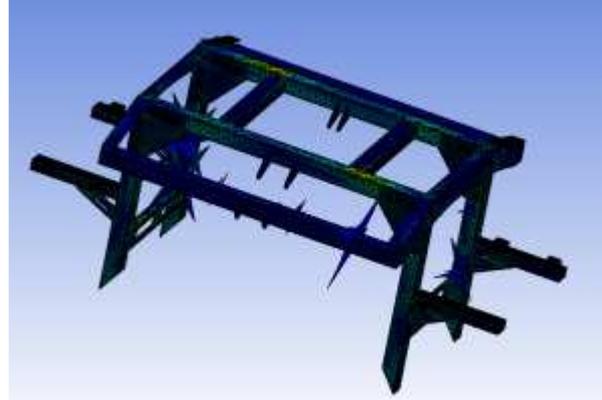


그림 55 제초로봇의 굽힘응력 해석결과

- 기체외관 지지, 제초로봇의 선회운동에 따른 브라켓의 적정성을 판단하기 위해 시뮬레이션 모델을 개발하였음
- 시뮬레이션은 주요 부품의 제원 및 모델링 파일을 통해 회전력, 외관의 중량을 입력 조건으로 수행되었으며, 해석 결과에 따르면 브라켓의 최대 굽힘응력은 101.47 MPa로 확인됨
- 약 25.5 kN이상의 힘이 발생하는 환경에서는 브라켓의 재질 교체 및 형상 변화를 통하여 안정성 보완이 요구될 것으로 판단됨

- 트랙프레임 개발

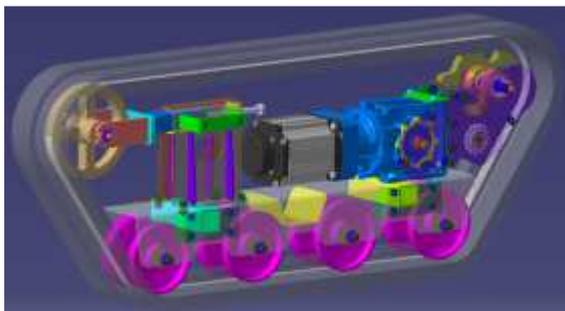


그림 56 트랙 프레임 모델링



그림 57 구동부 파워트레인 구성



그림 58 트랙프레임 시제품품 제작

- 좌우 궤도륜의 독립구동을 통한 기체 주행 및 조향성능 안정성 확보
- 궤도프레임 내측에 파워트레인 설계를 통한 기체내부 작업공간 확보
- 간결한 파워트레인 구성을 통한 기체 정비성 및 내구성 강화 유도

- 주행제어기 설계 및 개발

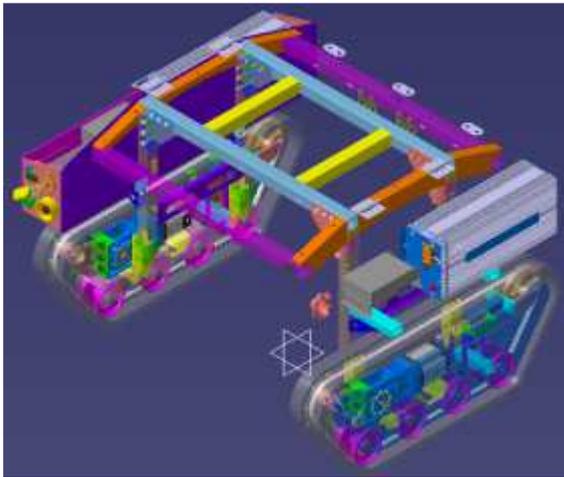


그림 59 궤도부 상단 제어기 설치

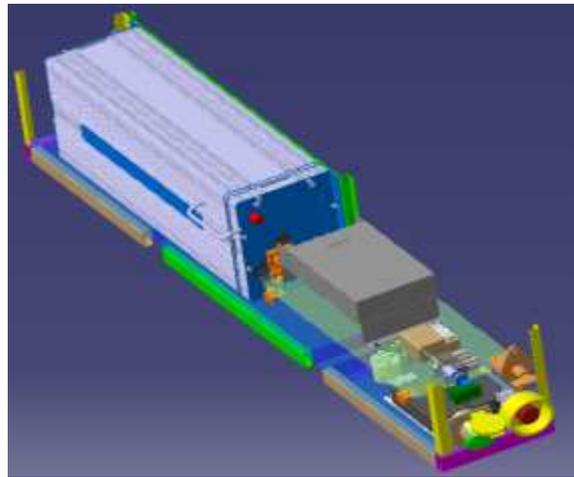


그림 60 기체 전면부 배터리 장착

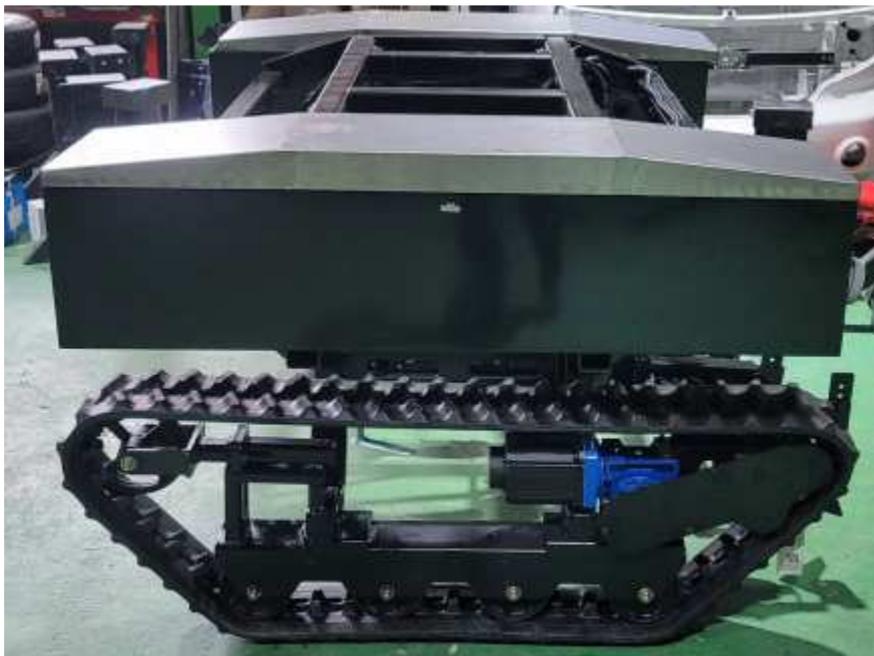


그림 61 제초로봇 주행 기체부 시제품품 제작



그림 62 제어기 박스

- 기체의 안정적 무게중심 확보를 위한 증량배분 설계
- 기체 후방 파워트레인 및 작업기 장착을 고려한 전면부 배터리 장착
- 안정적 주행성능 및 배터리 방전성능확보를 위한 포장 및 노지 주행성능 시험실시



그림 64 국립농업과학원내 포장주행 시험장



그림 65 포장도로 연속주행 성능시험실시결과(I)

		Control command	Control result
Rpm	Max	2,000	2,200
	Min		1,800
P (kw)	Max	1	0.8
	Min	0.5	0.35
T (Nm)	Max	4.8	4.24
	Min	2.38	1.52
SOC Level		90% to 85% 55min [0.09%/min]	

그림 66 포장도로 연속주행 성능시험실시결과(II)

포장도로시험결과 배터리 소모율은 시간당 0.09%로 완충으로부터 방전종지전압 도달시까지 555분이 소요되었으며, 약 9시간 30분 정도의 연속주행을 보임.



그림 67 노지 연속주행 성능시험실시결과(I)

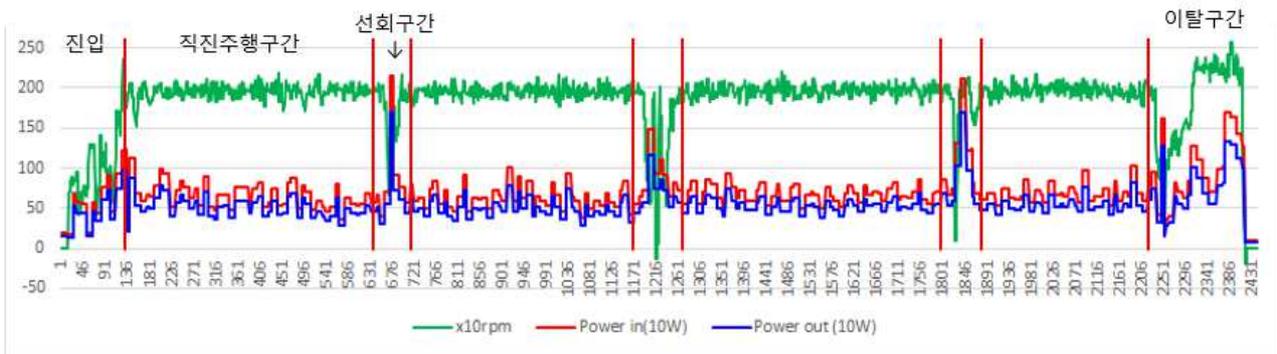


그림 68 노지 연속주행 성능시험실시결과(II)

		Control command	Control result
Rpm	Max		1,350
	Min	1,300	1,280
P (kw)	Max	0.75	0.6
	Min	0.42	0.38
T (Nm)	Max	5.5	4.5
	Min	$=9.55 \times 0.42 \times 1000$	2.68
SOC Level		90% to 40% 438min [0.11%/min]	

그림 69 노지 연속주행 성능시험실시결과(III)

노지주행시험결과 배터리 소모율은 시간당 0.09%로 완충으로부터 방전종지전압 도달시까지 438분이 소요되었으며, 약 7시간 정도의 연속주행성능을 보임.

- 주행성능시험



그림 71 최대주행속도 및 등판성능시험

- 총 9개항 중 8개항 목표 만족 및 1개항 불만족
 - 주행 및 제초분야 전체 비중 70%중 68%달성
- 최대주행속도 목표 7km/hr대비 5.2km/hr로 목표대비 75%달성
 - 주행 속도제어 불안정으로 인한 최대성능 미구현
 - 실 현장 테스트 결과 원격 또는 자율주행시 4.3km/hr이상 기동시 조작자제어가 어려워 최대 주행속도의 하향조절이 필요할 것으로 판단됨.
- 무인화 농작업기 안전성 향상을 위한 안전사양/기능 추가



그림 73 제초로봇 AVMS시스템 추가장착

○ 제초유닛부

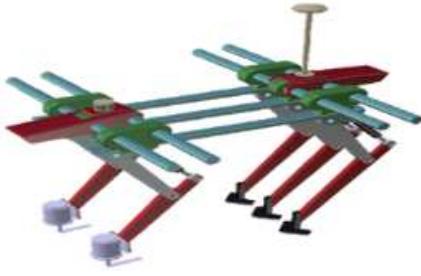


그림 74 기존 제초유닛 설계안

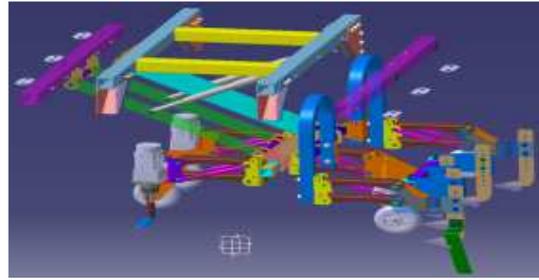


그림 75 부하분석에 의한 제초유닛 모델링



그림 76 주행기체부에 장착된 제초유닛



그림 77 제초유닛 시제품



그림 79 자율주행 및 제초제어 센서장착

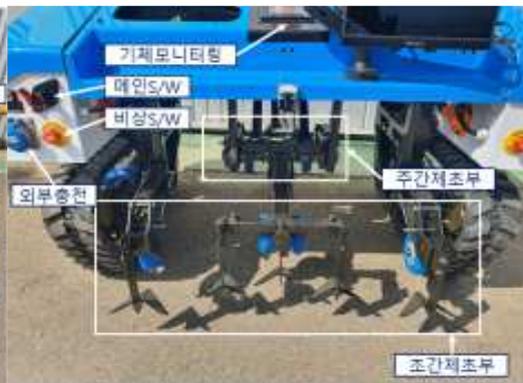


그림 79 제초유닛 적용모델

- 주행기체부 구동부하 및 제초작업기 예상 견인부하에 의한 제초유닛 모델링

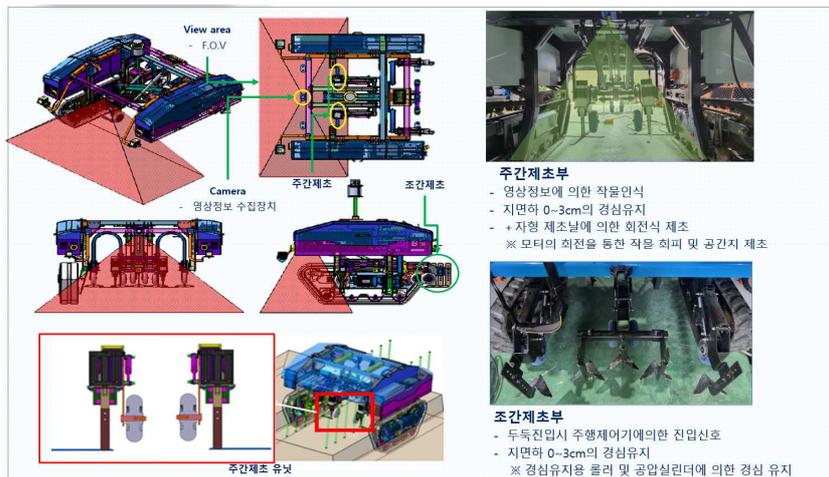


그림 80 Camera Semsor F.O.V 분석 및 주/조간제초 제어 하드웨어 구성

- 기체 전면부 주간제초 및 후방 조간제초유닛 장착을 통한 기체 주행 안정성 확보
- 각 제초날별 링크식 롤링장치 장착을 통한 실시간 지면굴곡대응 유도
- 전면부 영상인식에 의한 주간제초 제어 실시



그림 81 1엽식 제초날 제어



그림 82 2엽식 제초날 제어



그림 83 4엽식 제초날 제어

- 제초로봇 작업속도 64cm/sec이며, 기계식 작물 이식간격은 30cm 이므로 1엽식 제초날 제어의 경우 최소 240rpm의 회전 및 90도 왕복제어 필요 4엽식의 경우 최소 30rpm의 속도에 의한 90도 단위 회전제어 필요
- 기체 주행속도에 대한 원활한 작업제어를 위한 4엽식 제초날 장착

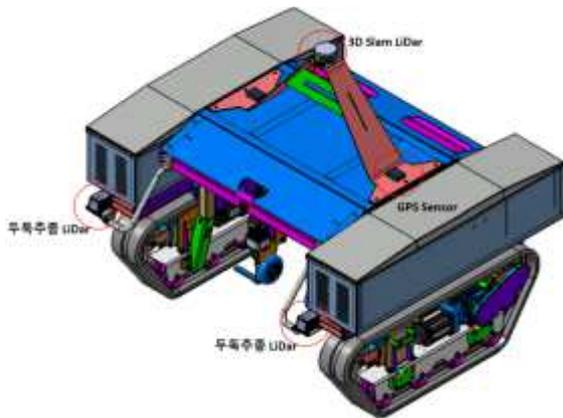


그림 84 제초로봇 시제품 설계안



그림 85 제초로봇 제작 시제품

- 시제작품 실증단지 구동시험 및 정량적 성과 시험
 - 실증단지 구성



그림 86 실증단지 위치



그림 87 실증단지 시험포장 구성



그림 88 두둑성형 규격 및 기체 주행성능 검토

- 기체 주행시험 및 작물영상정보 획득



그림 89 시범단지 두둑주행 테스트



그림 90 시험포장 제초성능 테스트



그림 91 습지 구동에 의한 오염내구성 테스트



그림 92 시험포장 제초성능 및 경심제어 테스트

· 원격제어, 두둑추종, 자율주행에 의한 기체주행 성능 테스트 실시



그림 93 두둑추종 및 두둑이동 연속주행성능 테스트

기체 주행환경

주행속도 : 2.3km/hr [두둑이동] 0.8km/hr [두둑변경]

주행방법 : 폭1.4m X 길이 100m 두둑 연속회행법에 의한 연속주행 시험실시

주행제어 : GPS + 두둑추종 LiDAR에 의한기체 운전제어 [자율주행]

최소1회 원격운전에 의한 주행경로 학습 후 2회차부터 연속주행 실시

출발원점 및 작업완료 후 원점도달시까지 경로학습 실시

시험내용 : 경로이탈여부, 연속주행성능, 주행안정성 확인, 평균 새머리구간 사용면적 측정

· 제초부 영상정보 획득에 의한 제초유닛 작업성능 점검실시



[제초작업전 시험포장 상태]

[제초작업 후 시험포장 상태]

기체 주행환경

작업속도 : 2.3km/hr [조간제초], 1.3km/hr [주간제초병행]

주행방법 : 폭1.4m X 길이 100m 두둑 연속회행법에 의한 연속주행 시험실시

주행제어 : GPS + 두둑추종 LiDAR에 의한기체 운전제어 [자율주행]

제초제어 : 조간제초 - 견인식 구굴식, 주간제초 - 연상인식기반 자율제초

그림 95 자율주행 및 제초성능 필드 테스트

제초부 성능시험을 위해 잡초를 제거하지 않고 잡초의 수고 300mm도달시까지 방치 후 조간제초 성능시험 실시결과 1회차 주행시 제초날내 잡초의 걸림현상이 발생되었으나, 반복작업시 걸림현상이 감소하였고 3회차 제초시 원활한 제초성능을 보임. 이때의 기체 주행속도는 1.5km/hr였음.



그림 96 잡초수고 300mm 도달시 시험포장

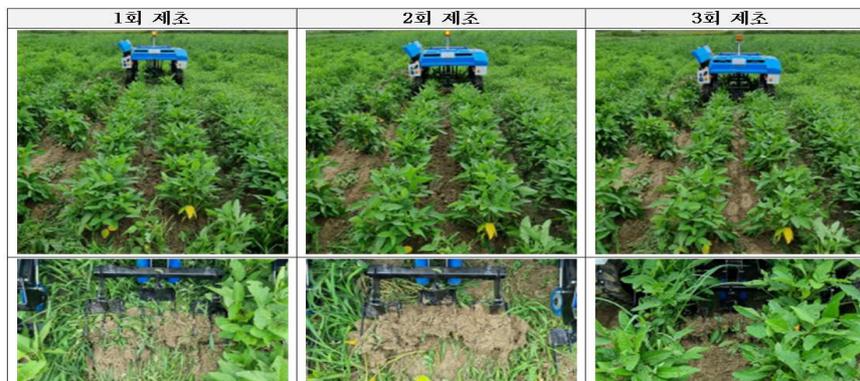


그림 97 시험포장 제초성능 테스트(2차년)

- 무인주행 환경에서의 우발상황에 대한 기체 자동제어 시스템 기술개발
 - 상위 및 하위제어기, 원격송수신기간의 독립적 신호분석에 의한 상황판단 및 대응 시스템 개발
 - 동위 레벨 제어기에 의한 기체제어 및 모니터링 시스템
 - ex) 장애물 판단 - 상위제어기에 의한 장애물 판단 및 하위제어기에 의한 회피 또는 정지제어 실시
 - 다양한 실험환경에 의한 우발상황 상정 및 대응 시나리오 구성

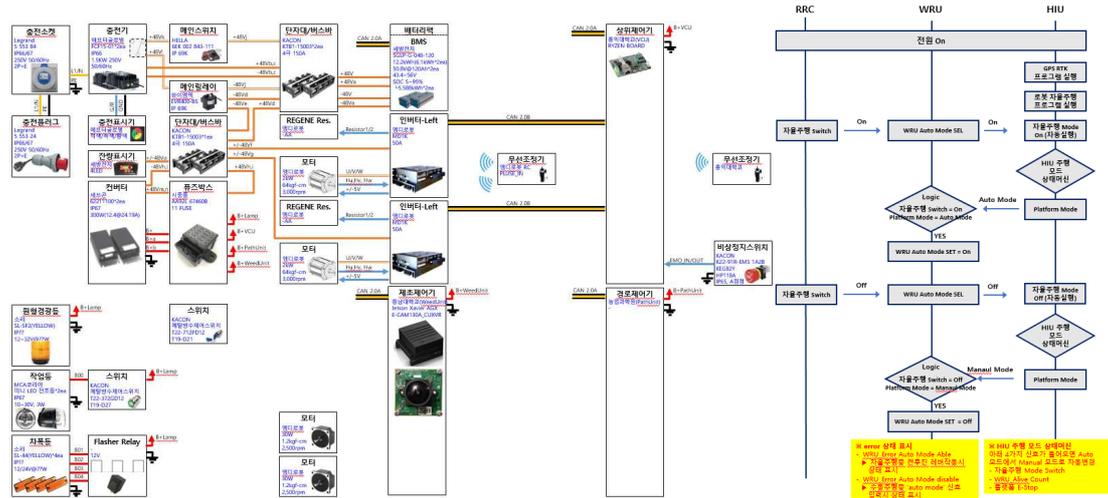


그림 100 제로로봇 주행제어시스템 구성 [우발상황대비 기체 비상제어]

오동작 환경	조치사항	제어기
주행경로상 장애물 확인	<ul style="list-style-type: none"> · GNSS + 2D LiDar에 의한 장애물 감지 · 단독주행시 : 이동장애물 - 정지 및 대기 고정장애물 - 영산신호 송출 확인 · 경로주행시 : 이동장애물 - 정지 및 대기 고정장애물 - 경로 1m폭 이내 회피 	상위제어기
저전압 환경	<ul style="list-style-type: none"> · SOC 30%이하 - 작업 시작시 저전압 경고음 · SOC 20%이하 - 기체정지 + Eco 점등 표시 	하위제어기
통신두절 환경	<ul style="list-style-type: none"> · 1/10sec 단위 무선송수신 상태 확인 · 3/10sec 이상 신호 단절시 경보발생 <ul style="list-style-type: none"> - 기체 경고음 ...[단음3회 연속]+경고등 - 원격제어기 경보 ...[단음3회 연속]+경고등 · 2sec 이상 신호 단절시 기체 자동정지 및 경고음 	상위제어기
제어불능 상황	<ul style="list-style-type: none"> · 원격 제어기 비상정지 스위치 구동시 기체강제정지 	원격제어기 비상스위치

그림 100 -1 기체 주행환경에서의 우발상황별 대응 시나리오

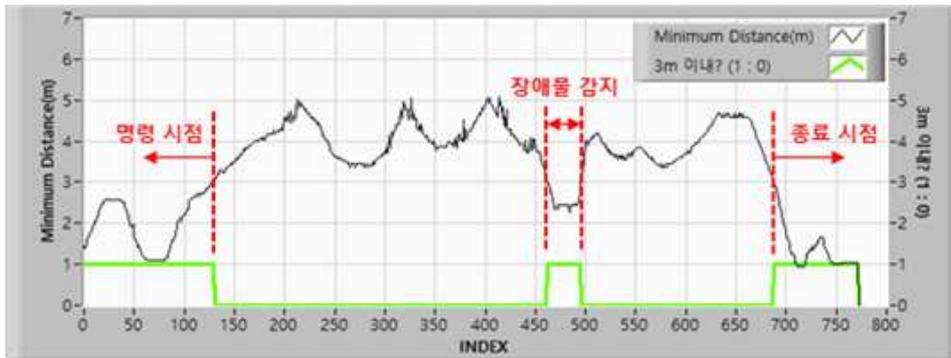


그림 101 장애물 감지거리 측정

	1차	2차	3차	평균값
장애물 감지거리 (m)	3.160	3.050	3.050	3.022
장애물 감지거리 (m)	2.961	2.961	2.950	

- 장애물 감지시험결과 평균 3m이내에서 LiDar에 의한 장애물의 식별이 가능하였으며, 이때의 기체속도는 2.5km/hr로 (0.67m/sec) 이동간 장애물의 식별 후 정지시까지 약 2m의 주행이 이루어져 장애물의 1m 전방에서 기체의 정지상태를 확인 할 수 있었음.

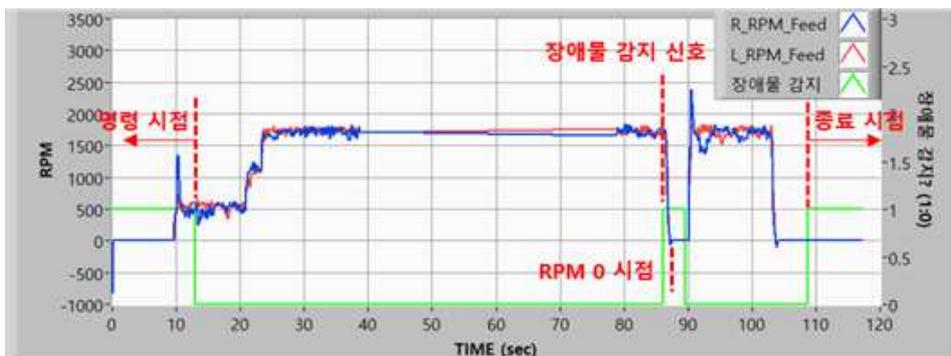


그림 102 장애물 감지 후 기체 대응 속도 측정

	1차	2차	3차	평균값
대응속도	1.4	1.5	1.4	1.43

- 장애물 감지 후 기체의 대응속도에 대한 시간측정 결과 평균 1.43sec의 대응시간이 소요되었으며, 장애물 감지 후 1m주행이 이루어졌으나, 3m 전방의 장애물을 인식할 경우 약 2m의 안전거리 확보가 용이할 것으로 판단됨.

- 제조로봇 사업화를 위한 연전시 참가
 - 2022 대구국제농기자재 전시회



그림 103 2023 대구국제 농기자재 전시참가 (I)



그림 104 2023 eorn 국제 농기자재 전시참가 (II)

- 원격 및 자율주행 제조로봇 2종 전시
- 농진청등 연구기관 및 영농조합법인 자체 시연 및 기술소개 실시
- 김제, 청원, 홍성등 공주산단지 방문시연 요청 및 기술상담 요청

(2) 웅진기계

○ 발작업용 로봇 기대 및 제조 작업부 설계 및 제작

- 제조 작업부 개발
 - 제조방식 설계
 - 제조부의 좌우 상하이동 시스템 설계
 - 제조효과와 전력소모량을 복합적으로 고려한 제조 방식의 선정
 - 굽기형, 베기형, 로터리형 등 3가지 방식으로 제작 및 검증
 - 콩 작물의 주간 사이 잡초 제거를 위한 수평 방향 이동 기능 구현

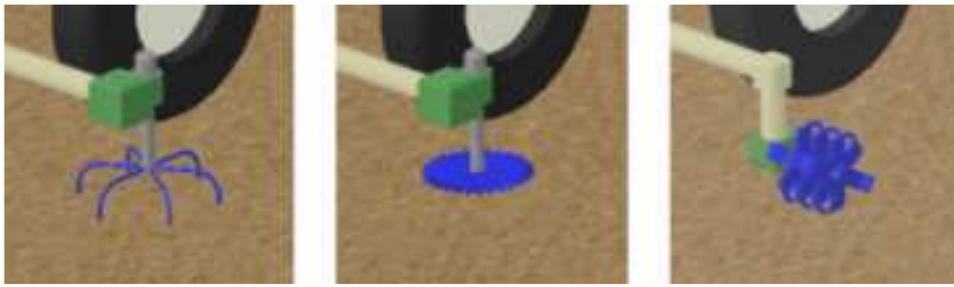


그림 105 제초 작업부의 방식: 굽기형, 베기형, 로터리형

- 제초 로봇 샴시부 개발
 - 주행부 및 제초부와 연결샴시 설계
 - 배터리 및 카메라 의 부착위치 설계



그림 106 주행부 및 구동 샴시부 예

나. 연구결과

- 연구포장지의 두둑간 정확한 작업방법 확인
 - 작업트랙터에 GPS수신기를 부착한 모델은 다음줄 작업시에 두둑간거리를 입력후 작업시에는 정확한 거리로 두둑간거리를 작업 가능함
 - 자율주행 가능한 트랙터로 일관작업 필요
- 제초부 제작 및 조립
 - 제초부 조립



그림 107 제초부 조립 시제작 사진 (1)

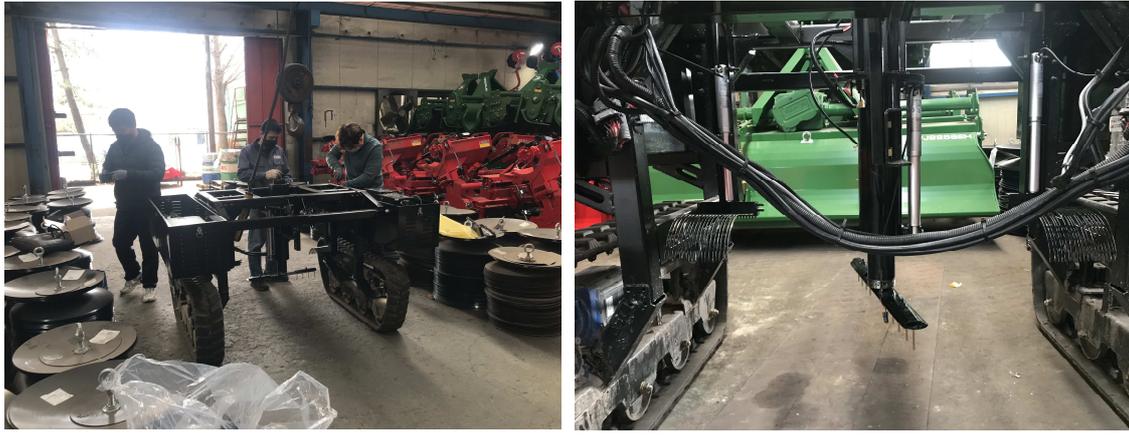


그림 98 제초부 조립 시제작 사진 (11)

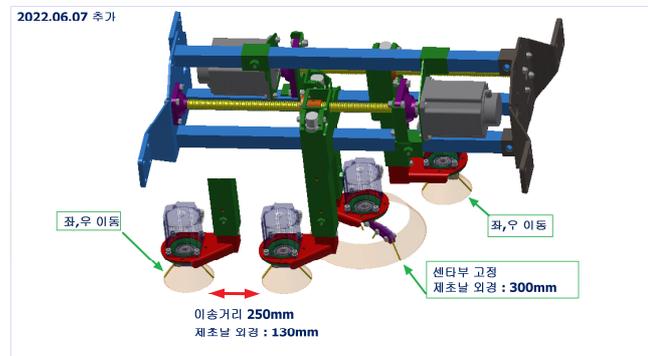
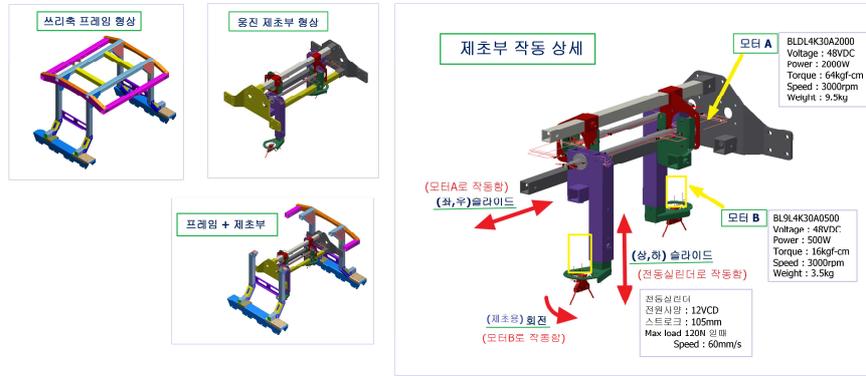


그림 110 3축 회전 제초형 제초부



그림 112 3축 회전 제초형 제초부



[두둑성형 및 파종]



[밭아관리]

그림 115 3축 회전 제초형 제초부



[회전식제초날 성능시험]

(3) 국립농업과학원

- 머신비전을 이용한 작물열 검출 및 국소영역 경로 생성 기술 개발
 - 영상 또는 LiDAR 기반 기구학을 이용한 작물열 인식 기술 개발
 - 콩 밭 작물열 영상 특징 분석 및 주요 파라미터 도출
 - 작물열 경계 검출을 통한 주행경로 평가 및 제어 기준 도출
 - Multi-ROI 등을 이용한 연속적 작물열 추종 기술

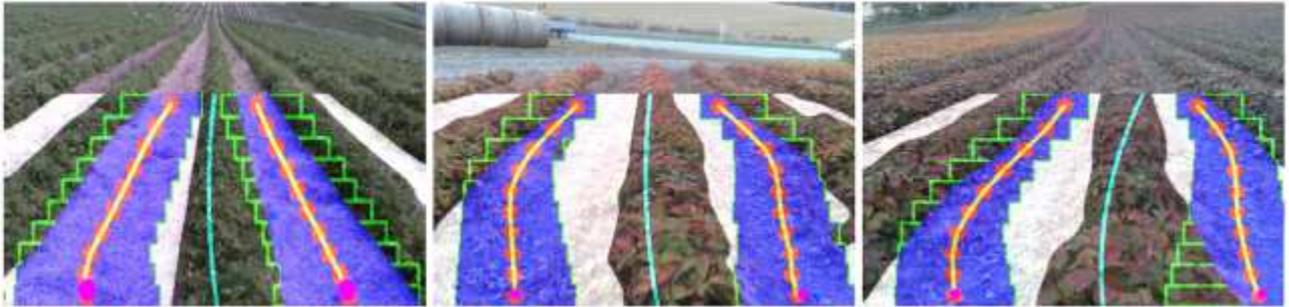


그림 116 영상기반 작물열 검출을 통한 경로 생성기술(Ponnambalam et al., 2020)

- 작물열 추종을 위한 조향 제어 기술 개발
 - 실시간 경로 추종을 위한 조향 제어 가이드 알고리즘 개발
 - 제초로봇 동역학적 모델을 고려한 조향 기술 설계
 - 주행 반경을 고려한 제어 constrain 제시
 - 전역 경로 계획 연동 제어 기술 개발
 - 전역-국소 연동을 통한 효율적 제어 가이드라인

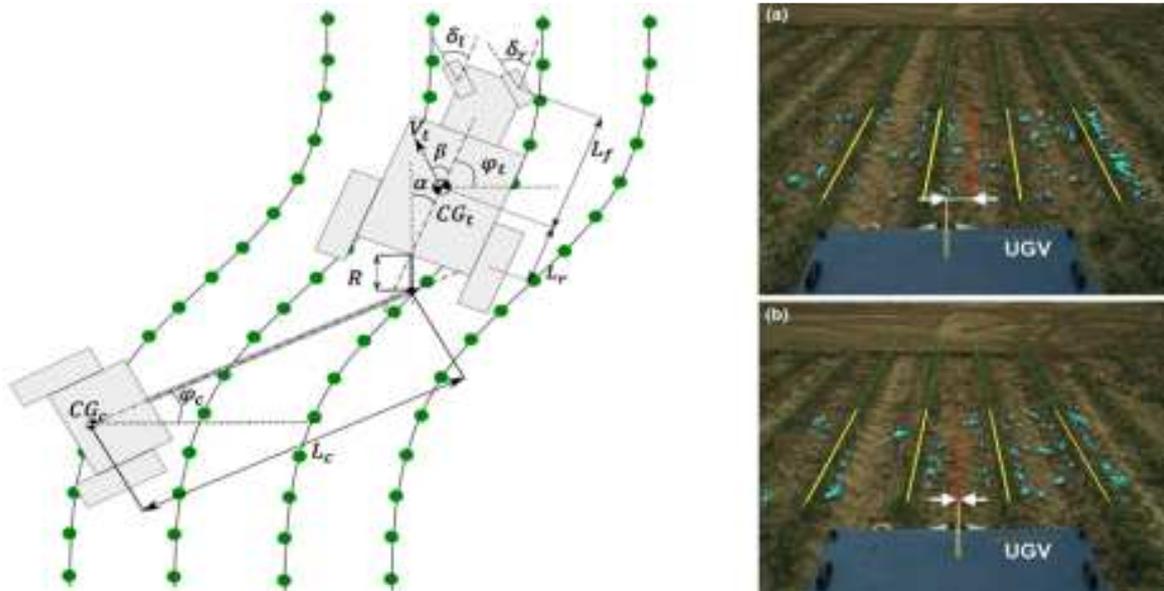


그림 117 농작업기계 주행모델 및 작물열 기반 조향 제어 기술 예시

나. 연구결과

○ 제초 로봇의 장애물 감지 거리 측정

- LiDAR 데이터 처리 알고리즘 구현

- LiDAR에서 출력되는 포인트 클라우드 데이터의 지면점 및 노이즈 제거
- 지면점 및 노이즈 제거 후 LiDAR와의 직선거리가 가장 작은 데이터 저장
- LiDAR와의 직선거리가 가장 작은 데이터의 거릿값이 3m 이내이면 '1', 아니면 '0' 저장

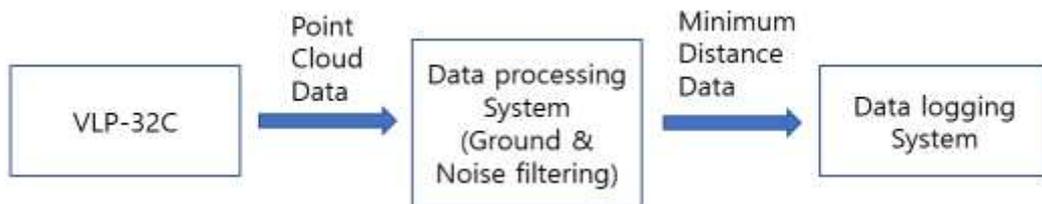


그림 118 데이터 처리 및 로깅 시스템 구성

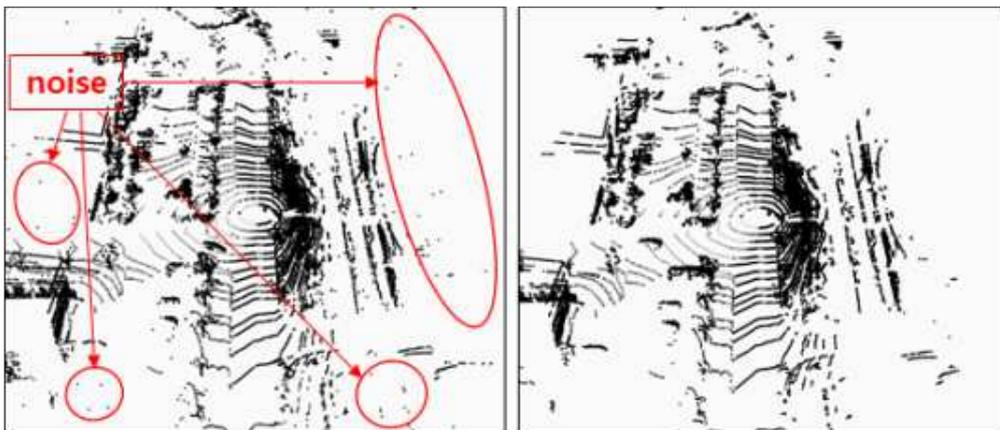


그림 119 노이즈 필터링 전(좌), 노이즈 필터링 후(우)

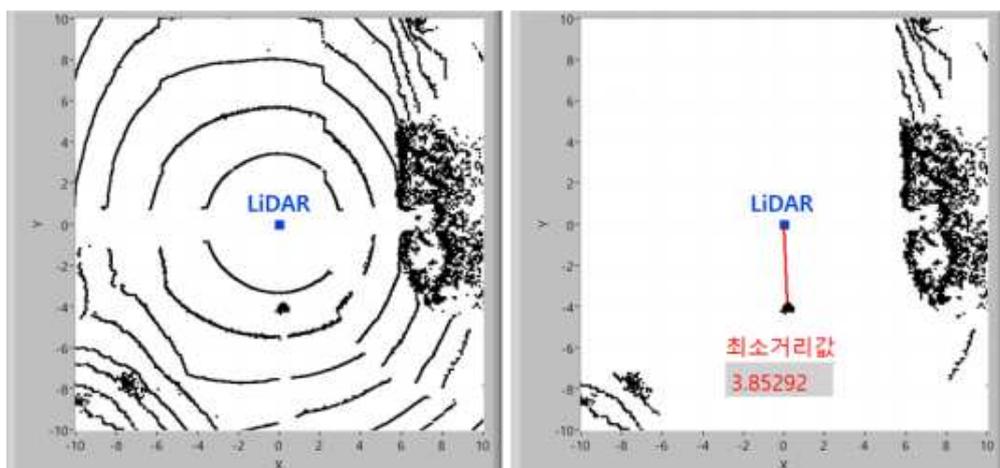


그림 120 최소 거리 데이터 관측 전(좌), 최소 거리 데이터 관측 후(우)

- 제초 로봇의 장애물 감지 거리 측정

- LiDAR로부터 3m 이내에 사람이 있을 때 '1'의 값이 출력되는지 확인
- LiDAR로부터 3m 이내에 사람이 없을 때 '0'의 값이 출력되는지 확인
- '0'에서 '1'의 값으로 변하기 직전과 직후 거리 데이터 확인



그림 121 LiDAR로부터 3m 지점에 대기 중인 사람

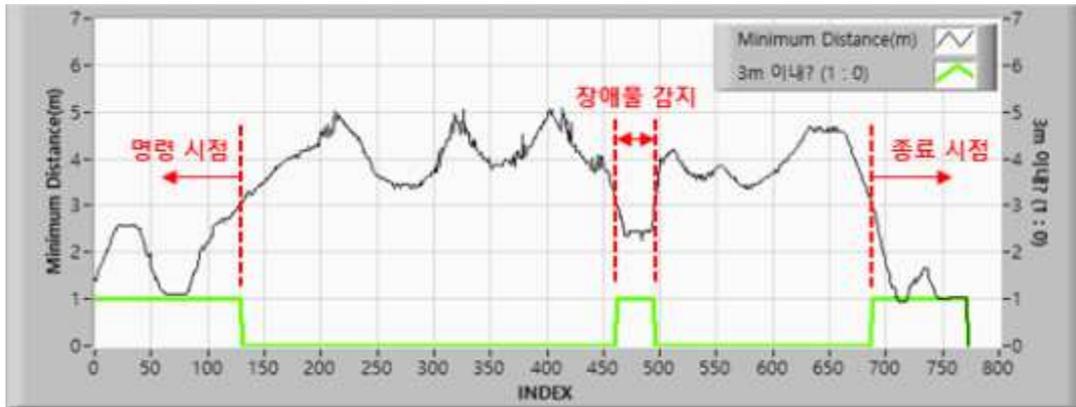


그림 122 장애물 감지 거리 측정 그래프

- 제초 로봇의 장애물 감지 거리 측정 결과

	1차	2차	3차	평균값
장애물 감지 직전 거리 (m)	3.160	3.050	3.050	3.022
장애물 감지 직후 거리 (m)	2.961	2.961	2.950	

정량적 목표 항목 및 결과	
목표 장애물 감지 거리 (m)	3
결과 장애물 감지 거리 (m)	3.022

○ 장애물 감지 후 제초 로봇의 대응 속도

- 플랫폼 속도 제어를 위한 LiDAR 데이터 처리

- LiDAR에서 출력되는 포인트 클라우드 데이터의 지면점 및 노이즈 제거
- 지면점 및 노이즈 제거 후 LiDAR와의 직선거리가 가장 작은 데이터 저장
- LiDAR와의 직선거리가 가장 작은 데이터의 거릿값이 3m 이내이면 '1', 아니면 '0' 으로 저장하고, CAN 인터페이스로 변환하여 주행 제어기로 전달

- 플랫폼 정지 제어 시스템

- 제초 로봇 주행 제어기가 LiDAR로부터 '1' 을 수신하면 로봇의 모터 구동 명령값 0 RPM을 출력하여 로봇을 정지하도록 함

- 제초 로봇 주행 제어기에서 출력되는 ‘모터 명령 값’ 과 ‘모터 RPM 값’ 을 CAN 인터페이스로 변환하여 데이터 로깅 시스템에 전달

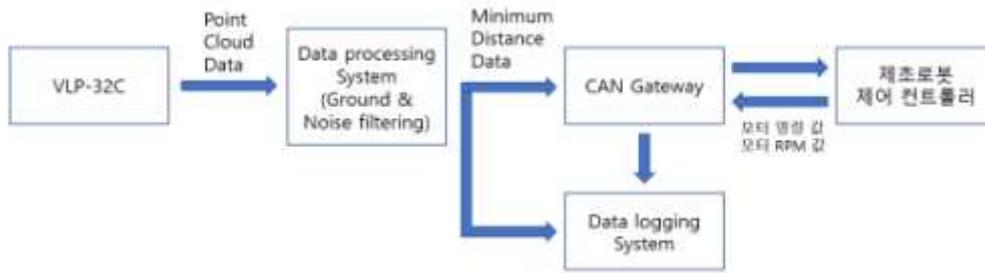


그림 123 로봇의 주행 정지 제어 및 데이터 처리 및 로깅 시스템 구성

- 장애물 감지 후 제초 로봇의 대응 속도 측정
 - 대응 속도는 LiDAR가 3m 이내의 장애물을 감지한 시간과 모터 RPM이 0으로 출력되는 시간의 차를 통해 확인



그림 124 전방 물체를 감지하고 정지한 제초 로봇

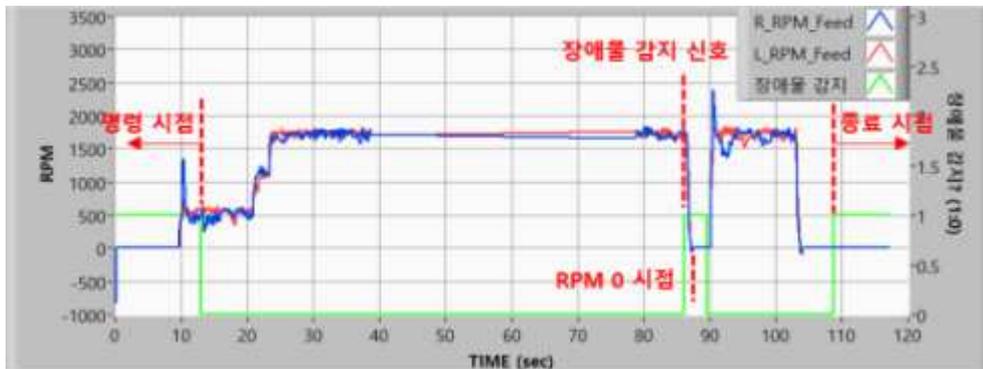


그림 125 장애물 감지 후 로봇의 대응 속도 측정 그래프

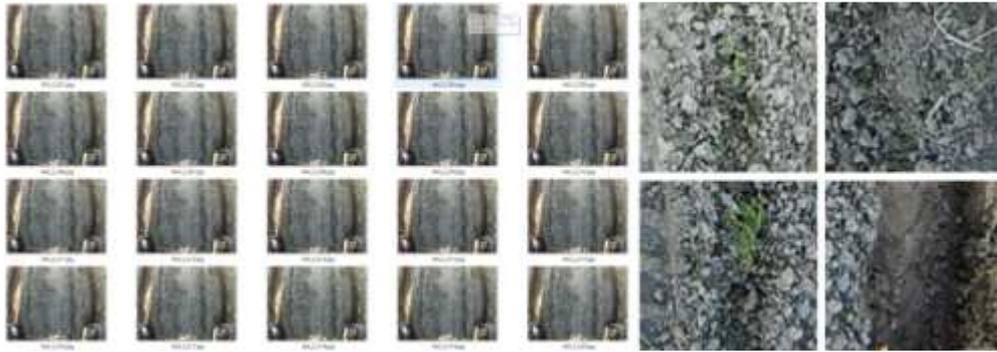
- 장애물 감지 후 제초 로봇의 대응 속도 측정 결과

	1차	2차	3차	평균값
대응 속도 (sec)	1.4	1.5	1.4	1.43

정량적 목표 항목 및 결과	
목표 대응 속도 (sec)	20
결과 대응 속도 (sec)	1.43

- 데이터 실시간 수집 및 학습 DB 구축

- 학습데이터는 전라북도 김제시 죽산면에서 실시간 콩 영상 수집 장치를 이용하였으며, 이때 센서 시스템은 콩 제초 로봇 시작품에 탑재한 상태임(2021년 10~11월 촬영)
- 영상 시스템은 카메라의 FOV (field of view) 및 조간 길이를 고려하여 제초로봇의 전면부 중심의 높이는 1m 위치에 설치되었으며, 2조의 동시 촬영이 가능함
- 아래 그림은 콩 파종 이후 생육 초기 단계에서 수집된 영상샘플 예시이며, 중심의 좌, 우에는 콩 영역이 주기적으로 관찰되며, 그 외에는 일정한 배경들로 구성되고 있음
- 따라서, 전체 배경과 콩 영역의 분할을 통해 콩의 무게 중심을 유추할 수 있으며, 이를 기반으로 주간 제초가 가능할 것으로 판단됨



(a) 영상 샘플

(b) 대표적인 부류(좌: 콩, 우: 배경)

콩, 우: 배경)

그림 126. 콩 밭 영상수집 결과 예시

- 콩 영역 인식 및 제초부 연계 제어 결과

- 아래 그림은 콩이 RoI 내에서 인식된 후 연속적으로 추적된 결과를 보여주고 있으며, 오른쪽에서 2개 열린 모터 제어 시점을 의미함
- 좌, 우에 대해 RoI 내에서 콩 영역이 예측된 후 제어 시점이 평가되고, 이를 기반으로 모터가 90° 씩 제어가 가능하였음
- 현재 생육 초기 단계의 콩 영상으로만 학습된 결과이며, 추후 생육단계별 영상과 잡초가 포함된 영상 등 다양한 분포를 학습함으로써 검출 성능을 최적화할 수 있을 것으로 판단됨
- 또한, 영상 해상도 향상을 위해 FOV 확대 및 설치 위치 변경 등이 필요하며, 정확한 제초 타이밍 결정을 위해 왜곡 보정, 시간에 따른 절대 위치 예측 기술 등의 개발이 추가적으로 필요할 것으로 판단됨

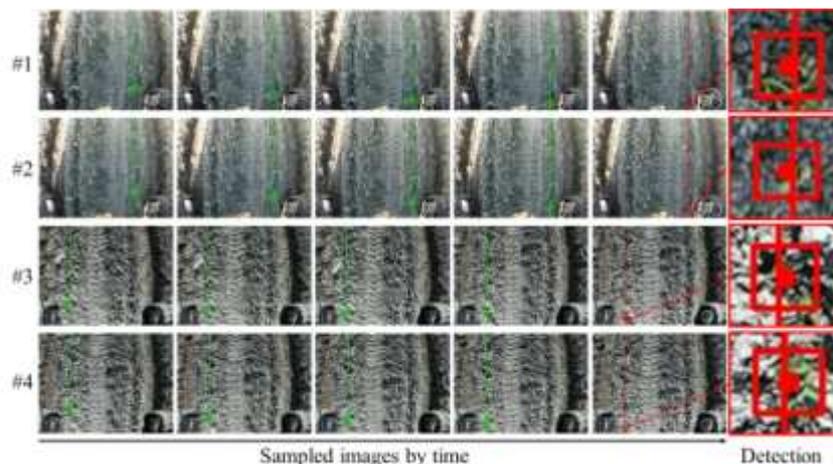
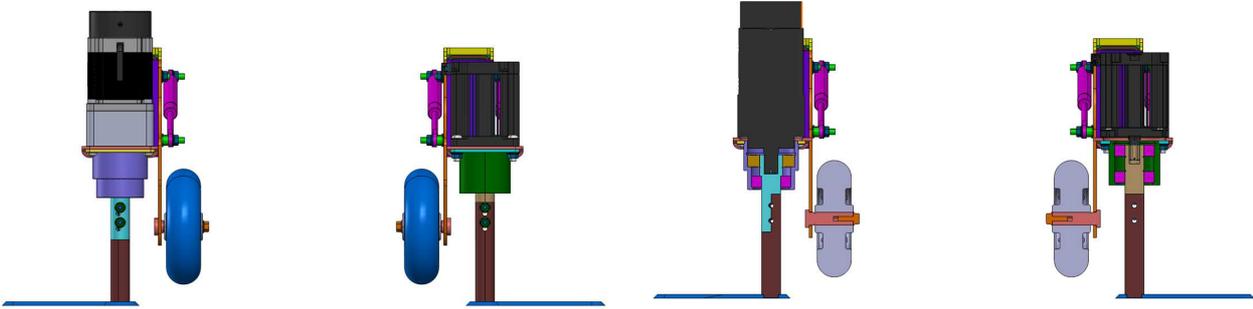


그림 127. 제초날 위치 제어를 위한 콩 영역 접근 예측 시각화

○ 콩 영역 인식 기반 조간 제초 메커니즘 연동 전략 및 제어 알고리즘 개발

- 제초날 모터 제어 시스템 기구부 설계

: 인식 기반 제초 시스템의 로봇 본체 적용을 위해 모터 등의 요소 장착을 위한 기구부 설계를 진행하였으며, 아래 그림과 같음.



(a) 개선(좌) 및 기존(우)의 외부형상

(b) 개선(좌) 및 기존(우)의 내부구조

그림 128. 제초 로봇 적용을 위한 모터 시스템 장착부 설계

- 제초날 위치 제어를 위한 모터 시스템 구성

: 제초날의 위치 제어는 위해 5상 기어드(브레이크 일체형) 스테핑 모터(A200K-M599-GB10, Autonics, Korea)를 이용하였으며, 모터 제어를 위한 모터 드라이브(MD5-HD14, Autonics, Korea), 상위 제어기, 컨버터 등으로 구성되어 있음.

: 모터는 기어박스과 브레이크가 포함되어 있으며, 최대허용토크는 200 kgf·cm, 정격전류 1.4 A/Phase, 감속비 1 : 10, 허용속도범위 0-180 rpm의 주요 사양을 가지고 있음. 특히, 브레이크가 포함되어 있어 제초 시 부하로 인해 위치가 변경되는 것을 방지 할 수 있음.

: 모터 드라이브는 bipolar 정전류 pentagon drive 방식으로 20-35 VDC의 전원전압을 가지며 최대구동전류는 1.4 A/Phase, 최대소비전류는 3A 등으로 사용된 모터 제어를 위한 전용 사양으로 구성되어 있음.

: 상위 제어기는 마이크로 컨트롤러(STM32-Nucleo, STMicroelectronics, Switzerland)를 이용하여 개발하였으며, 콩 인식 정보 수집 및 모터 상태 정보 회신을 위한 NVIDIA Jetson board와의 통신은 UART로 설계하였음.

: 전력 공급은 본체의 배터리로부터 나오는 48V를 DC-DC 컨버터를 이용하여 각각의 요소 구동에 필요한 전압 레벨로 변환하여 사용하였으며, 이때, 모터와 드라이버는 24V, 제어기와 브레이크 릴레이는 5V임.

: 제초날의 안정적인 토양 진입 및 고정을 위해 모터 내 브레이크를 제어하였으며, 모터의 위치 제어 후 릴레이를 통해 자동으로 동작되도록 알고리즘을 구성하였음.

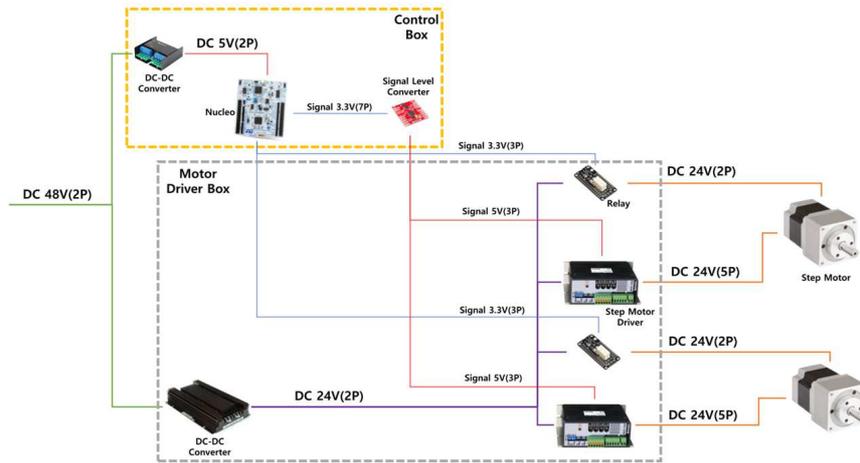


그림 129. 모터 제어 시스템 설계

- 제초부 연계를 위한 실내 시험 구성

- : 콩 영역 인식 및 가변 제초의 전체 시스템 통합과 연계 제어를 위한 실내 시험장치를 아래와 같이 구성하였으며, 실시간 영상을 입력으로 성능을 평가하였음.
- 콩 영역이 영상 내 하단에 위치할 때 실제 로봇의 주행속도와 영상으로부터 예측된 속도 정보를 이용하여 해당 영역이 제초날 근처에 도착하는 타이밍을 평가하였으며, 이때, 시각적인 확인을 위해 인식부의 색상을 붉은색으로 표기 및 모터의 회전을 관찰하였음.



그림 130. 인식-제초 연동을 위한 실내 시험 환경 구성

- 콩 영역 인식 및 제초부 연계 제어 결과

- : 아래 그림은 콩이 RoI 내에서 인식된 후 연속적으로 추적된 결과를 보여주고 있으며, 오른쪽에서 2개 열린 모터 제어 시점을 의미함.
- 좌, 우에 대해 RoI 내에서 콩 영역이 예측된 후 제어 시점이 평가되고, 이를 기반으로 모터가 90°씩 제어가 가능하였음.
- 현재 생육 초기 단계의 콩 영상으로만 학습된 결과이며, 추후 생육단계별 영상과 잡초가 포함된 영상 등 다양한 분포를 학습함으로써 검출 성능을 최적화할 수 있을 것으로 판단됨.
- 또한, 영상 해상도 향상을 위해 FOV 확대 및 설치 위치 변경 등이 필요하며, 정확한 제초 타이밍 결정을 위해 왜곡 보정, 시간에 따른 절대 위치 예측 기술 등의 개발이 추가적으로 필요할 것으로 판단됨.

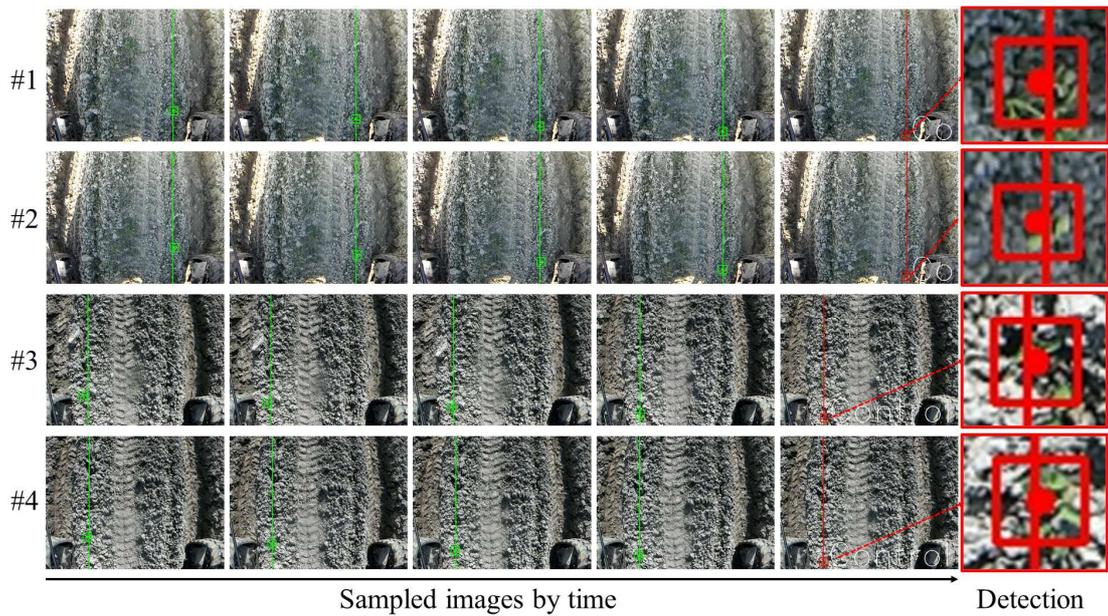


그림 131. 제초날 위치 제어를 위한 콩 영역 접근 예측 시각화

(4) 홍익대학교

○ 국내 밭 환경에 적합한 저가형 무인 자율주행 시스템 구성

- 국내 밭 환경에 적합한 농업용 제초 로봇 플랫폼 시스템의 기술 및 연구 동향 조사
- 제초 로봇 플랫폼의 자율주행을 위한 하드웨어 시스템 및 소프트웨어 아키텍처 개발
- Evaluation Board 기반의 양산형 자율주행 컨트롤러 개발
- 무선주행제어 컨트롤러 개발



전륜 조향 방식의 궤도형 플랫폼



스키드(Skid) 조향 방식의 궤도형 플랫폼

그림 132 국내 밭 환경에 적합한 제초 로봇 플랫폼 형태 및 하드웨어 시스템 구현 (예시)

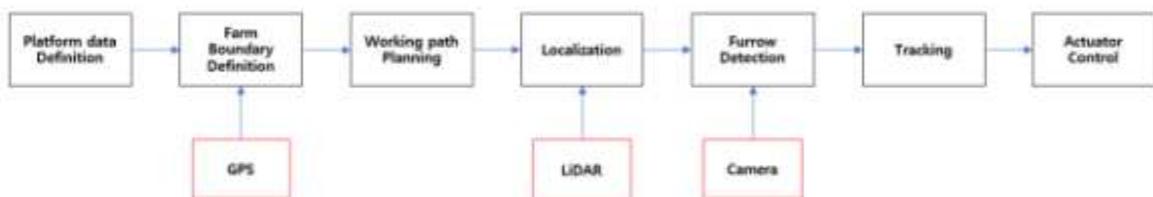
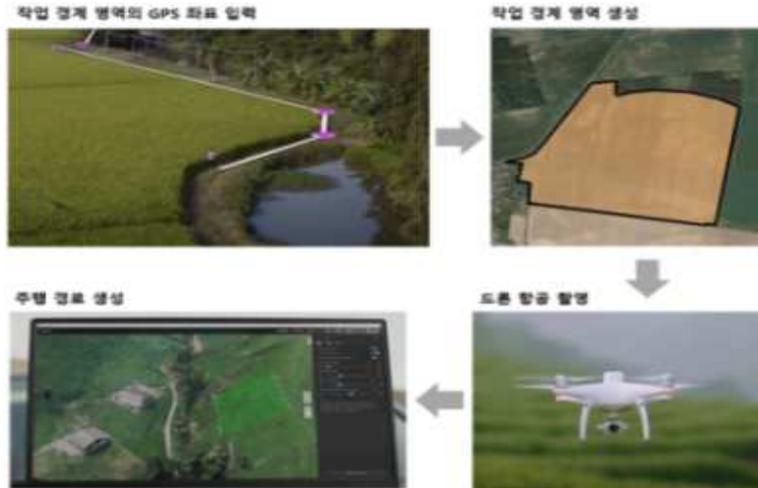


그림 133 제초 로봇 플랫폼 소프트웨어 아키텍처 구성안

○ 밭 포장의 최적 농작업을 위한 경로 생성 기술 개발

- GPS의 위치 데이터 기반 밭 작업 영역(Field boundary) 생성 알고리즘 개발
- 무인 멀티콥터를 활용한 3D Map 기반의 경로 계획 알고리즘 개발



[밭 포장의 최적 농작업을 위한 경로 생성 기술 구성안]

○ 작물 생산성 향상을 위한 정밀한 자율주행 기술 개발

- 작물이 성장하지 않은 두둑의 경우 지면과 두둑 간의 경계가 확연하여 두둑 검출이 비교적 쉽지만, 작물이 성장한 뒤는 두둑과 지면의 경계점 비교만으로는 두둑 검출이 어려울 수 있음
- 성장한 작물에 가려진 상황에서 두둑을 검출하는 LiDAR 필터링 기술이 필요함
- 성장한 작물에 대한 LiDAR 필터링 두둑 검출 알고리즘을 바탕으로 제초 로봇의 정밀한 주행 기술을 구현



그림 135 작물 및 잡초가 있는 밭 환경

○ 비정형 환경에서의 제초 로봇의 안정적인 주행 제어 기술 개발

- 국내에 보급된 두둑 성형 형태에 맞춰 제초 로봇의 안정적인 주행 알고리즘 개발
- 두둑 간의 좁은 간격을 고려한 제초 로봇의 안정적인 선회 기술 개발



그림 136 국내 보급된 두둑 성형기

나. 연구결과

○ 제초 로봇 자율주행 시스템 개발

- 상위제어기는 인지와 판단을 수행하는 제어기로서 LiDAR와 GPS를 통해 현재 위치를 인식하여 자율주행을 위한 속도 및 조향각을 생성함
- 하위제어기는 플랫폼을 제어하는 제어기로서 상위제어기에서 생성된 속도 및 조향각을 구동 시스템에 전달하여 플랫폼을 제어함
- 모듈러 형태의 자율주행 시스템 형태로서 임베디드 컨트롤러를 사용한 하위제어기는 자율주행을 사용하지 않는 원격 수동 조종의 경우 하위제어기만을 사용하여 플랫폼의 구동이 가능하도록 설계

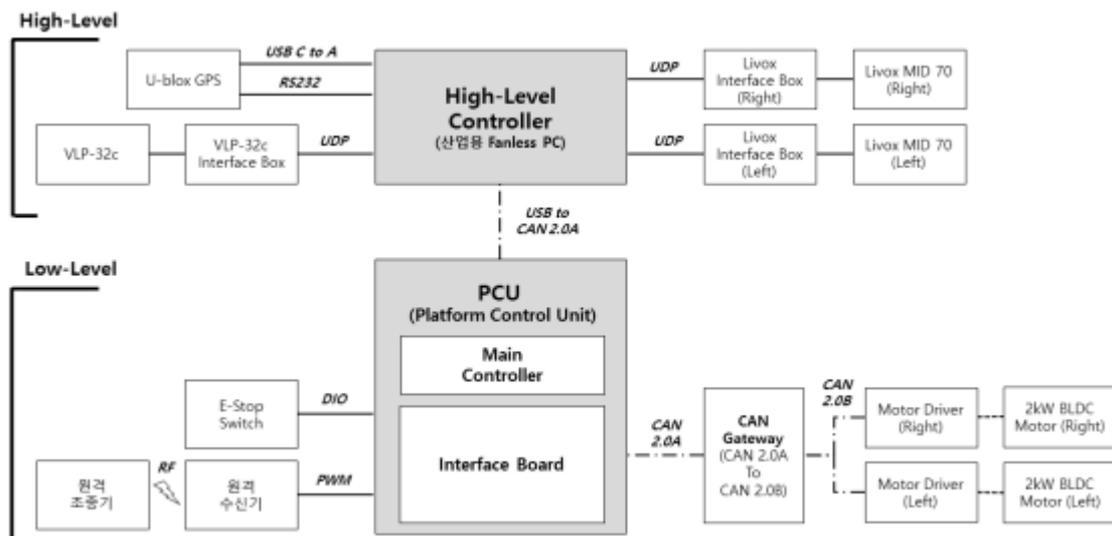


그림 137 제초 로봇 플랫폼 자율주행 시스템 구성도



그림 138 자율주행 시스템이 장착된 제초 로봇 플랫폼

○ 제초 로봇 플랫폼 임베디드 컨트롤러 개발

- 제초 로봇의 자율주행을 위한 Evaluation Board 기반의 컨트롤러 설계

제어기 명칭	역할 및 사양
	<ul style="list-style-type: none"> - 역할 : 상위제어기의 CAN 통신 및 플랫폼 통합 제어 알고리즘 처리 메인 컨트롤러와 인터페이스 확장 보드의 결합 형태 - 임베디드 보드 사양 <ul style="list-style-type: none"> · 메인 컨트롤러 : myRIO-1900 (National Instrument) · 인터페이스 확장 보드 <ul style="list-style-type: none"> ① MCU : 32bit RISC Cortex M4(STM32F407) ② Interface : CAN 2.0A, PWM, RS232, Encoder, Analog IO
	<ul style="list-style-type: none"> - 역할 : CAN 변환 모듈 - 임베디드 보드 사양 <ul style="list-style-type: none"> · 인터페이스 <ul style="list-style-type: none"> · MCU : 32bit RISC Cortex M4(STM32F407) · Interface : CAN 2.0A, PWM, RS232, Encoder



① Low-Level Control Box

- 크기(WxDxH) : 280 x 280 x 130 mm
- 하위제어기 및 CAN Gateway 내장
- 제어기 전원 공급 관련 배선 내장

② High-Level Controller (산업용 Fanless PC)

- 모델명 : NUVO-7000LP (Neosys Technology 社)
- 크기(WxDxH) 240 x 225 x 79 mm
- 상위제어기로서 인지센서 알고리즘 처리



▲ NUVO-7000LP

그림 139 제초 로봇에 장착된 하위제어기와 상위제어기

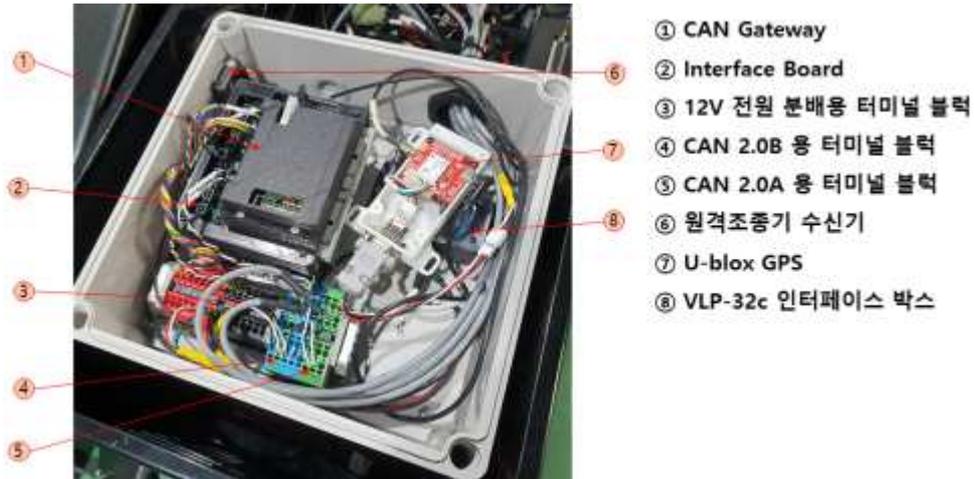


그림 140 제초 로봇에 장착된 하위제어기 컨트롤박스 내부

○ GPS와 LiDAR를 활용한 두둑 인지 자율주행 알고리즘 개발

- 주행 경로 생성 알고리즘 제작
- 제초 로봇 플랫폼의 자율주행 알고리즘의 골격은 Waypoint 경로 추종이며 경로 추종을 위해 주행 경로 정의 파일(RDDF, route data definition file) 생성이 선행되어야함
- RDDF는 경로의 Index, X 좌표, Y 좌표, 명령 속도 로 구성된 경로 정의 데이터이며 생성 방법은 경로를 주행하여 경로 좌표를 취득하거나 SLAM 을 통해 정밀 지도를 제작하여 경로를 생성함
- GPS를 이용하여 제초 로봇이 주행한 경로를 경위도 좌표로 저장하고 이를 제초 로봇의 주행 속도를 고려하여 20 cm 간격으로 보간하여 주행 경로를 생성



그림 141 두둑 인지 자율주행 알고리즘

○ 두둑 인식 주행 알고리즘과 연계된 Waypoint 주행 알고리즘

- 두둑의 영역을 Waypoint에 표시하는 형태의 주행 알고리즘을 구성
- GPS Waypoint 주행 알고리즘과 LiDAR 기반 전방 두둑 검출 주행 알고리즘의 결과값은 조향각이며 제초로봇 플랫폼은 두둑 영역의 검출 유무를 바탕으로 각 알고리즘에서 출력하는 조향각을 선택하여 주행

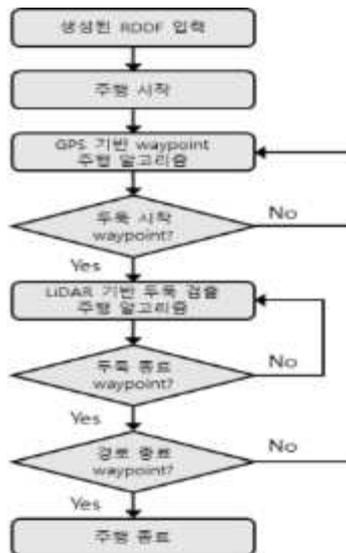


그림 142 GPS와 LiDAR를 활용한 두둑 인지 자율주행 알고리즘 순서도

○ 제초 로봇의 자율주행 경로 주행 추종 오차

- 제초 로봇의 자율주행 아키텍처 구현

- 플랫폼의 자율주행을 위해서 플랫폼의 위치 및 자세를 인식하는 컴포넌트, 경로계획 컴포넌트, 경로를 따라 주행하기 위해 제어량을 계산하는 항법 컴포넌트, 계산한 제어량에 맞춰 구동 액추에이터를 제어하는 플랫폼 제어 컴포넌트로 자율주행 알고리즘을 구성

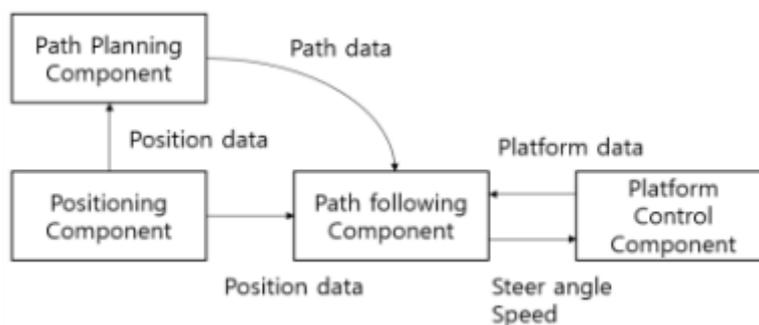


그림 143 플랫폼의 자율주행 알고리즘 구성도

- GPS 기반 Waypoint 주행을 위한 경로 추종 알고리즘

- 플랫폼의 중심좌표와 목표점을 지나며 플랫폼의 진행 방향과 접하는 원을 찾고, 원의 반지름을 이용해 플랫폼을 제어하는 Pure pursuit 알고리즘 적용

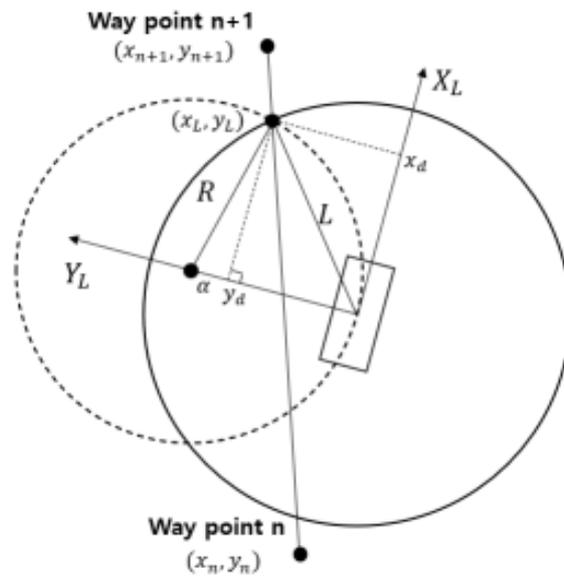


그림 144 Pure pursuit 알고리즘 기구학적 모델

- 경로 주행 오차 측정 시험
 - 광파거리 측정기를 이용하여 제초 로봇의 주행 경로 좌표 측정
 - 주행 경로의 누적 분포 95% 이탈거리 확인
 - 주행 경로의 평균 이탈거리 계산

$$\text{평균 이탈거리} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |error_{path,i}|$$

- 주행 경로의 평균 제곱근 오차(RMSE) 계산

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (error_{path,i})^2}$$



그림 145 광파거리 측정기(좌), 프리즘(우)



그림 146 자율주행 중인 제초 로봇과 광파 거리 측정기

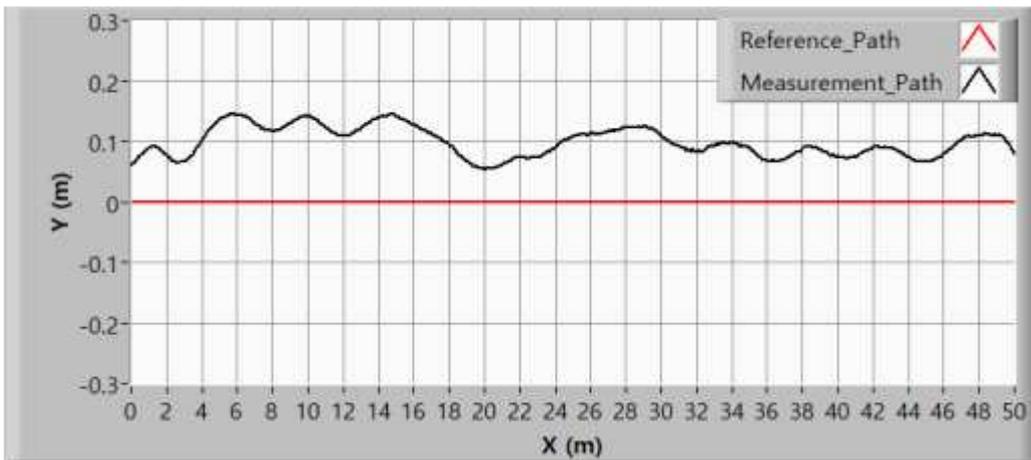


그림 147 경로 주행 오차 측정 결과 그래프

4) 경로 주행 오차 측정 결과

구 분		1차	2차	3차	평균값
경로 주행 오차 (m)	누적 분포 95% 이탈거리	0.139	0.144	0.139	0.141
	평균 이탈거리	0.102	0.101	0.096	0.100
	평균 제공근 오차	0.105	0.108	0.099	0.104

정량적 목표 항목 및 결과	
목표 경로 주행 오차 (RMSE)	30 cm
결과 경로 주행 오차 (RMSE)	10.4 cm

○ 제초 로봇의 자율주행 속도 제어 성능

- 차량 속도 제어 시스템

- 엔코더로부터 모터의 회전수를 피드백 받고 PID 제어를 통해 목표 회전수에 도달하며 이를 유지하기 위해 모터의 출력값을 조정

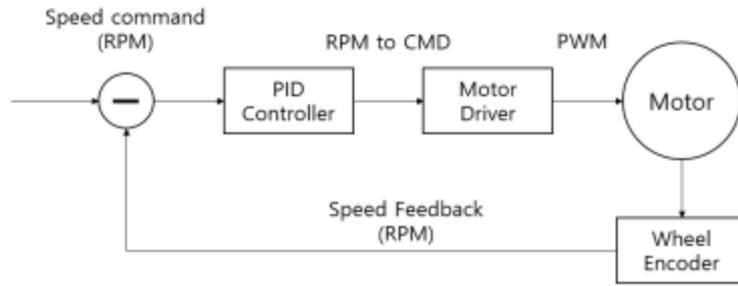


그림 148 속도 제어 알고리즘 구성도

- 차량 속도 제어 성능 측정

- GNSS 시스템을 이용하여 제초 로봇의 속도 측정
- 차량 속도 제어 성능은 제초 로봇의 현재 주행 속도와 주행 명령 속도의 상대오차 최대값을 통해 확인

$$\text{상대 오차} = \frac{|V_{GNSS} - V_{CMD}|}{V_{CMD}} \times 100(\%)$$

(V_{GNSS} : GNSS 출력 속도, V_{CMD} : 주행 명령 속도)



그림 149 미리 설정한 주행 경로를 추종하는 제초 로봇

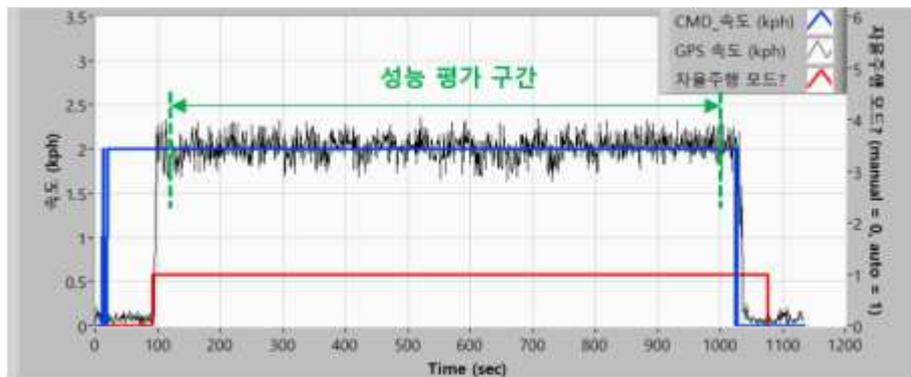


그림 150 차량 속도 제어 성능 측정 그래프 (2kph)

- 차량 속도 제어 성능 측정 결과

시험항목	명령 속도 2kph			평균값	총 평균값
	1차	2차	3차		
속도 제어 성능 (%)	17.864	17.679	17.417	17.653	16.921
	명령 속도 3kph			평균값	
	18.203	17.170	14.515	16.629	
	명령 속도 4kph			평균값	
	18.079	16.028	15.333	16.48	

정량적 목표 항목 및 결과	
목표 차량 속도 제어 성능 (%)	20
결과 차량 속도 제어 성능 (%)	16.921

○ 3D 환경 인식 및 로컬지도 업데이트

- 3D 로컬지도 생성을 위한 LiDAR 데이터 처리 알고리즘 구현
 - LiDAR에서 출력되는 데이터에 SLAM 알고리즘을 적용하여 로컬지도 작성
 - LiDAR로부터 데이터를 수신한 시간과 로컬지도 업데이트를 완료한 시간 저장

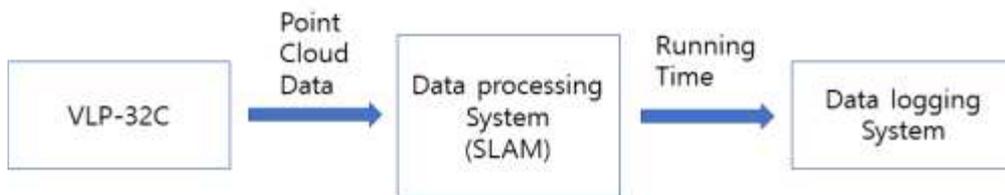


그림 151 데이터 처리 및 로깅 시스템 구성



그림 152 발의 두둑을 따라 이동 중인 제초 로봇

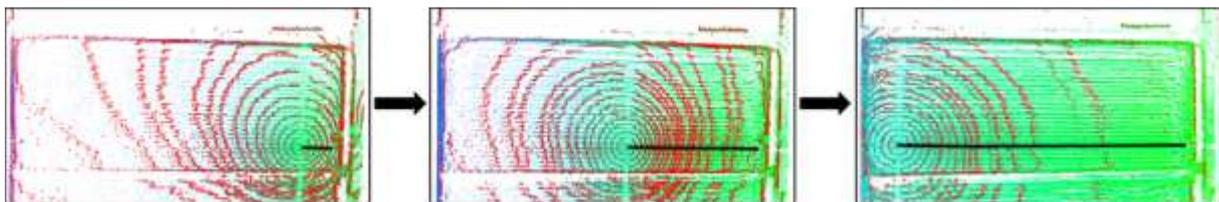


그림 153 SLAM을 3D 로컬지도 업데이트 과정



그림 154 실제 밭과 최종적으로 생성된 로컬지도의 비교

- 3D 환경 인식 및 로컬지도 업데이트 속도 측정
 - LiDAR로부터 데이터를 수신한 시간과 로컬지도 업데이트를 완료한 시간의 차이 확인

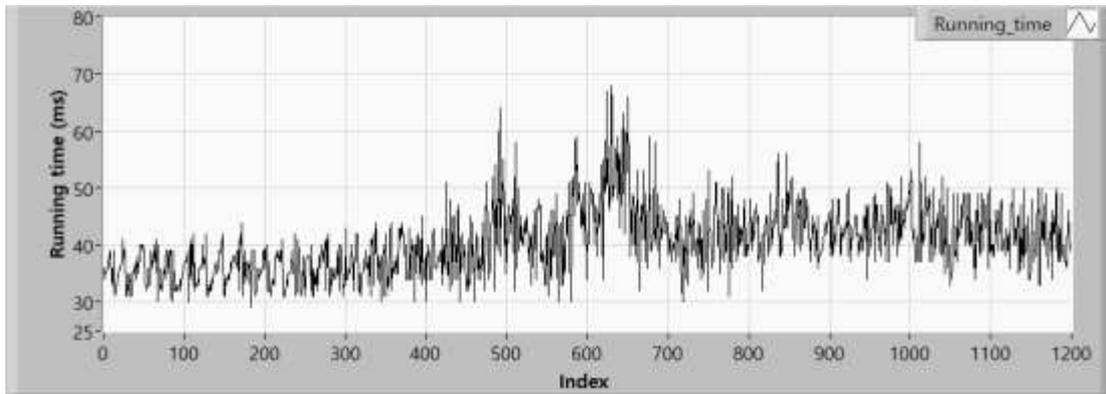


그림 155 3D 환경 인식 및 로컬지도 업데이트 속도 측정 그래프

- 3D 환경 인식 및 로컬지도 업데이트 속도 측정 결과

	1차	2차	3차	평균값
3D 환경 인식 및 로컬지도 업데이트 속도 (Hz)	24.717	27.840	29.047	27.201

정량적 목표 항목 및 결과	
목표 속도 (Hz)	10
결과 속도 (Hz)	27.201

○ 3D SLAM의 위치인식 정확성

- 3D SLAM을 위한 LiDAR 데이터 처리 알고리즘 구현
 - LiDAR에서 출력되는 데이터에 SLAM 알고리즘을 적용하여 위치인식
 - SLAM을 통해 취득한 위치와 GNSS를 통해 취득한 위치 정보 저장

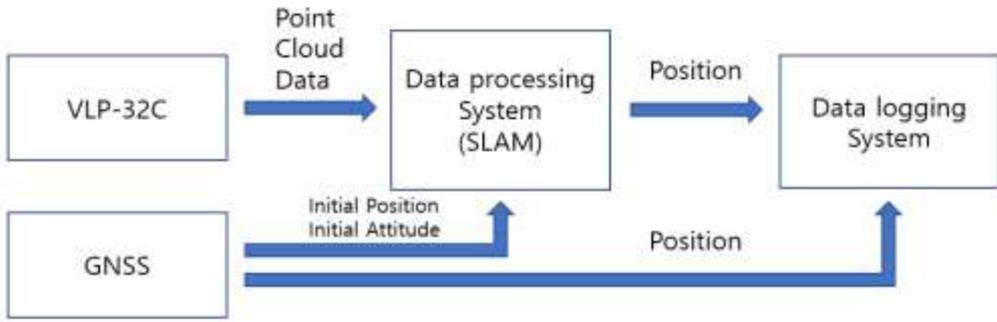


그림 156 데이터 처리 및 로깅 시스템 구성

- 3D SLAM의 위치인식 정확성 측정

- 3D SLAM의 위치인식 정확성은 GNSS로 취득한 위치와 SLAM을 통해 취득한 위치의 평균 제곱근 오차(RMSE)로 확인

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \| X_{GNSS,i} - X_{SLAM,i} \|_2^2}$$

(X_{GNSS} : GNSS 출력 위치, X_{SLAM} : SLAM 출력 위치)

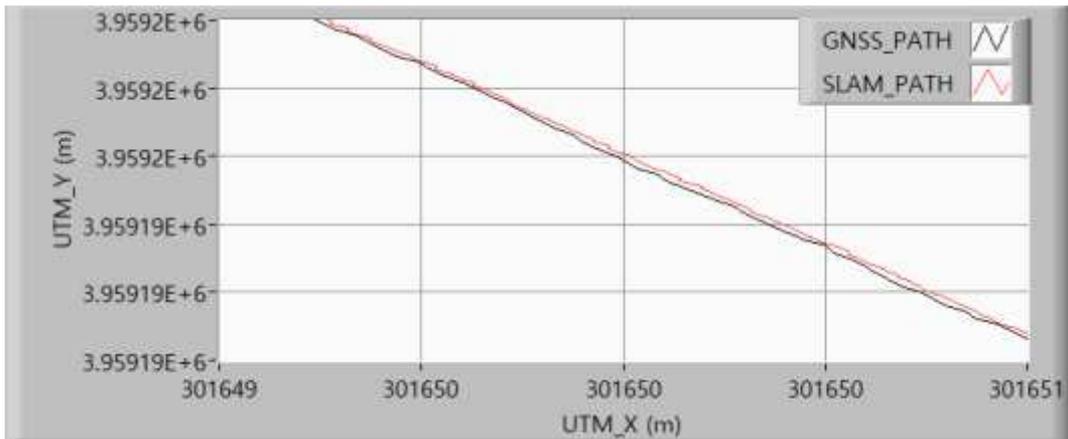


그림 157 3D SLAM과 GNSS의 위치 측정 그래프

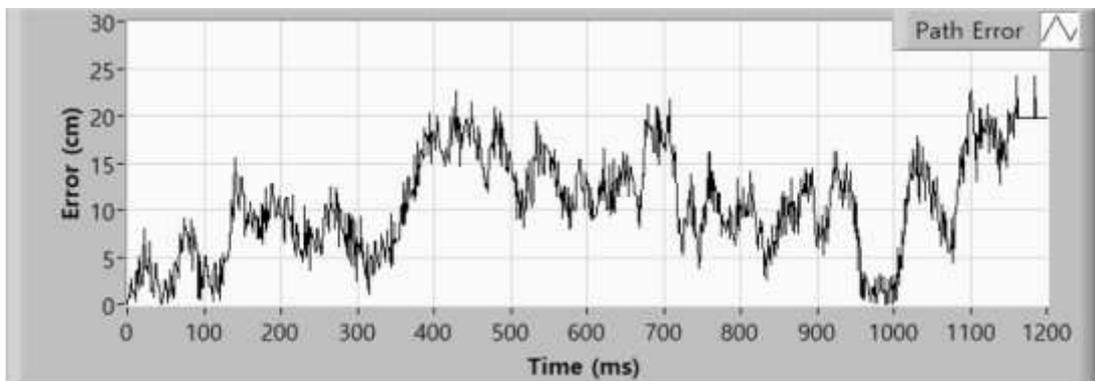


그림 158 3D SLAM의 위치와 GNSS의 위치의 RMSE 오차 그래프

- 3D SLAM의 위치인식 정확성 측정 결과

	1차	2차	3차	평균값
3D SLAM의 위치인식 정확성 (cm)	12.031	10.799	13.066	11.965

정량적 목표 항목 및 결과	
목표 3D SLAM의 위치인식 정확성 (cm)	40
결과 3D SLAM의 위치인식 정확성 (cm)	11.965

○ 제초로봇의 자율주행 속도 제어 성능 안정화

- 모터 PID 제어기의 게인 값을 수정하여 더욱 정밀한 명령 속도를 추종할 수 있도록 제어함
- 제초로봇 속도 제어 성능 측정
 - 제초로봇 속도 제어 성능은 GNSS로 측정한 제초 로봇 플랫폼의 속도와 주행 명령 속도의 상대오차 최댓값을 백분율로 나타내서 확인

$$\text{상대 오차} = \frac{|V_{GNSS} - V_{CMD}|}{V_{CMD}} \times 100(\%)$$

(V_{GNSS} : GNSS 출력 속도, V_{CMD} : 주행 명령 속도)

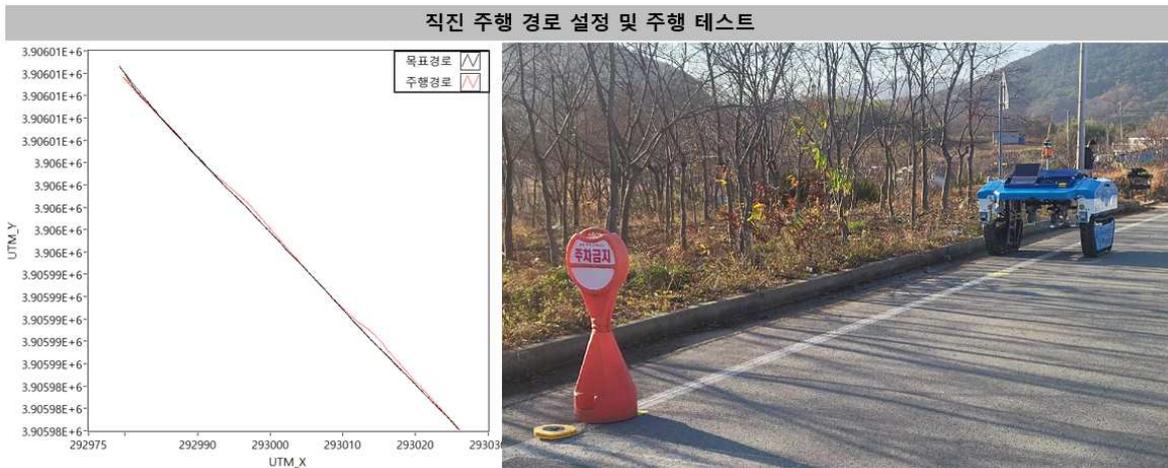


그림 159 전역 경로를 추종하는 제초로봇

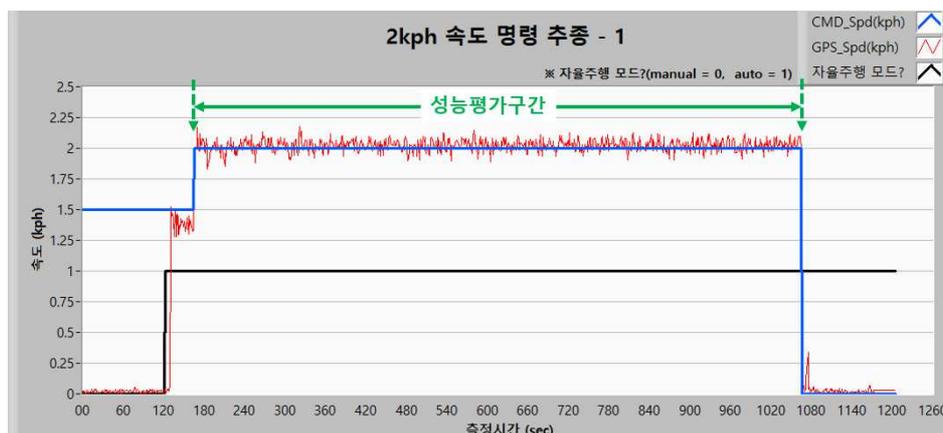


그림 160 제초로봇 속도 제어 성능 측정 그래프 (2kph)

- 제초로봇 속도 제어 성능 측정 결과

시험항목	명령 속도 2kph			평균값	총 평균값
	1차	2차	3차		
속도 제어 성능 (%)	8.824	8.912	9.852	9.196	8.993
	명령 속도 3kph			평균값	
	1차	2차	3차		
	9.445	8.349	7.653	8.482	
	명령 속도 4kph			평균값	
	1차	2차	3차		
10.49	9.002	8.415	9.302		

정량적 목표 항목 및 결과	
목표 속도 제어 성능 (%)	10
결과 속도 제어 성능 (%)	8.993

○ 제초로봇의 자율주행 상태 머신 개발

- LiDAR 및 GPS에 오류가 발생하는 경우를 대비하여 상태 머신 개발
- 총 5개의 상태로 구성되어 있으며 초기 대기 상태에서 시작하여 현재 위치가 두둑 구간이면 두둑 추종 주행, 선회 구간이면 전역 경로 추종 주행을 함
- 두둑 구간에서 두 대의 LiDAR 중 하나가 두둑 검출에 실패하면 하나의 LiDAR만 사용하여 한쪽 두둑 경계를 검출하여 주행하며, 두 대 모두 두둑 검출에 실패하면 유힬 상태로 전환함
- 선회 구간에서는 GPS의 위치 추정 오차가 커지면 유힬 상태로 전환함

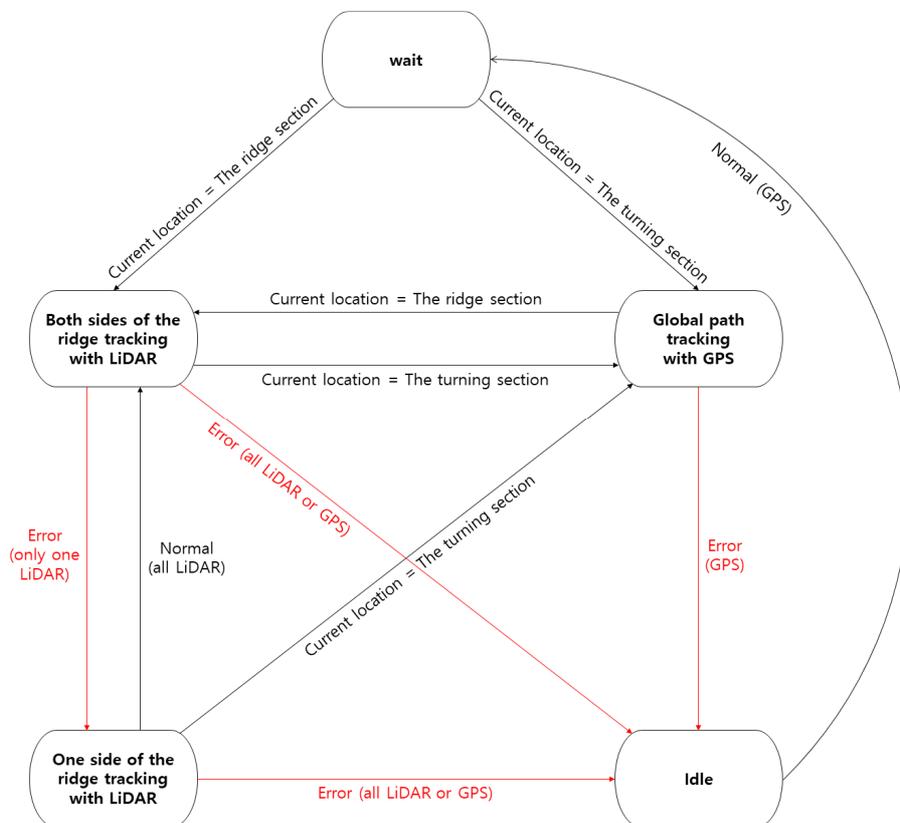


그림 161 자율주행 상태 머신

○ GPS 기반 전역 경로 생성 알고리즘 개발

- 각 두둑의 끝점의 GPS 좌표를 사용하여 제초로봇의 전역 경로 생성
- 두둑 끝점을 기준으로 두둑 구간과 선회 구간으로 나뉘며, 두둑 구간에서는 LiDAR 기반 두둑 추종 주행을 하고 선회 구간에서는 GPS 기반 전역 경로 추종 주행을 함

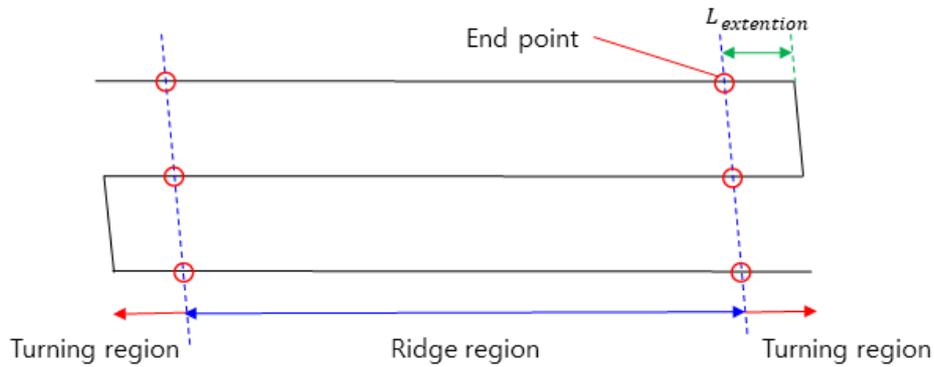


그림 162 GPS 기반 전역 경로 생성

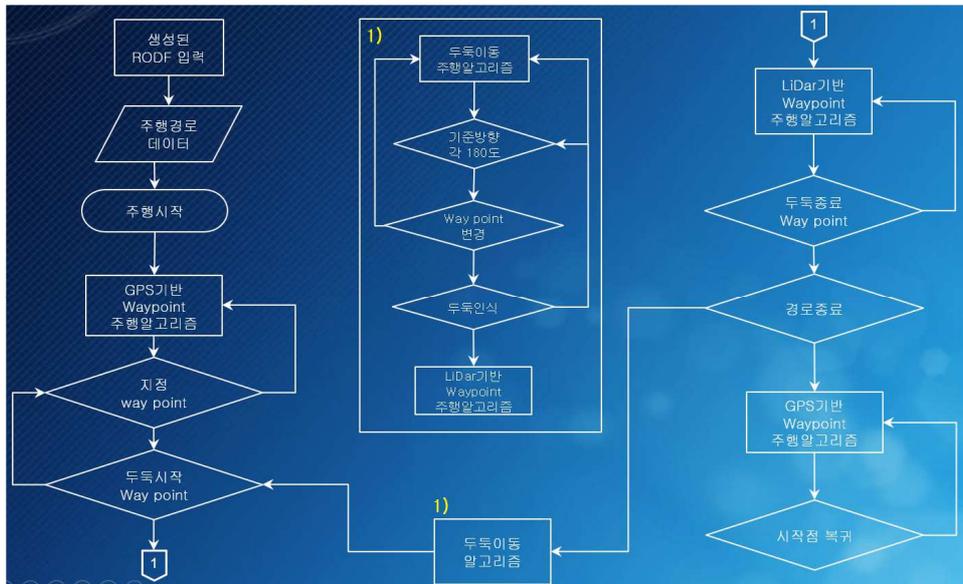


그림 163. 두둑 선회 및 자율주행 제어알고리즘

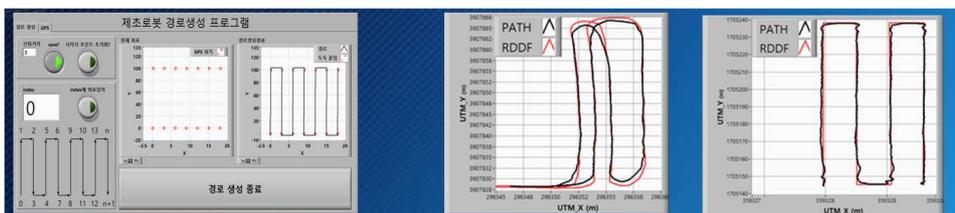


그림. 자율주행 waypoint 구성 및 경로 설정 [Labview] 그림. GPS X 1 두둑이동 그림. GPS X 2 두둑이동

- 1) 시험결과
 - 1개의 GPS에 의한 주행시험에서 제1두둑으로부터 제2두둑이로 이동시까지 원만함 곡선형태의 경로주행을 실시 하였으나 2개의 GPS시스템 사용시 기준경로대비 기체의 heading degree의 예측이 가능하여 직각에 가까운 주행 성능을 보임
 - 2) 이는 전통농법에서의 새마리구간을 최소화 하고자 하는 국내 농법에 대한 기계화 로봇 투입시 유효농지를 최소화 할 수 있는 장점을 가짐
 - 3) 2개의 GPS 시스템 적용시 별도의 SLAM LiDar활용이 생략가능하여 제품의 생산에 대한 원가절감이 가능하며, 비교적 단순한 알고리즘을 통한 기능구현이 가능하여 실 사용시 소프트웨어에 의한 기체 동작오류를 최소화 할 수 있음.

그림 164. 두둑 선회 및 자율주행 제어알고리즘에 의한 주행시험 결과

○ LiDAR를 활용한 두둑 검출 및 경로 추종 알고리즘 안정화

- 제초로봇의 전방에 장착한 두 대의 LiDAR 사용하여 두둑 검출
- 캘리브레이션, 노이즈 제거, 수치 미분, 경계 검출의 과정을 거쳐 두둑 검출을 수행함

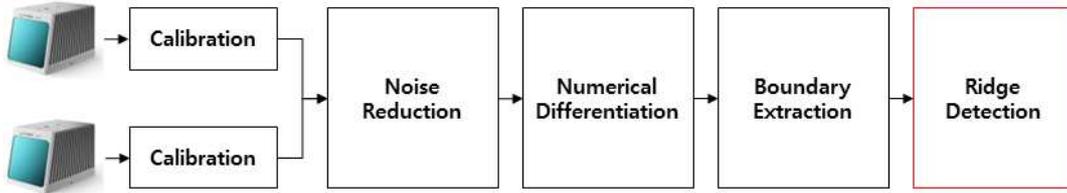


그림 165 두둑 검출 시스템 구성

- 중앙값 필터를 사용하여 경계를 유지하며 노이즈를 제거함
- 수치 미분을 통해 데이터의 미분계수 계산함

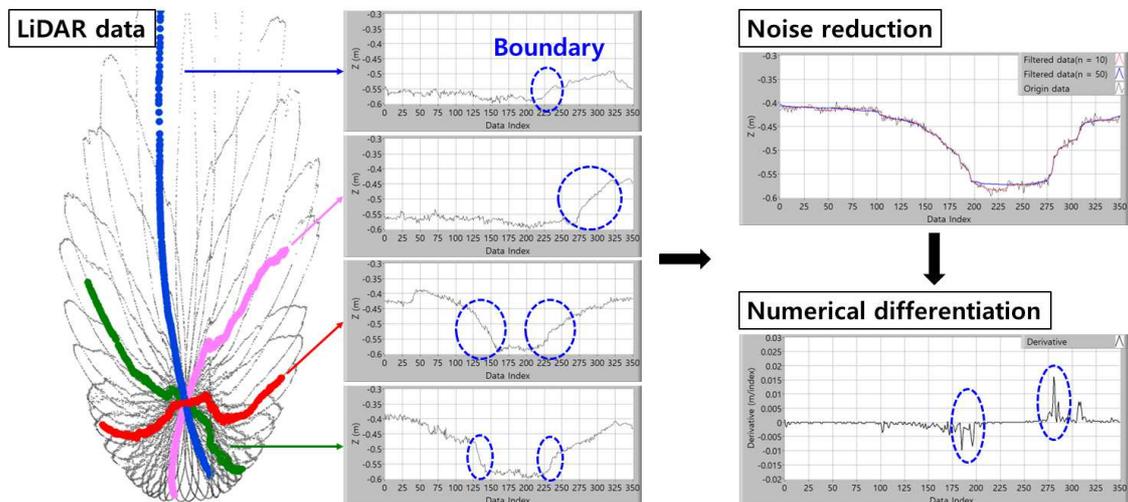


그림 166 LiDAR 데이터 노이즈 제거 및 수치 미분

- 미분계수의 차이가 큰 지점을 경계점으로 판단하고, 두둑의 좌측과 우측의 경계점으로 각각 직선 피팅을 수행한 후 두 직선의 중선을 주행 경로로 사용함

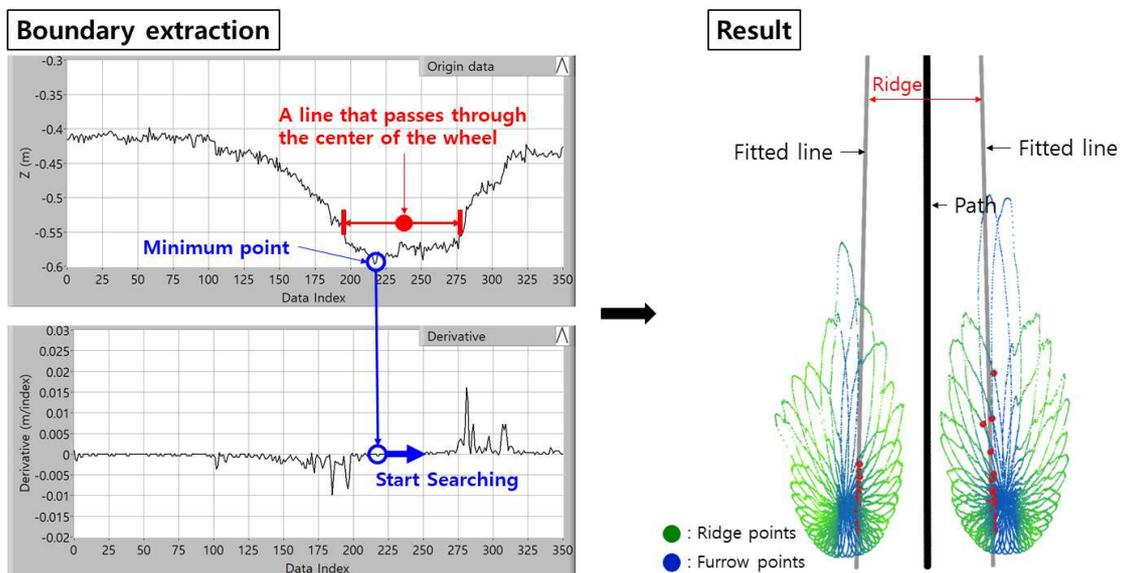


그림 167 두둑 경계점 탐색 과정 및 두둑 검출 결과

- Speed-Planning과 Pure-Pursuit의 융합 알고리즘 통한 궤도형 자율주행 로봇의 경로 추종 성능 향상
- 주행 경로의 곡률 반경 데이터를 활용하여 선회 경로 진입 시 플랫폼 속도를 제어
- 좁은 두둑과 두둑 사이(거리 약 1.4 m)를 안정적으로 선회 가능

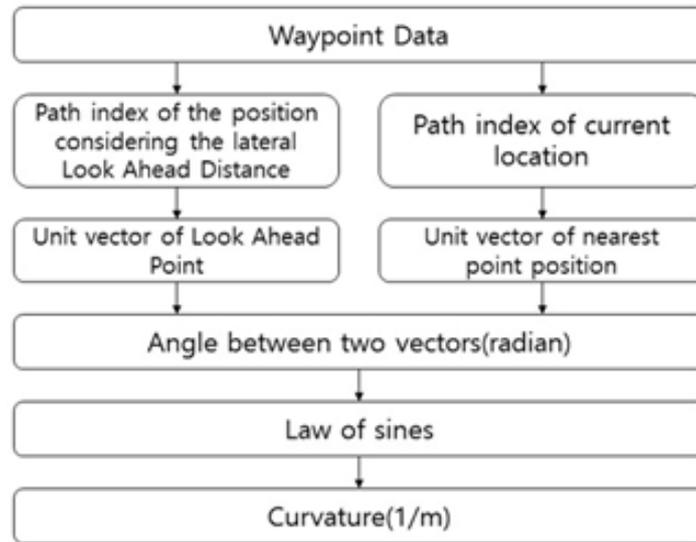


그림 168 경로점 기반 곡률반경 측정 알고리즘

- 두둑 검출 및 경로 추종 시험
 - 수동 주행 및 자율 주행으로 취득한 GPS 좌표의 평균 제곱근 오차(RMSE) 계산

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (error_{path,i})^2}$$



그림 169 두둑을 검출하는 제조 로봇

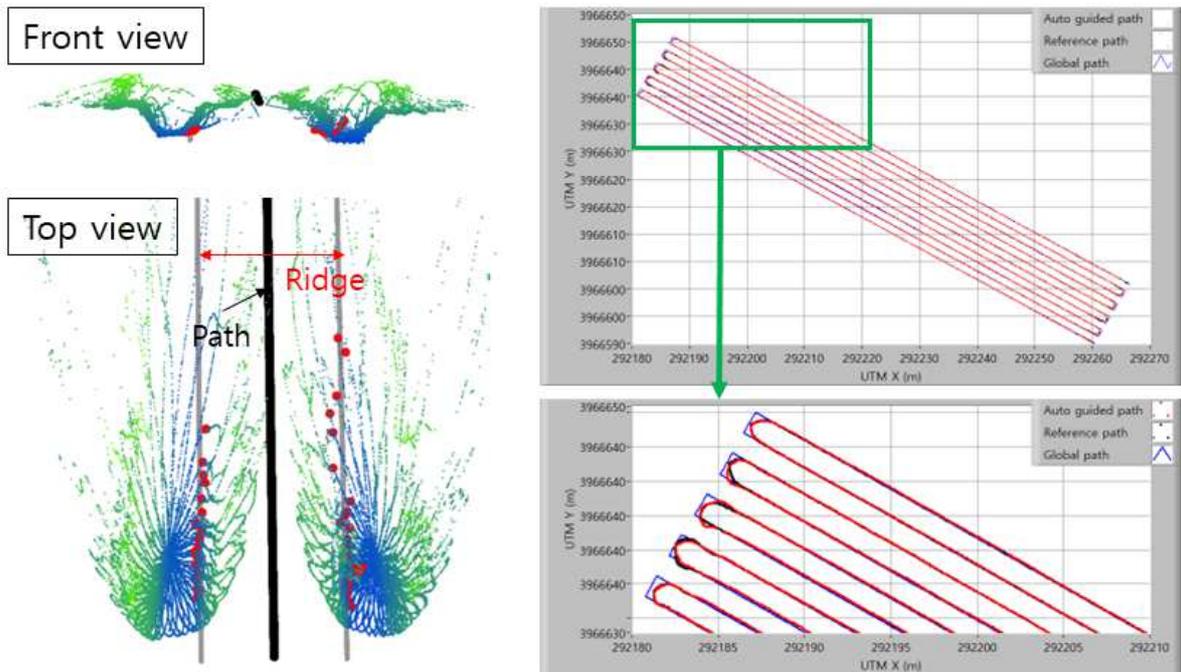


그림 170 두둑 검출 결과(좌), 두둑 추종 결과(우)

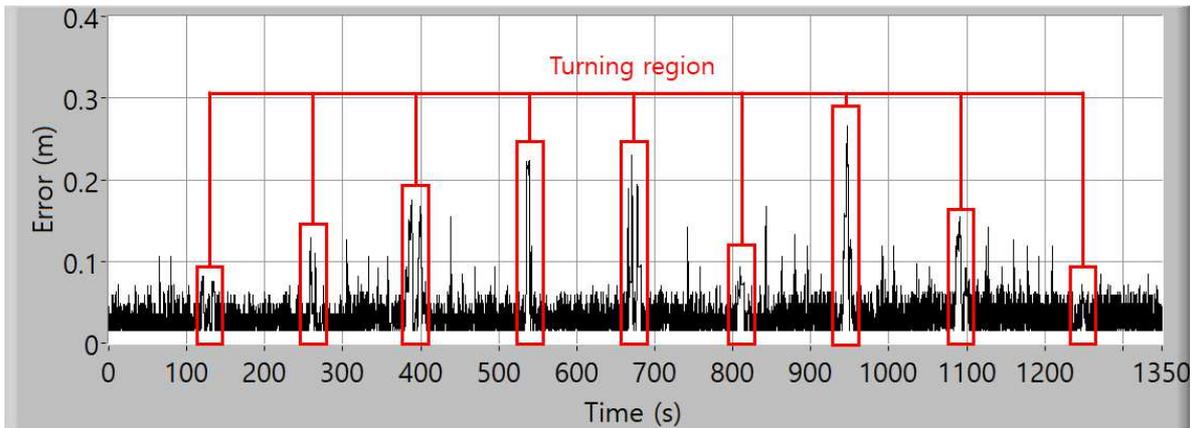


그림 171 두둑 추종 경로 오차

- 두둑 추종 결과

선회 구간 경로 오차 (RMSE)	3.266 cm
두둑 구간 경로 오차 (RMSE)	8.534 cm

○ 제초로봇 경로생성 및 자율주행 프로그램 개발

- 프로그램을 쉽게 사용할 수 있도록 UI 수정
- 두둑의 끝점의 GPS 데이터와 선회 거리를 입력하면 txt 파일 형태로 경로 데이터를 저장하는 프로그램 개발
- txt 파일 형태의 경로 데이터를 입력하면 해당 경로를 따라 자율주행 가능한 프로그램 개발

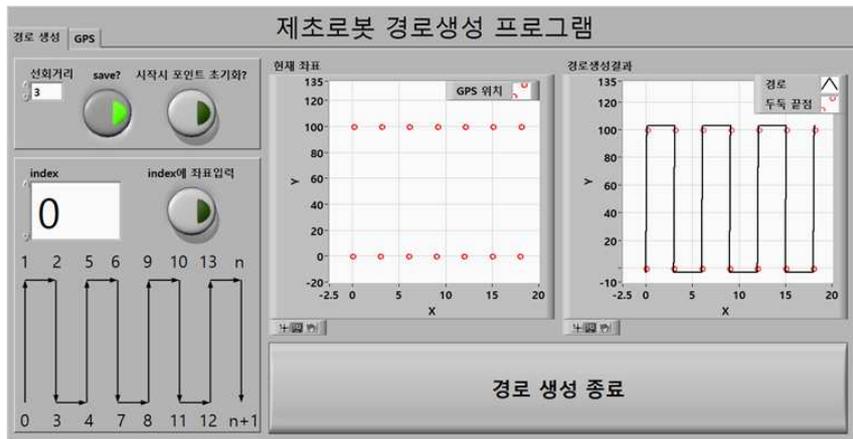


그림 172 전역 경로 생성 프로그램

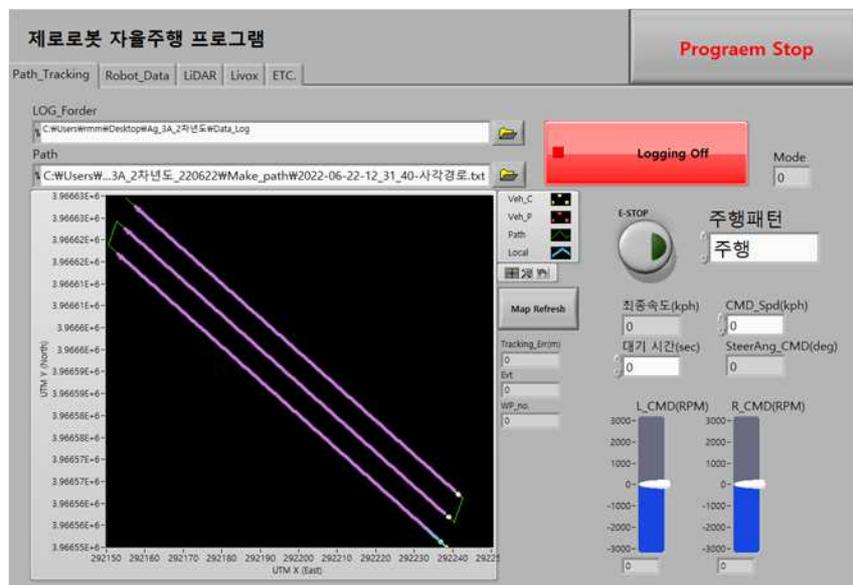


그림 173 제초로봇 자율주행 프로그램

(5) 충남대학교

○ 잡초 영상 인식을 위한 데이터 수집 및 분석

- 인식 기술 설계를 위한 영상 수집 및 특성 분석
- 실시간 콩 발 영상 수집을 위한 센서 시스템 구성

: 콩 발 제초 작업 시 작물 영역 인식 기술 개발을 위한 실시간 영상(RGB) 수집 시스템을 아래 그림과 같이 구성하였으며, Top 작업 정면의 RGB 및 거리 정보, 작업 측면의 RGB 정보를 실시간 수집 가능하도록 구성하였음.

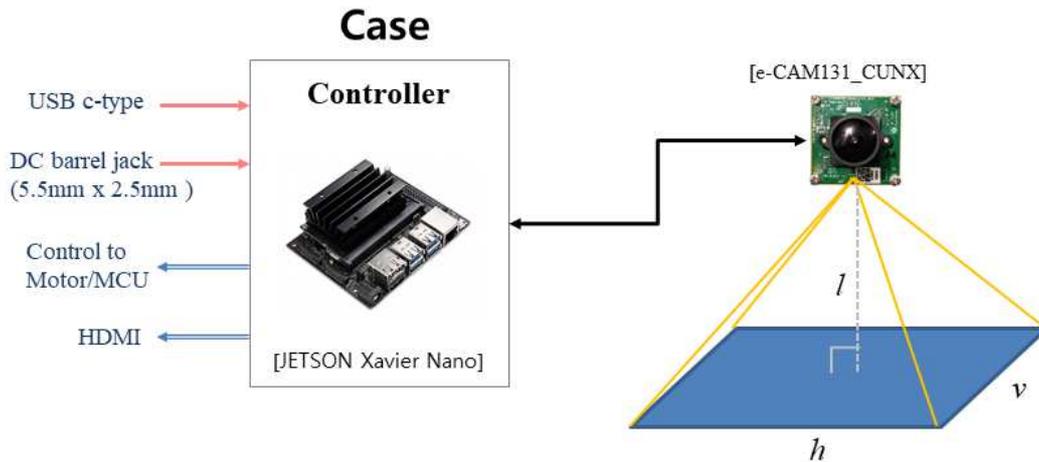


그림 174. 콘 발 영상 수집을 위한 센서 시스템

- : 실시간 콘 발 영상 수집 시스템의 주요 사양은 임베디드 컴퓨터의 경우 영상 학습이 가능하도록 GPU 기반의 Jetson board (Nano, NVIDIA, USA)를 사용하였음.
- 주요사양은 128 코어의 GPU, 4GB 메모리로 구성되어 있으며, 쿨링 및 케이스를 제외한 보드 자체의 크기는 69 mm x 45 mm임.

표 16. Jetson Nano 주요사양

Items	Specification
GPU	128-core Maxwell
CPU	Quad-core ARM A57 @ 1.43 GHz
Memory	4 GB 64-bit LPDDR4 25.6 GB/s
Storage	microSD (not included)
Video Encode	4K@30|4x1080p@30|9x 720p@30 (H.264/H.265)
Video Decode	4K@60|2x4K@30|8x1080p@30|18x720p@30 (H.264/H.265)
Mechanical	69 mm x 45 mm, 260-pin edge connector

- : 비전에 사용되는 카메라(e-CAM131_CUNX, e-con Systems, USA)는 13.0 MP의 최대 해상도를 가지며, 해상도에 따라 20~120 fps의 속도로 영상 수집이 가능할 뿐만 아니라 사용되는 GPU board와 높은 호환성을 지니며 관련 라이브러리가 제공.

표 17. e-CAM131_CUNX 주요사양

Items	Specification
Sensor	AR1335 from ON Semiconductor
Pixel size	1.1 μ m x 1.1 μ m pixel with BSI technology
Sensor active area	4208(H) x 3120(V)
Focus type	Fixed focus
Resolution and optical format	13MP CMOS Image Sensor. 1/3.2" Optical format
Sensor type	13MP CMOS Electronic Rolling Shutter Sensor
Image signal processor	On-board high performance ISP
Output format	Uncompressed UYVY format

- 제초로봇 장착을 위한 영상 시스템 시작품 제작

- : 제초로봇에 탑재 가능하도록 영상 시스템을 모듈화 및 케이스를 설치하였으며, 저장된 영상의 관리가 용이하도록 외부 저장매체로 실시간 추출 가능하도록 하였음.
- : 1차 시작품은 아래 그림의 좌측과 같으며, 작업환경의 분진 등을 고려하여 케이스를 보완하였으며 그 결과는 아래 그림의 오른쪽 우측과 같음.
- : 제초 로봇 본체의 배터리 전압을 DC 컨버터를 통해 전원을 안정적으로 공급하였으며, 영상 취득 및 저장 명령은 소프트웨어 트리거를 이용하였고 상태 표시를 위한 별도의 LED가 설치되었음.

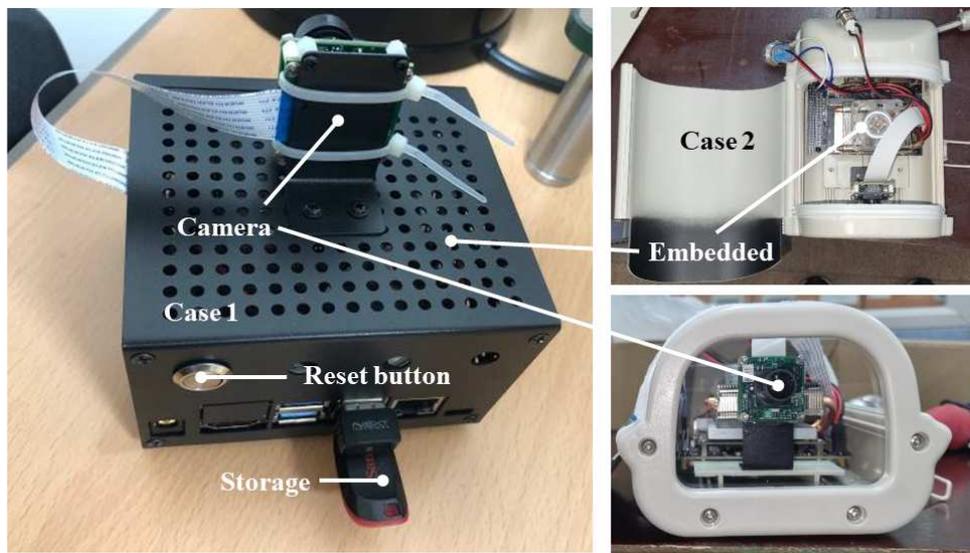


그림 175. 필드 데이터 측정을 위한 센서 시스템 1차(좌) 및 2차(우, 필드용) 제작

○ 주요 환경 및 학습데이터 구축

- 데이터 학습을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 환경 구축

- : 데이터 분석 및 딥러닝 학습을 위해 고사양 GPU 학습서버를 구축하였으며, 사용된 주요 제원은 3-way Titan RTX (GPU), i9-9900X (CPU), DDR4 128G (RAM) 등임.
- : 데이터 처리, 분석 및 알고리즘 개발을 위한 딥러닝 개발환경 구성을 위해 Ubuntu OS 기반으로 주요 소프트웨어들을 설치하였으며, 프로그램 언어로 python, 딥러닝 프레임워크로는 직관적으로 작성 및 디버깅이 용이한 pytorch 및 torchvision을 이용하였음.

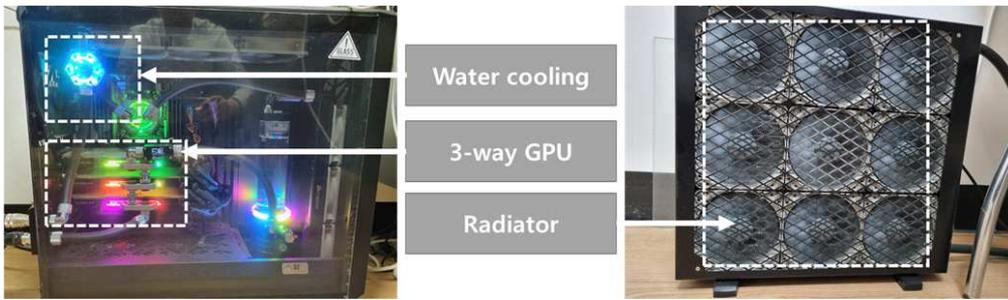


그림 176. 모델 학습을 위한 GPU 서버 구성

: 인식 기술이 탑재될 임베디드의 경우 GPU 기반의 Jetson board (NX Xavier, NVIDIA, USA)를 사용하였으며, 영상 수집 장치에 사용된 임베디드 상위 사양으로 인식 기술의 실시간성을 안정적으로 확보할 수 있음.

표 18. Jetson NX Xavier 주요사양

Items	Specification
GPU	384 NVIDIA CUDA® cores and 48 Tensor cores
CPU	6-core NVIDIA Carmel ARM@v8.2 64-bit CPU 6 MB L2 + 4 MB L3
Memory	8 GB 128-bit LPDDR4x @ 51.2GB/s
Storage	microSD (not included)
DL Accelerator	2x NVDLA Engines
VISION Accelerator	7-Way VLIW Vision Processor
Mechanical	103 mm x 90.5 mm x 34.66 mm

: 임베디드 장치의 소프트웨어 구성을 위해 NVIDIA에서 제공하는 SDK (software development kit)인 JetPack과 SDK manager를 이용하였으며, 딥러닝 학습 기반 영상 인식 기술 설계를 위해 VGG, RESNET 등 성능이 검증된 다양한 모델을 구성함.

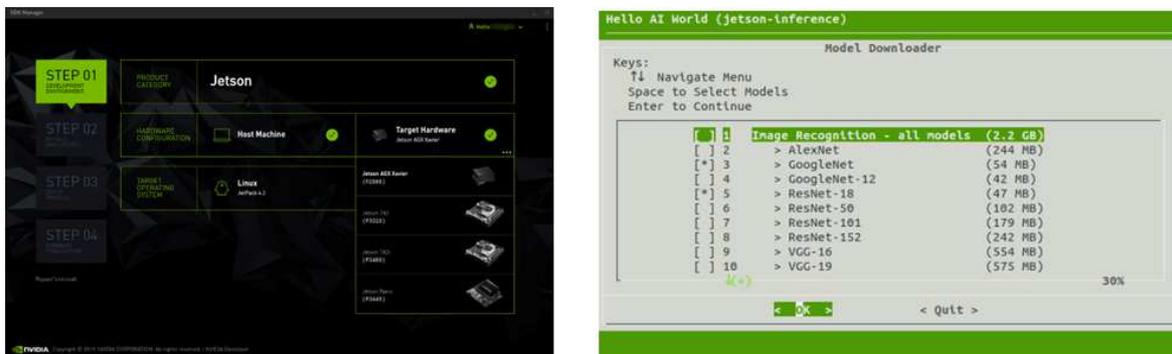
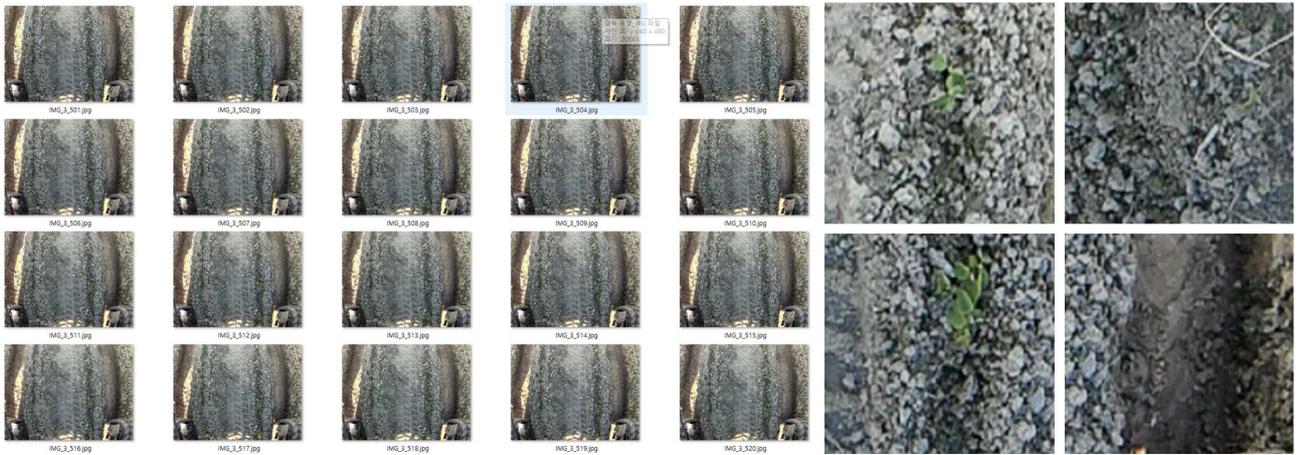


그림 177. Xavier 환경설정 및 학습모델 구성

- 데이터 실시간 수집 및 학습 DB 구축

- : 학습데이터는 전라북도 김제시 죽산면에서 실시간 콩 영상 수집 장치를 이용하였으며, 이 때 센서 시스템은 콩 제초 로봇 시작품에 탑재한 상태임(2021년 10~11월 촬영).
- : 영상 시스템은 카메라의 FOV (field of view) 및 조간 길이를 고려하여 제초로봇의 전면부 중심의 높이는 1m 위치에 설치되었으며, 2조의 동시 촬영이 가능함.
- 아래 그림은 콩 파종 이후 생육 초기 단계에서 수집된 영상샘플 예시이며, 중심의 좌, 우

에는 콩 영역이 주기적으로 관찰되며, 그 외에는 일정한 배경들로 구성되고 있음
 따라서, 전체 배경과 콩 영역의 분할을 통해 콩의 무게 중심을 유추할 수 있으며, 이를
 기반으로 주간 제초가 가능할 것으로 판단됨.



(a) 영상 샘플 (b) 대표적인 부류(좌: 콩, 우: 배경)

그림 178. 콩 밭 영상수집 결과 예시

○ 가변 자동 제초를 위한 제초부 컨셉 및 레이아웃 설계

- 영상 내 콩 영역 인식 기반 제초날 위치 제어 컨셉

: 제초로봇에서 실시간 촬영되는 영상을 입력받아 콩이 자라고 있는 영역(무게중심)을 인식하고 2차원 좌표를 이동속도를 평가하여 제초부에 접근 시 제초날을 회피, 그 외 조건에서는 제초날 투입함.

· 제초날은 주간에서 진행 방향과 수직이며 날은 안쪽 방향으로 향하고 있어 두둑 지면 아래 토양을 가로지르면서 경운작업을 통해 잡초를 제거함.

· 콩 영역이 인식되면 제초날은 진행 반대 방향(아래 그림 우측 제초날을 기준으로 반시계 방향)으로 90° 회전하여 콩이 생육하고 있는 영역을 회피하게 됨.

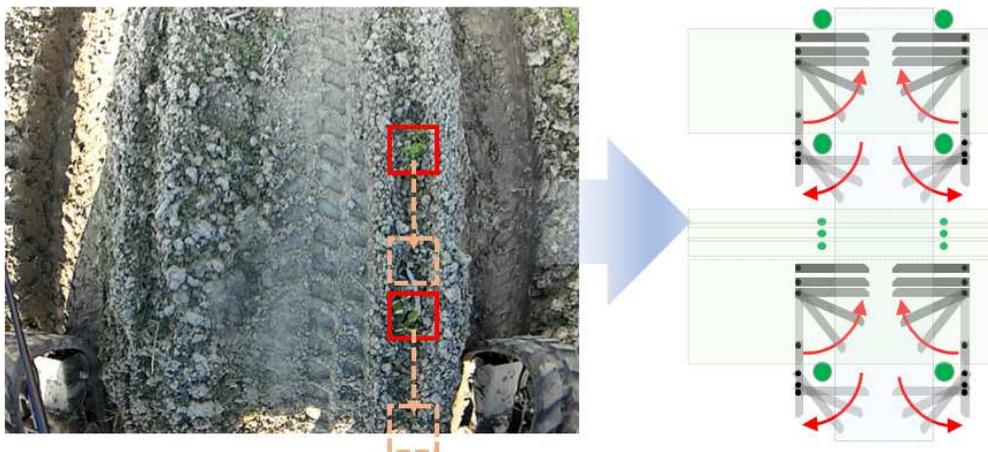


그림 179. 실시간 콩 영역 인식 기반 가변 주간 제초

- 제초부 제어를 위한 모터 시스템 구성

: 제초날의 정밀한 위치 제어를 위해 스텝핑 모터 기반의 모터 제어 시스템을 아래 그림과 같이 구성하였으며, 모듈화를 위해 자체적으로 상위 제어기를 개발하여 콩 인식 시스템과 통신하도록 하였음.

: 제초로봇의 배터리 전력 48V는 DC-DC 컨버터를 이용하여 각각의 모듈에 필요한 전력을 공급하며, 인식-제어 모듈 간의 통신은 UART 방식으로 자체 프로토콜을 정의하여 사용함.

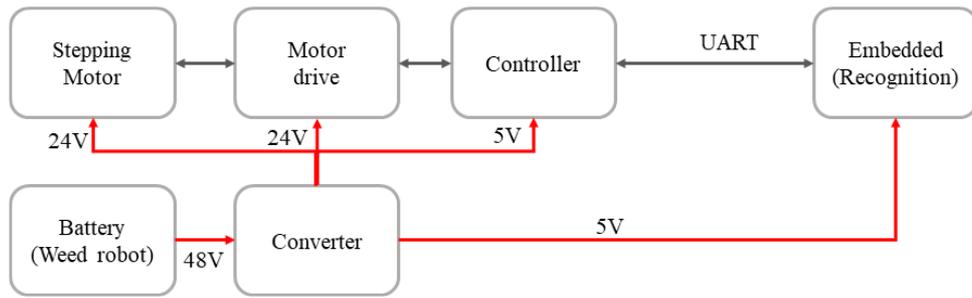


그림 180. 모터 제어 시스템 구성 및 제어기 간 통신

- : 모터 제어는 인식된 가까운 콩 좌표를 기준으로 제초날과의 상대적인 거리 평가를 통해 수행되며, 콩 영역 접근 시 모터날을 90° 회전함으로써 콩 제초를 피하도록 함.
- : 스텝핑 모터의 회전속도 및 모터 가속 시간과 안정성을 고려하여 제어 알고리즘을 설계하며, 본 기간에서는 펄스 입력을 통한 스텝핑 모터의 위치 제어로 복잡성을 최소화하였으며, 실험 후 문제점 파악을 통해 전체 시스템과 알고리즘을 단계적으로 개선할 계획임.

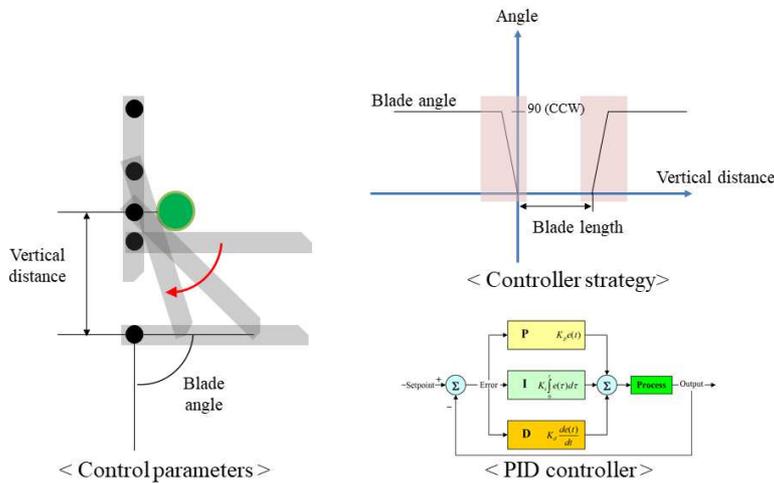


그림 181. 콩 위치 인식 기반 제초날 제어

○ 영상기반 콩 영역 인식 및 제초 제어 기술 설계

- 데이터 학습 기반 콩 영역 실시간 인식 기술 개발
- 딥러닝 학습모델 개요

: 본 연구에서는 영상기반 콩 작물 인식을 위해 인공신경망 모델(Artificial Neural Networks, ANN)을 이용하였으며, ANN은 인간의 뇌 구조를 모방한 구조의 machine learning 방법으로 비선형 문제 해결에 효과적임.

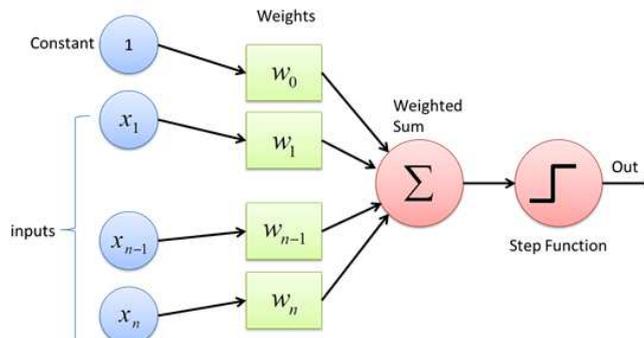


그림 182. 인공신경망 구조

- : 특히 최근 컴퓨터 하드웨어 기술의 비약적 발전에 따라 GPU를 이용한 deep neural network의 신속한 학습이 가능할 뿐만 아니라 convolution neural network (CNN)구조 개발로 인해 고성능의 영상기반 학습이 가능함.
- : 기존 영상 학습은 pixel 단위의 특징을 이용하였지만 CNN 구조는 영상의 spatial 특징을 이용하여 feature extraction에 효과적이며 학습을 통한 feature extraction이 가능함 (LeCun et al., 1998).

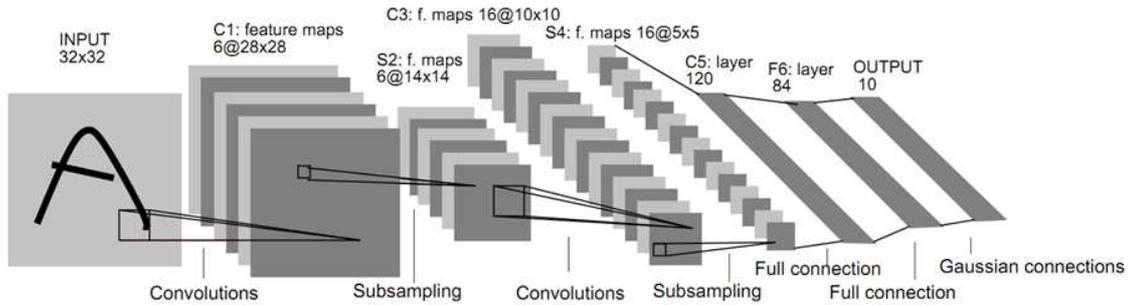


그림 183. 합성곱 인공신경망(CNN) : LeNet-5(LeCun et al., 1998)

- : 객체 검출(object detection) 기술은 대상체의 클래스 분류 및 위치정보까지 검출해야 하므로 학습을 위해서는 모든 영상을 대상으로 포함된 객체의 클래스와 위치정보를 별도로 작성해야 함.
- : 이러한 주석(annotation) 작업의 경우 데이터량이 방대한 경우 노동력 및 비용투입이 매우 크게 되며, 본 연구의 콩 영역은 화질에 따라 차이가 있지만 복잡한 형상 혹은 주변과의 모호한 경계로 정확한 판단이 어려움.
- : 따라서 본 연구에서는 영상 내에 객체의 존재 유무만의 정보로만 객체 검출이 가능한 약지도 학습(weakly supervised learning) 방법을 이용하였음(Zhou, 2015).
- : 약지도 학습은 합성곱 층(convolution layer)을 거쳐 나온 최종 특징맵(feature maps)의 정보에 아래의 식과 같은 GAP (global average pooling)을 연결하여 특징맵 각각의 중요도를 학습하는 방법임.

$$G_k = \frac{\sum_{x,y} f_k(x,y)}{N}$$

where, G_k is global average pooling of the kth feature map

$f_k(x,y)$ is pixel value at xth row-yth column in kth feature map

N is total number of pixels in the feature map

- : 해당 영상의 각각의 클래스에 대한 점수는 아래와 같이 중요도 가중치와 GAP 값을 이용하였음.

$$S_c = \omega_k^c GAP_k$$

where, S_c is the score of the c^{th} class,

ω_k^c is importance parameter of kth feature map for c^{th} class

- : 분류는 클래스 점수와 아래의 식의 softmax 분류기를 이용하였음.

$$P_c = \frac{\exp(S_c)}{\sum_c \exp(S_c)}$$

Where, P_c is the probability of the c^{th} class

: 영상 검출은 아래의 식과 같이 각각의 특징맵별 가중치와 곱한 뒤 전체를 합한 값을 이용하였으며, 각각의 픽셀의 활성화도에 따라 검출 위치 및 범위를 결정하였음. → class activation map (CAM).

$$M_c(x,y) = \sum_k \omega_k^c f_k(x,y)$$

Where, $M_c(x,y)$ is activation value at (x, y) pixel for c^{th} class

: 아래 그림은 네트워크 구성 예시로, vgg 기반의 deep neural network architecture로 feature extraction을 위한 Convolutional layers와 image-level localization을 위한 GAP (global average pooling) 및 classifier로 구성되었음.

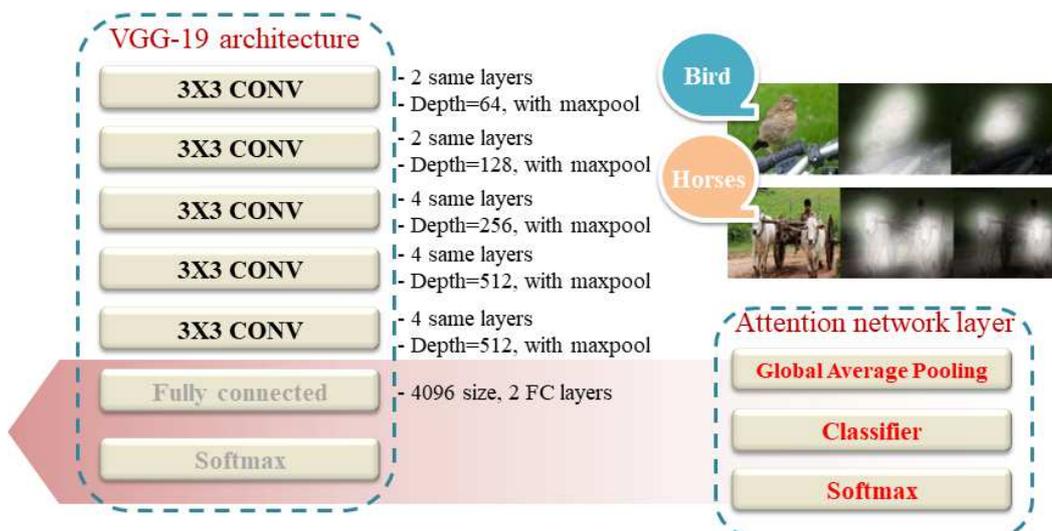


그림 184. 약지도 학습 모델 구조 예시

- 콩 영역 인식을 위한 딥러닝 모델 설계

: 본 연구에서는 콩 영역 인식을 위해 약지도 학습(weakly supervised learning) 기반 딥러닝 모델을 사용하였으며, 이는 학습데이터 구축이 쉬울 뿐만 아니라 분류 학습과 동시에 내재적인 지역화 정보의 동시 습득이 가능함.

: 콩 영역 인식 및 분할을 위해서 약지도 학습방법 중 모델의 분류학습 후 최상위 특징맵의 결과의 가중치 된 합(weighted sum)을 지역화(localization) 정보로 활용하는 방식을 이용하였으며, 부류 활성화 맵(class activation map, CAM)을 통해 시각화하였음.

: 아래 그림은 제안된 콩 영역 인식 모델 구조를 보여주고 있으며, 전체 구조는 학습과 추론의 2개 단계로 구분할 수 있음.

: 학습단계에서는 2개의 부류(콩 영역, 잡초 및 배경)에 대해 부류 학습을 수행하며, 이를

위해 학습데이터 입력으로 해당되는 영상단위 라벨(image-level label) 정보를 기반으로 모델 가중치를 조정함.

- : 학습모델은 추론속도 향상을 위해 얇은 층(shallow layers)으로 구성되었으며 총 4개의 합성곱신경망층(convolutional layer)을 이용하여 특징정보를 추출하였으며, 각각의 층에는 비선형 활성화 함수인 rectified linear unit (ReLU)와 max pooling이 추가되어 있음.
- : 마지막 합성곱신경망의 경우 max pooling 대신 global average pooling (GAP)을 사용하였으며, 이는 추론단계에서 지역화 정보 추출을 위한 특징맵의 가중치로 활용됨.
- : 추론단계에서는 학습단계에서 최적화된 분류모델의 내부 결과 중 마지막 층의 특징 맵(feature maps)들을 이용하여 영역분할 정보를 획득하며, 이는 각각의 특징 맵에 가중치를 할당하여 합한 후 해당 부류의 활성화도를 기반으로 영역을 추출해내는 과정임.
- : 추론의 결과는 2개 부류에 대한 CAM 정보로 나타낼 수 있으며, 이를 각각의 정보에 대한 상대점수로 표현하기 위해 비선형 활성화 함수인 softmax를 채널방향으로 수행하였음 → 이를 통해 각각의 픽셀에 대한 2개의 CAM 정보는 확률값으로 변환됨.

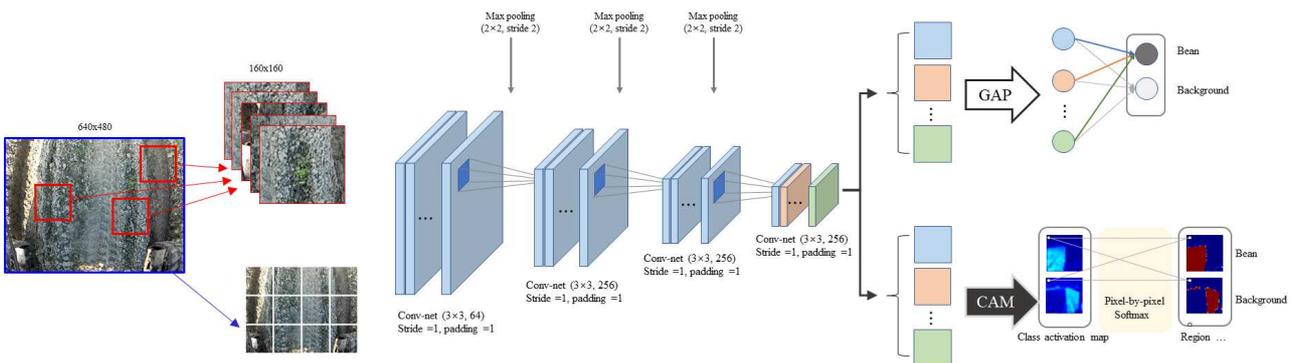


그림 185. 약지도 학습 기반 콩 영역 인식 모델 구조

- : 학습데이터는 전라북도 김제시 죽산면에서 수집한 실시간 콩 영상 수집 데이터를 전처리하여 사용하였음.
- 모델 학습을 위해 각각의 영상에서 콩 영역을 라벨링하였음.
- 학습 반복마다 160x160 사이즈로 임의 추출하여 배치 데이터를 구성하였으며, 이때 콩 영역이 포함되어 있는지 여부를 평가하여 실시간 학습데이터의 라벨을 부여하였음.
- : 콩 영역의 학습데이터는 매 반복 시 전체 영역에서 임의 샘플되므로 별도로 검증 데이터 세트를 분리하지 않았으며, 1회 반복 시 학습-검증을 반복하여 검증 손실이 최소가 되는 학습 파라미터를 최종적으로 선정하였음.
- : 학습 파라미터로는 손실함수는 Cross-entropy, 최적화기로는 Adam optimizer을 사용하였으며, 0.001의 학습률로 500회 학습을 진행하면서 과적합(overfitting) 방지를 위해 L2 regularization을 사용하였음.
- 모델 학습 결과
 - : 콩 영역 인식 모델의 학습은 반복에 따라 손실은 점차 감소 및 수렴되었으며, 이를 통해 콩과 주변 영역과의 분류가 가능하다고 판단됨.

- 분류 오류의 위험(risk)은 배경→콩 보다 콩→배경이 더 크므로 영상 내 모든 콩이 검출되는 것이 중요함. 따라서, 정밀도(recall)를 통해 반복 시 콩 영역 검출을 평가하였으며, 그 결과 최종적으로 0.85 수준을 보임.
- 현재 학습에 사용된 영상의 경우 생육 초기 단계로만 구성되어 있어 2차년도 콩 영상의 생육 단계별(시계열) 획득을 통해 성능 고도화가 가능할 것으로 판단됨.

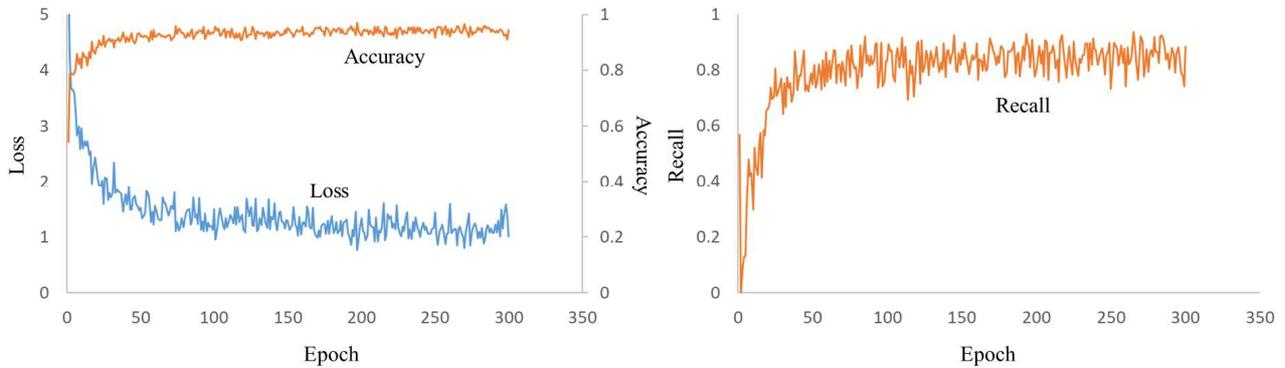


그림 186. 반복학습에 따른 손실 및 정확도(좌)와 재현율(우)

- 연속 영상샘플을 이용한 콩 영역 검출 결과

- : 실시간 수집된 영상을 시간순으로 연속적으로 입력하였으며, 이에 따른 검출 성능을 평가 및 시각화한 결과는 아래 그림과 같음.
- 평가에 사용된 영상은 수집된 전체 영상으로 총 6000장이며, 학습 시 사용된 영상은 전체 수집된 영상의 1/10인 600장임.
- 입력된 영상은 오른쪽에만 콩이 파종되어 있는 상태로 콩 영역의 검출이 원활하게 가능한 것으로 관찰되나 일부의 경우 콩 주간이 일반적이지 않은 경우도 있어 데이터 라벨의 신뢰성 확보 혹은 알고리즘의 개선이 필요할 것으로 판단됨.

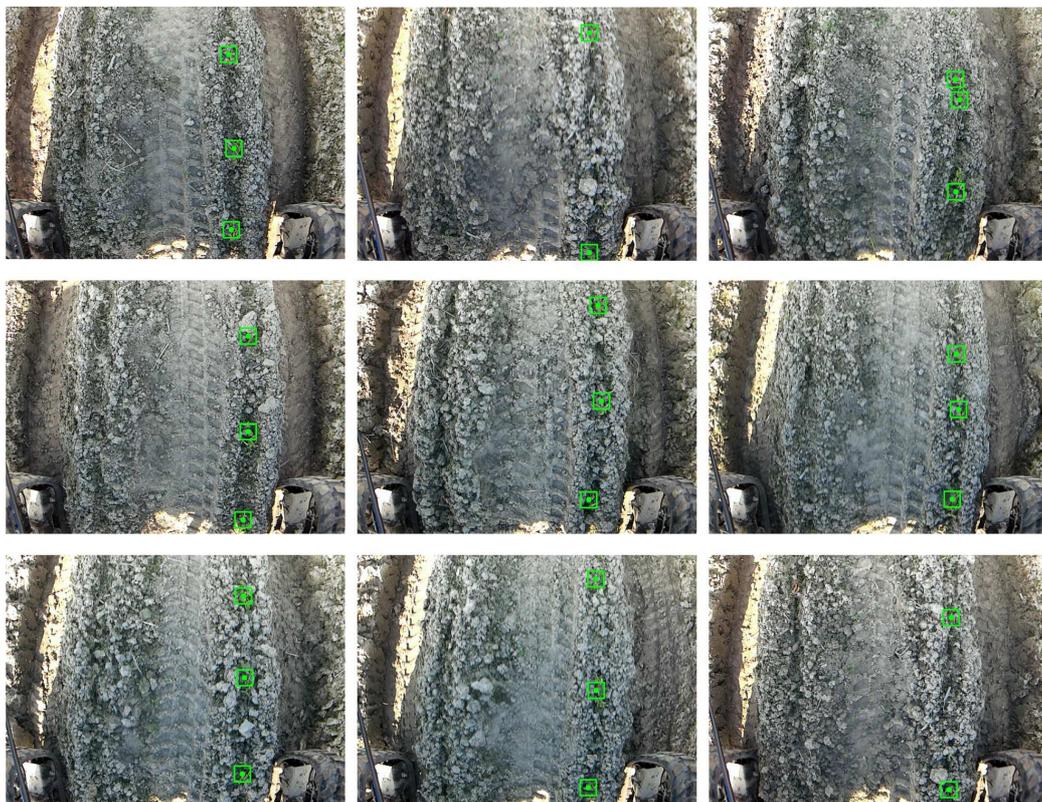


그림 187. 연속 영상 입력의 콩 영역 인식 결과 시각화

○ 경제성을 고려한 인식 모델 경량화

- 연산량 최소화를 위한 ROI 예측 기술 설계

: 약지도 학습을 이용하여 전체 영상에서 콩 영역 검출의 인식 속도를 향상시켰지만 임베딩 시스템에 탑재 및 실시간 활용을 위해서는 추가적인 속도 향상이 필요함.

- 인식 외 영상처리, 제어를 위한 연산 등에 필요한 자원도 고려되어야 하므로, 인식 과정에 필요한 연산량을 최소화함.
- 일반적으로 딥러닝 모델의 연산량을 줄이기 위해서는 입력의 크기를 감소하거나 내부 특징맵의 개수를 줄이는 방법 등이 대표적이며, 본 연구에서는 이미 얇은층의 모델 구조를 가지고 있어 입력 크기를 감소하는 방향으로 경량화 설계함.
- 일반적으로 아래 그림과 같이 제초 로봇이 주행하는 고랑의 안쪽으로 콩이 파종되어 있으며, 이 영역을 중심으로 Roi를 선정하면 불필요한 입력을 줄이게 되며, 이때 검출되는 콩의 누적 확률 분포를 계산하면서 해당 영역에 대한 신뢰성을 검증함.
- 따라서, 예측된 Roi 영역 내에서 콩을 검출 및 위치별 제어를 수행하며, 콩이 나올 확률이 높을수록 수평 좌표를 중심으로 Roi를 형성함으로써 수용영역을 최소화 가능함.

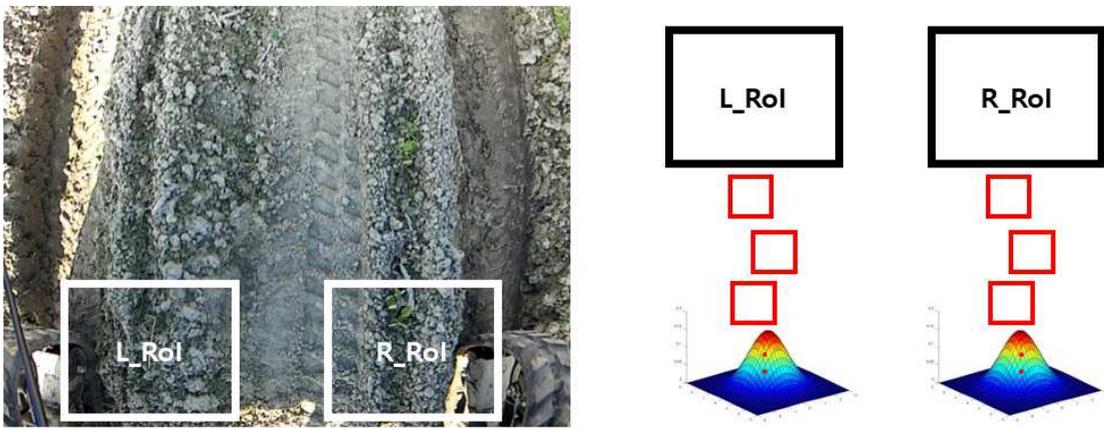


그림 188. 검출 대상 최소화 및 콩 영역 검출 누적 확률 분포를 이용한 Roi 예측

- 가중치의 정밀도를 최적화하는 등 모델을 최적화함

: 본 연구에서 사용하고 있는 Jetson board의 제조사인 NVIDIA에서는 딥러닝 추론 최적화 라이브러리인 TensorRT를 제공하며, 기존 모델을 구조적으로 개선하여 현재의 성능을 향상시킬 수 있음.

- (정밀도 감소) 낮은 정밀도의 모델일수록 데이터의 크기 및 가중치들의 비트 수가 작기 때문에 더 빠르고 효율적인 연산이 가능하며, TensorRT에서는 Symmetric Linear Quantization 기법을 이용하여 데이터의 정밀도를 낮출 수 있음.
- (그래프 최적화) Layer fusion을 통해 모델의 구조를 단순화 시켜주고 이를 통하여 전체 네트워크 층의 갯수가 크게 감소함.

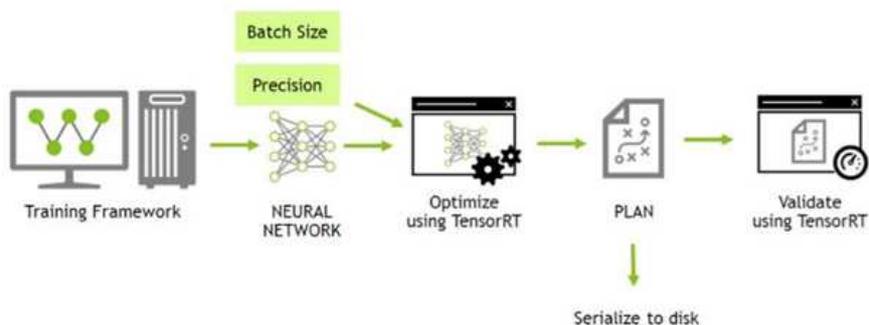


그림 189. TensorRT를 이용한 모델 최적화

- : 최적화된 모델의 처리속도 평가를 위해 수집된 실시간 영상을 순차적, 연속적으로 입력하여 콩 영역 인식을 수행하였으며, 이때의 추론 속도를 소프트웨어 타이머를 이용하여 계산하였음(영상 간 샘플링 간격은 10 ms임).
- 측정 기준은 영상 입력으로부터 콩 영역 검출 완료까지이며 1초 동안 처리된 영상 프레임 수(frame per second, fps)를 계수하여 측정함.
- 소프트웨어 타이머를 이용하여 추론 시간을 평가한 결과, 1장의 영상을 처리하는 데 걸린 시간은 평균 0.05초임. 따라서, 20 fps의 속도로 실시간 콩 영역 인식이 가능하므로 가변 제초 인식에 활용 가능함.

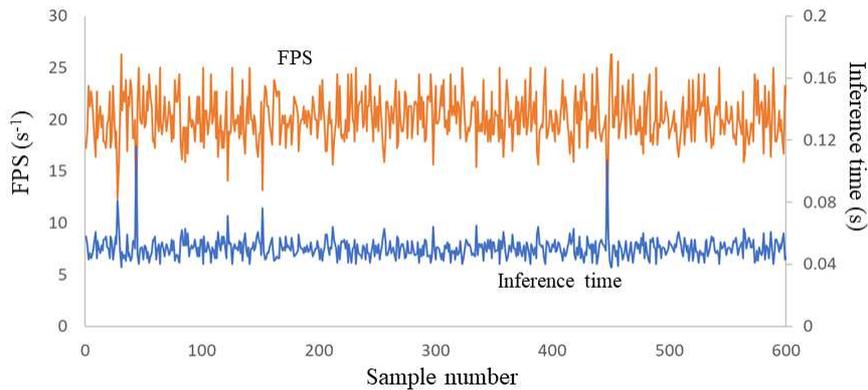


그림 190. 경량화 및 최적화 된 모델의 성능(속도)

표 19. 모델 추론속도 측정결과

Factor	Avg.	Max.	Min.
Processing time (s)	0.05±0.008	0.16	0.04
FPS (s ⁻¹)	20±2.5	27	6

- 자동 제초 기술의 통합 시스템 적용 및 성능평가를 통한 최적화
 - 영상 기반 잡초 인식 기술 전체 시스템 통합 및 작업부 연동
 - : 주간 제초 자동화를 위한 통합 시스템은 아래 그림과 같으며 제초 로봇 프레임의 하단 양쪽에 별도의 기구부 설계를 통해 모터 및 제초날이 장착되었음.
 - : 모터 시스템 제어를 위한 영상 인식부는 프레임의 전방부에 제어기를 장착한 후 카메라는 아래 방향을 향하도록 설치되었으며, 양쪽 콩 열 모두 영상의 FOV 내 촬영 가능하도록 설정하였음.



그림 191. 제초로봇 통합 시스템 적용

: 제초로봇에 통합된 자동 제초부의 상세 사양은 아래와 같으며 모터부 제어를 위한 컨트롤러와 스텝모터 및 드라이버로 구성되었음.

표 20. 콩 작물 회피를 위한 제초부 주요 사양

구분	규격사항
Controller (STM32-Nucleo)	<ul style="list-style-type: none"> - CPU frequency : 84 MHz - MCU operating voltage : 1.7 to 3.6 V - GPIO pins : 50 - ADC : 12-bit 16 channel
Motor (A200K-M599-GB10)	<ul style="list-style-type: none"> - 5 phase geared stepping motor (reduction 1:10, 0-180 rpm) - Break function - Max. torque : 200kgfcm - Rated current : 1.4 A/Phase
Motor driver (MD5-HD14)	<ul style="list-style-type: none"> - Bipolar constant current pentagon drive type - 20-35 DC power voltage - Max. driving voltage : 1.4A/Phase (3A)

- 잡초 인식 및 조건 제초 제어 알고리즘 모듈화

: 일정한 간격으로 존재하는(제초로봇 진행방향의 간격) 작물 사이 잡초를 제거(중경제초)하는 자동화 방법으로, 작물의 영역을 인식하여 작물 존재 시 제초날이 회피, 작물 사이에서 제초날로 제초 수행함.

: 작물 인식 후 차량의 속도와 인식 카메라의 높이를 통해 계산된 작물의 예측 위치가 제초날 접근 시 작물이 이동하는 방향으로 90도 회전으로 회피, 그 후 작물이 제초날 범위에서 벗어나면 원위치로 복원됨.

: 작물 생육에 따라 면적의 차이 및 형상이 다양해지므로 아래와 같이 수집된 영상 데이터를 기반으로 개체별 분리 및 제초 타이밍 설정을 위한 알고리즘을 설정하였으며 영상인식부에 적용하였음.

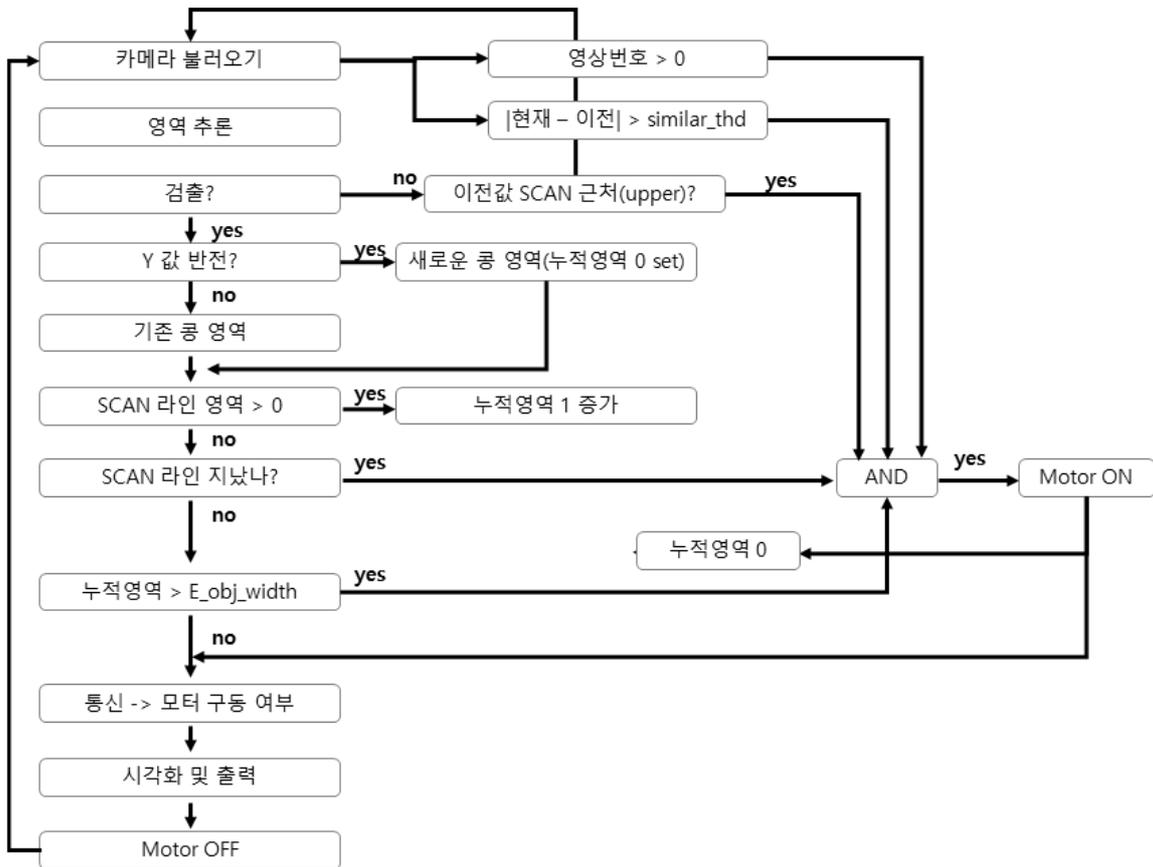


그림 192. 영상 인식 결과를 통한 모터 제어 전략

: 위의 알고리즘에서 설정한 원인과 같이 아래의 그림을 통해 콩의 생육 초기단계의 데이터를 이용한 설계로 콩이 많이 자랐을 때 점유하는 면적이 커짐을 알 수 있음.

: 다양성 증가로 인한 타이밍 예측에 어려움이 존재함(하나의 포인트로 제어를 결정하기 어려움) → 콩의 중심점 확인이 어려움, 콩 개체간 분리가 어려움.



그림 193. 콩의 생육이 진행되었을 때 수집된 영상

: 개체 간 구분 및 다양한 형상 인식에 대해 자동제초의 정확도 향상을 위해 기존의 중심을 결정하는 방법을 대신하여 수직축에 대한 인식 기준을 설정함(기존에는 수평축에 대한 확률분포로 성능을 향상).

: 수직방향 이동에 따라 콩의 점유면적을 분석하여 개체별 점유 특성이 고려된 분리 기준(콩과 콩이 연결되었을 때의 제초 타이밍 결정)을 선정함.

: 제초 타이밍 설정을 위한 영역 인식은 우선 검출된 영역을 군집화시킨 후(connected component 방식) 수행되었으며 ROI 내에서 2개의 개체를 관리하게 하여 다음 콩 개체에 대한 대비를 가능하게 하였음.



그림 194. 작물 개체 분리를 위한 영역 검출(군집화)

: 군집된 영역을 기준으로 단일 객체가 ROI 내 위치 시 무게 중심을 결정한 후 이를 제어 타이밍에 활용하였으며, 2개의 영역의 경우 순차적 타이밍 제어, 연속적으로 겹친 상태로 입력되는 경우에는 콩 영역의 가로 비율에 대한 기울기를 평가하여 노이즈 혹은 콩과 콩이 앞끼리 약하게 연결되는 경우에 분리할 수 있도록 기준을 설정하였음.

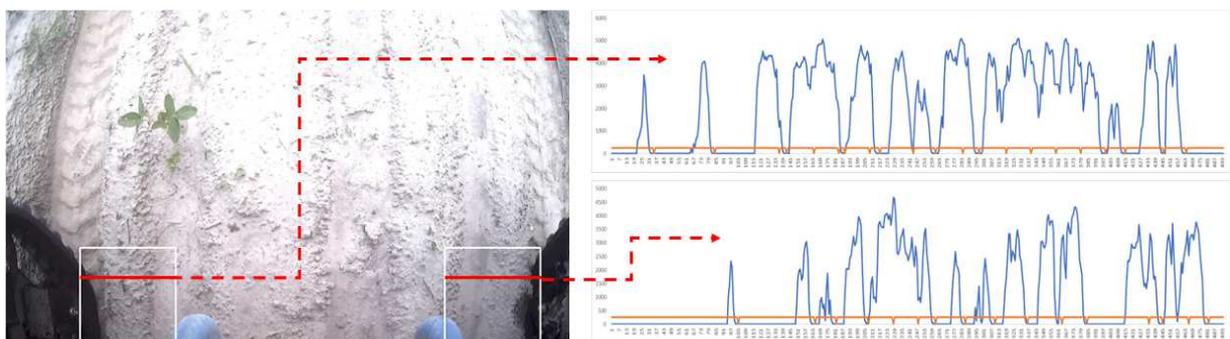


그림 195. 수직축에 대한 진행방향에 대한 콩의 인식구간 검출

: 하단 좌측과 같이 ROI 내 작물의 영역 검출 및 중심점을 이용하여 x, y축 좌표를 평가할 수 있으며, y축 좌표를 기준으로 제어 타이밍을 결정, x축 좌표를 기준으로 작물의 중심영역을 일치화 시킬 수 있음.



그림 196. 콩 영역 인식 및 히스토그램을 기반으로 한 중심 결정과 제초 타이밍 결정

- 실시간 제초 제어 성능평가 및 실용화성 확보

: 통합 시스템의 자동제초 시험 평가는 충남대학교 내 위치한 포장지에서 실시하였으며, 실제 제초로봇을 이용하여 시험을 수행한 후 저장된 결과영상을 이용하여 대상인식율을 계산하고, 회피 성공률은 작업 후 위치를 이탈한 작물을 계수하였음.

: 포장지에서 10m 길이의 두둑을 형성하여 양쪽에 콩 작물(모형)을 0.3 m 간격을 심었으며, 좌, 우 각각 30개의 작물 모형을 배치하였음.

: 원격 제어를 이용하여 제초로봇을 두둑 위로 주행 및 직진 작업 동안 10 fps 속도로 촬영되었으며(영상크기 960×540 pixels), 이 중 작업영상 필터 및 샘플링을 통해 총 714개 샘플을 시험에 사용함.

: 결과영상 프레임의 하단 좌, 우 160×160 크기에 검출된 작물 인식을 결과를 이용하여 인식율을 계산하였으며, 이때 대상인식율은 사전에 정의된 목표영역과 검출된 영역의 겹침정도를 비교하며, IoU (intersection of union) > 0.5 이상을 기준으로 confusion matrix를 작성한 후 분류 정확도(classification accuracy)를 계산하였음.

: Confusion matrix 각각의 항목은 TP (true-positive), TN (true-negative), FP (false-positive), FN(false-negative)이며, 이때 TP는 목표부류(target class)를 정확히 인식한 경우, TN은 목표 외 부류를 각각에 해당하는 부류로 정확히 인식한 경우, FP는 목표부류를 다른 부류로 인식한 경우, FN은 목표 외 부류를 목표부류로 인식한 경우의 수를 나타냄.

: 직진작업 중 작물 회피 성공율은 직진 작업 완료 후 위치가 이탈된 작물을 계수하여 전체 수에 대한 비율로 계산하였으며, 총 5회 반복 실험의 평균을 계산함.

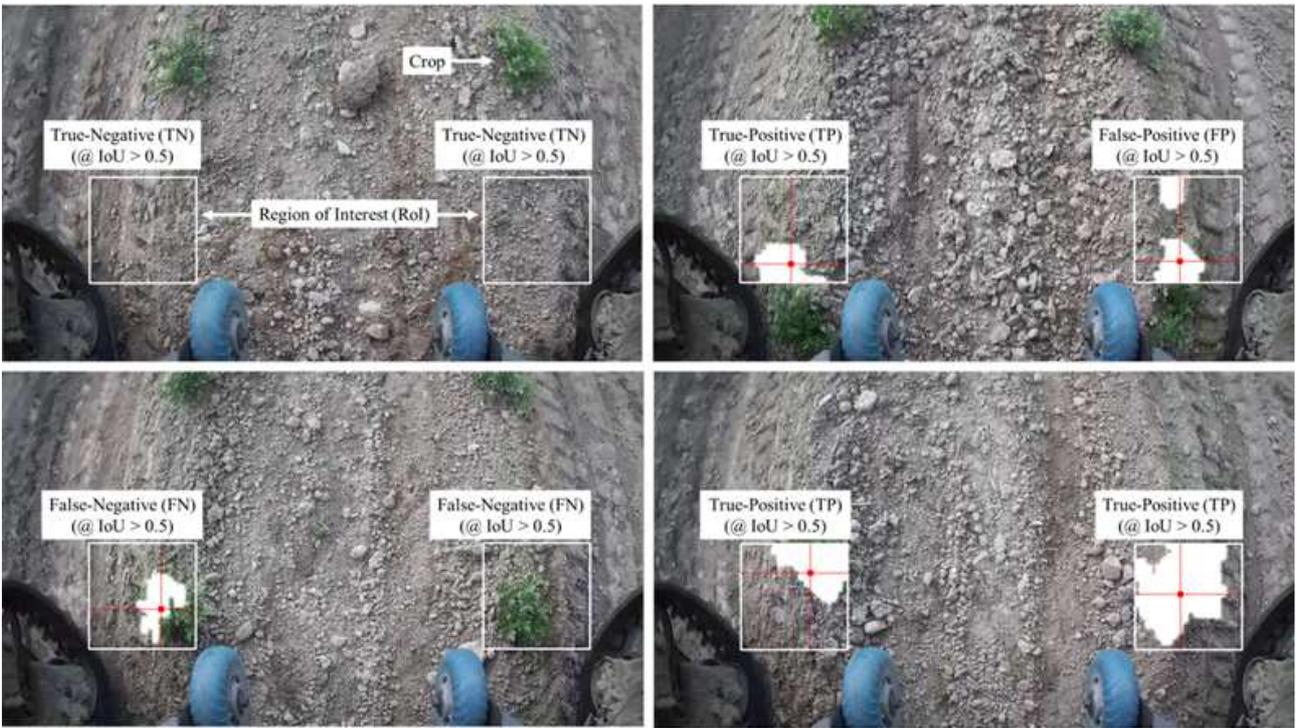


그림 197. 대표적인 인식 결과 영상

- : ROI 내 콩 작물 영역 검출결과와 아래 표와 같이 나타났으며, 대상인식율은 전체 샘플에서 정확히 분류할 경우의 샘플만 계수한 비율임.
- : 검출 정확도는 약 95%로 실제 시스템에 활용 가능하며, 다양한 생육에 적용 가능할 것으로 판단됨.

표 21. 콩 작물 영역 인식 결과

		Prediction	
		N(-)	P(+)
Real	N(-)	TN = 127	FP = 51
	P(+)	FN = 8	TP = 528

$$\begin{aligned}
 \text{대상인식율(분류 정확도), \%} &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100 \\
 &= \frac{127 + 528}{127 + 528 + 51 + 8} \times 100 = 95.2
 \end{aligned}$$

- : 아래 그림은 콩 작물이 존재할 때 영상인식부에서 작물영역을 인식한 후 알고리즘에 의해 모터 제어를 수행한 결과로 올바르게 회피한 경우와 실패한 경우의 대표적인 연속 영상이 제시되어있음.
- : 콩 작물 회피에 실패한 경우의 대부분은 영상인식의 오류가 아닌 제초날의 회전 타이밍에 의해 발생되었으며, 정확한 직각 회전 혹은 지연으로 인해 작물이 제초부에 걸리면서 회피가 실패되었음.
- : 모터 시스템의 회전속도 및 토크의 향상과 제어 시 발생하는 노이즈 제거를 통해 정확도

증가 및 회피 실패율 감소를 기대할 수 있음.



< 콩 작물 회피 성공 >



< 콩 작물 회피 실패 >

그림 198. 콩 작물 회피 대표적인 영상

: 콩 작물 회피는 총 5회 실시되었으며 전체 샘플 60개에 대해 성공률은 96.7~100% 범위를 보여주었으며, 평균 98.7%의 높은 성공률을 보여주었음.

: 본 결과는 정형화 된 시험조건 설정 후 진행된 것으로 실제 제초 시스템의 실용화를 위해서는 다양한 조건과 필드에서의 성공 검증이 필요함.

표 22. 콩 작물 회피 결과

	1회	2회	3회	4회	5회	총
회피 샘플 수	59	60	60	58	59	300
파손 샘플 수	1	0	0	2	1	4
성공률(%)	98.3	100	100	96.7	98.3	98.7

: 실용성에 대한 검토를 위해 임베디드 컴퓨터(NVIDIA Xavier NX)에서 인식 모델을 최적화한 후, 수집된 실시간 영상을 순차적, 연속적으로 입력 후 콩 영역 인식을 수행 및 처리속도를 평가하였음(추론 속도를 소프트웨어 타이머를 이용하여 계산하였으며, 영상 간 샘플링 간격은 10 ms).

: 측정 기준은 영상 입력으로부터 콩 영역 검출 완료까지이며 1초 동안 처리된 영상 프레임 수(frame per second, fps)를 계수하여 측정.

: 추론 시간을 평가한 결과, 1장의 영상을 처리하는 데 걸린 시간은 평균 0.05초임. 따라서, 20 fps의 속도로 실시간 콩 영역 인식이 가능하므로 가변 제초 인식에 활용 가능함.

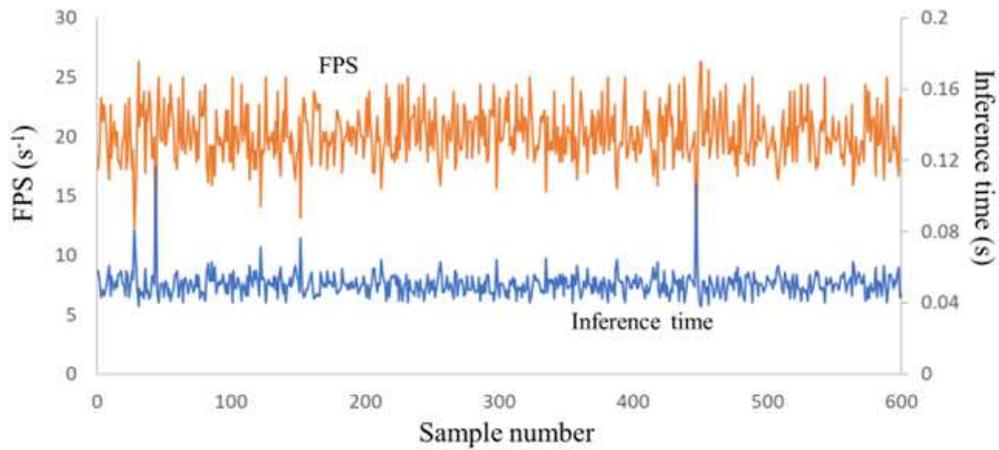


그림 199. 콩 작물 영역 인식의 실시간 처리시간

○ 전기구동 시스템 최적화 기술 개발

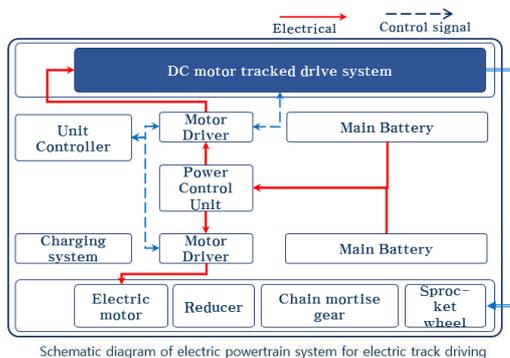
- 다양한 환경 평가를 위한 시뮬레이션 환경 및 전기구동 모델 구성

· 제초로봇 실차 시험 조건 및 방법

: 부하예측모델을 통한 전기구동 동력전달시스템의 최적화를 위한 부하 예측 데이터를 얻기 위해 실차시험을 수행하였음.

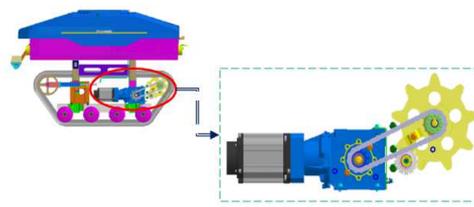
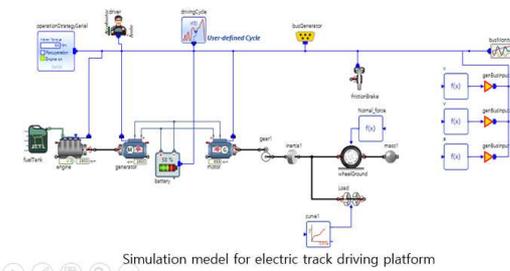
: 제초로봇 실차시험을 통해 노지 작업 환경에서의 부하 데이터 값을 예측하였음.

: 전동형 잡초 제거 로봇의 동력전달시스템은 배터리, 모터, 감속기, 구동 스프로킷 휠로 구성됨.



구분	단위	내용
구동방식	-	전동식 궤도 주행형
외관 (LxWxH)	mm	1,650X1,600X1,540
모터 성능	출력	kW 4(48VDC/2kW X 2)
	회전속도	rpm 3,000(cunt)
	토크	kgcm 69(cunt)
배터리	용량	kWh 12.28 (51.2VDC / 120Ah X 2)
	충전시간	Hr 5.5
주행속도 (max/work)	Km/hr	5/2
기체하중	kg	580

Specification of the ele-track platform



21

그림 200. 제초로봇 동력설계

: 시스템 설계결과 기체의 예상하중은 최소 550kg ~ 최대 600kg로 나타남.

→ 농기계 검사규격에 의거 100kg당 0.5kW모터 사용제한 고려시 3kW이내 모터사용

: 기체의 최대속도 7km/hr 보장을 위한 감속비는 17.1:1이나 이 경우 노지주행환경에서의 구동력이 다소 불리할 것으로 판단하였으며, 보행에 의한 기체제어를 고려할 경우

최대주행속도는 5km/hr로 주행이 충족할 것으로 판단하여 감속비는 22.05:1로 계산

: Simulation-X에 의한 시뮬레이션 모델에 의한 판단결과 240ah급 배터리 장착시 80%

부하조건에서 8시간 및 100%부하조건에서 에서 3시간의 연속사용이 가능할 것으로 판단됨,



그림 201. 제초로봇 실차시험 사진

- : 각 궤도 장치별 48 Vdc / 2kW급 모터와 총 22.07 : 1 비율의 감속기를 직렬로 장착하였음.
- : 48 Vdc / 120 Ah 급 배터리 2개를 병렬로 연결하여 장착하였음.
- : 각 궤도 장치의 구동모터는 각각의 모터드라이버에 의해 정현파 또는 구형파의 형태로 모터의 회전속도 제어를 실시하였음.
- : TTC 30(HYDAC Intercontrol. Germany) 컨트롤러 혹은 자율주행 센서 신호를 바탕으로 모터 드라이브를 제어하고 주행상황을 모니터링 하였음.

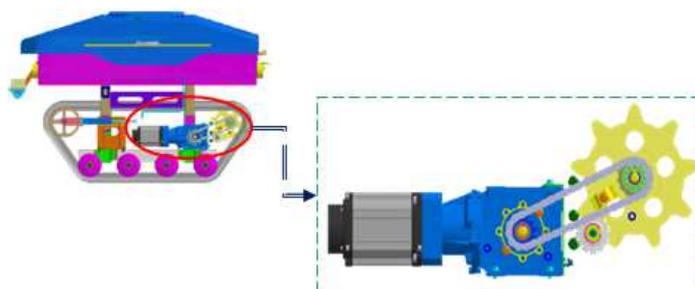


그림 202. 제초로봇 동력전달 시스템 구조

표 23. 제초로봇 제원

Item		Specifications
Driving		Caterpillar
Weight (kg)		580
Length * Width * Height (mm)		1,650 * 1,600 * 1,540
Velocity (km/h)		5 (max) / 2(working)
Motor	Power (kW)	4
	Rotational speed (rpm)	3000
	Torque (Nm)	6.8
	Reduction gear ratio	22.07
Battery	Capacity (kWh)	12.28 (51.2 V / 120 A * 2)
	Charging time (h)	5.5 (SOC 20 % to 90 %)

: 제초로봇의 부하데이터를 계측하기 위해 실차 시험은 전북 김제시 광활면 창제리 1097일대 간척단지(127°3'6.66", 35°49'44.67")에서 진행되었음.



그림 203. 제초로봇 실차시험 필드

: 실차 시험장에서 노지 밭 두둑환경을 구현하였으며, 폭 1,400 mm, 높이 250 mm, 길이 80 m의 두둑 8개를 성형하였음.

: 제초로봇의 왕복작업에 의한 주행을 위해 성형된 두둑의 전방 및 후방부분에 10 m씩 선회구간을 구성하였음.

: 시험은 해당 필드 내 6개의 두둑을 아래 그림과 같은 동선으로 이동하는 동안의 데이터를 측정하였음.

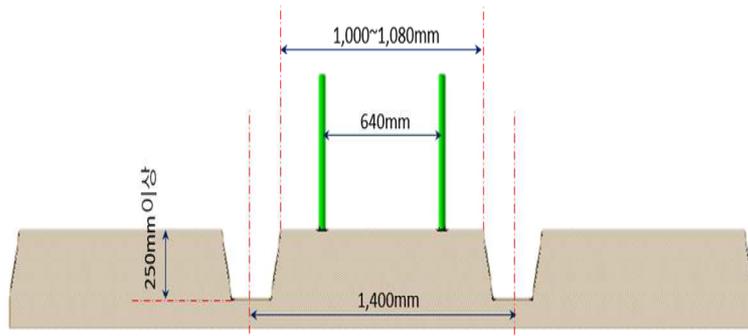


그림 204. 제초로봇 실차시험장 두둑 생성 조건

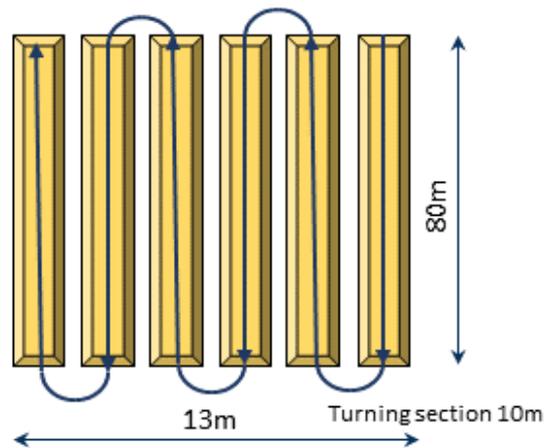


그림 205. 두둑 선회구간 및 시험경로

- : 시험토양의 환경을 알아보기 위해 수분함량 및 원추관입지수를 측정하였음.
- : 필드 토양의 수분의 경우 토양수분계(TDR350, Spectrum Technologies Inc., Aurora, Colorado, USA)를 통해 측정하였음.
- : 원추관입지수(cone index, CI)는 원추관입계(SC900, spectrum Technologies Inc., Aurora, Colorado, USA)를 이용하여 측정하였으며, 측정 범위는 0~20 cm의 깊이로 선정하였음.
- : 토양 환경 측정은 가로 1.4m, 세로 16m 간격으로 총 30개의 측정 지점에서 수행하였음.
- : 측정 결과 필드의 평균 원추관입지수, 수분함량은 878.3 kPa, 36.6%로 나타남.



그림 206. 토성 측정 장비(좌: TDR 500, 우: SC 900)

: CAN 통신을 통해 측정 가능한 데이터는 모터 토크, 모터 회전속도, 배터리 SOC, 전류, 전압이며, CAN통신을 통해 실시간으로 계측 가능함.

: 시험 데이터의 정확성을 위해 수집된 데이터는 별도의 가공없이 엑셀파일로 변환하여 차트화 하였음.

: 계측 데이터는 labVIEW(2021 SP1, National Instrument, USA)와 P-CAN tool (2019 4.2.4.564, PEAK-System, Germany)을 활용하여 계측 및 저장할 수 있으며, 드라이버 제조사로부터 제공된 드라이버 모니터링 프로그램(MDAS, Marathon Products INC., USA)을 통해 주행제어에 대한 전압, 전류, RPM Command 값과 구동모터로부터 전달되는 feedback data를 수집하였음.

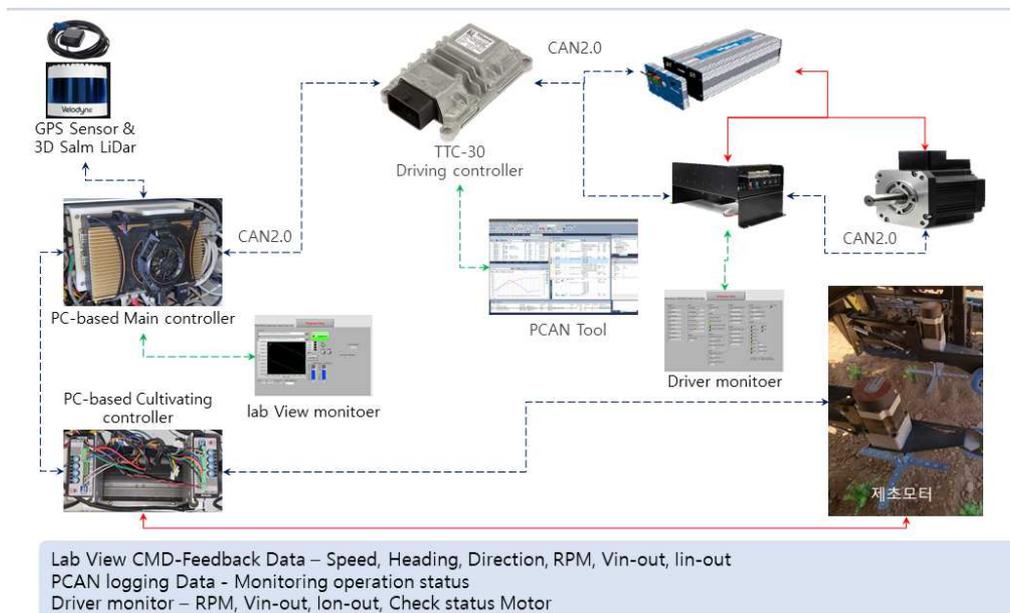


그림 207. 데이터 로깅 다이어그램

: 제초로봇 필드시험은 노지 주행 조건과 노지 작업 조건으로 수행하였음.

: 필드시험 수집 데이터는 전류, 전압, 배터리 SOC, 속도 등이며 해당 정보들을 통해 제초로봇에 걸리는 부하와 출력을 도출해냄.

: 제초로봇 모터에 발생하는 출력과 토크는 아래의 식들을 이용하여 도출하여 구하였음.

$$P_{motor} = \frac{2\pi T_{motor} N_{motor}}{60,000} \times \mu_e$$

$$T_{motor} = \frac{60,000 \times VI}{2\pi \times \mu_e \times N_{motor}}$$

where, P_{motor} = Motor power (kW)

V = Supply voltage (V)

I = Supply current (A)

T_{motor} = motor torque (Nm)

N_{motor} = Motor rotational speed (rpm)

μ_e = Motor efficiency ≈ 0.98

- 제초로봇 실차 시험 계측데이터 결과

: 노지 주행조건에서 제초로봇의 부하데이터를 분석하였음.

: 필드시험을 수행한 결과, 전동 궤도형 제초로봇의 모터 토크는 최대 10.3 Nm의 범위로 나타남.

: 제초로봇의 평균 및 표준편차는 동일 조건에서 각각 5.4, 3.2 Nm로 나타났음.

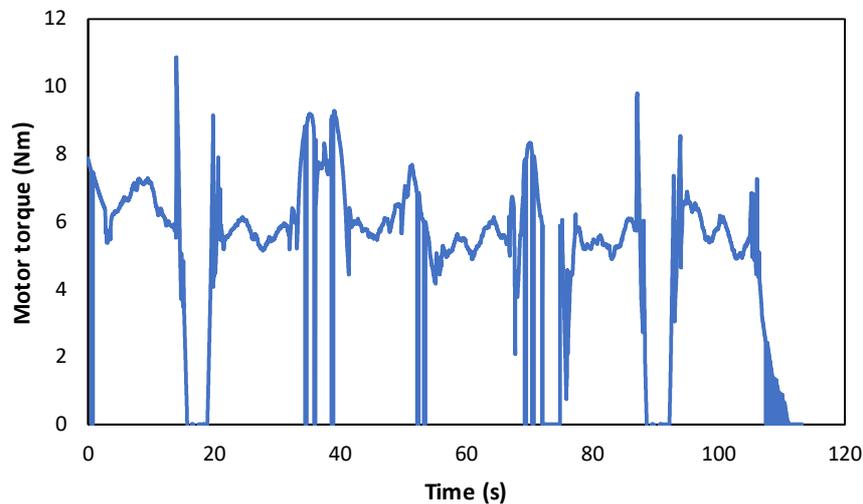


그림 208. 노지 주행 조건에서의 제초로봇 모터 부하데이터

: 노지 작업조건에서 제초로봇의 부하데이터를 분석하였음.

: 필드시험을 수행한 결과, 전동 궤도형 제초로봇의 모터 토크는 최대 10.3 Nm의 범위로 나타났음.

: 제초로봇의 평균 및 표준편차는 동일 조건에서 각각 5.4, 3.2 Nm로 나타났음.

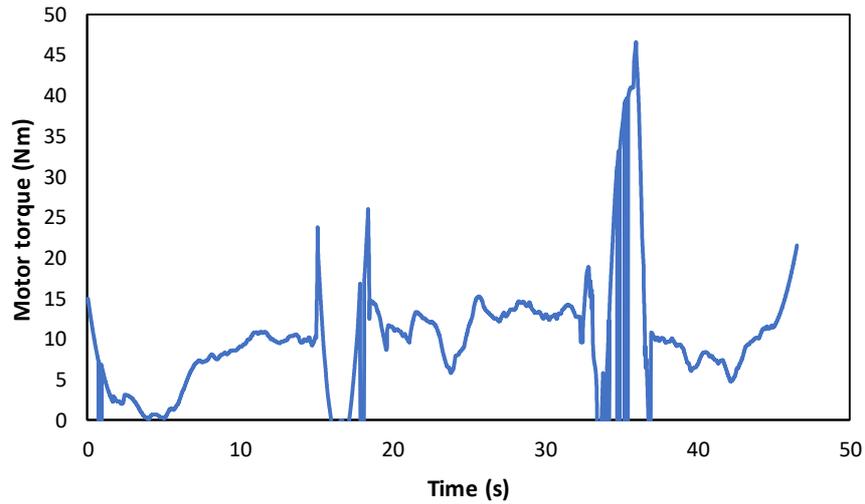


그림 209.

○ 전기구동 궤도형 제초로봇 부하예측모델 제작

- 제초로봇 부하예측모델 제작 및 구성

: 부하예측모델은 동역학 해석 소프트웨어인 RecurDyn (V9R4, Functionbay, Korea)을 활용하여 궤도형 제초로봇의 구성 및 제원을 반영하여 제작하였음.

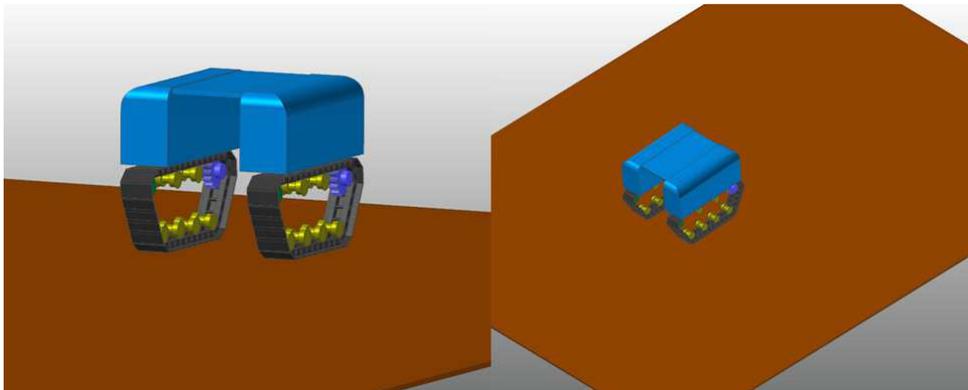


그림 210. RecurDyn을 활용하여 제작한 부하예측모델

: 본 연구에서 실차시험에 사용된 제초로봇의 궤도는 하단과 상단에 각각 4개, 2개의 롤러와 스프로킷, 텐던서로 이루어져 있으며, 일반적으로 궤도형 차륜에 사용되는 아이들러가 없는 구조임.

: RecurDyn 내에서는 실제 제초로봇 구동 방식과 달리, 텐던서를 구현할 수 없어 프로그램 내에서 텐던서의 역할을 할 수 있도록 상부에 두 개의 롤러를 포함하여 궤도시스템을 구성하였음.

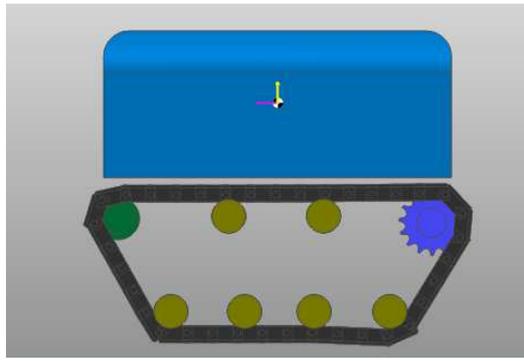


그림 211. 제초로봇 동역학 모델 측면도

- : 실차 제초로봇의 중량, 크기, 차량 속도, 감속비 등을 파라미터 값으로 제초로봇 모터의 부하를 출력하였음.
- : 궤도차륜에는 고무물성, 아이들러와 텐션, 롤러에는 알루미늄 물성으로 설정하여 물성치를 입력하였음.
- : 제초로봇 차체와 스프로킷, 롤러, 텐션, 궤도에 각각 물성에 맞는 파라미터 값을 입력하였음.
- : 부하예측 모델은 제초로봇의 무게인 580 kg을 총 중량으로 설정하였고, 차체의 크기는 제초로봇과 동일하게 1,650 * 1,600 * 1,540 mm로 설정하였음.

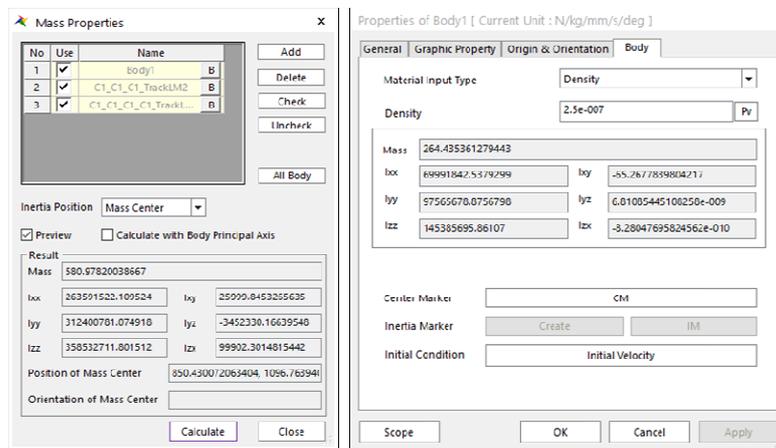


그림 212. 부하예측모델의 총 중량 및 차체 물성 파라미터

- : 부하예측모델의 물성은 알루미늄으로 설정하였고, 구조와 물성에 따른 무게 배분에 의해 중량은 18 kg으로 설정하였음.
- : 스프로킷의 크기는 궤도차륜의 크기와 호환하도록 설정하였음.

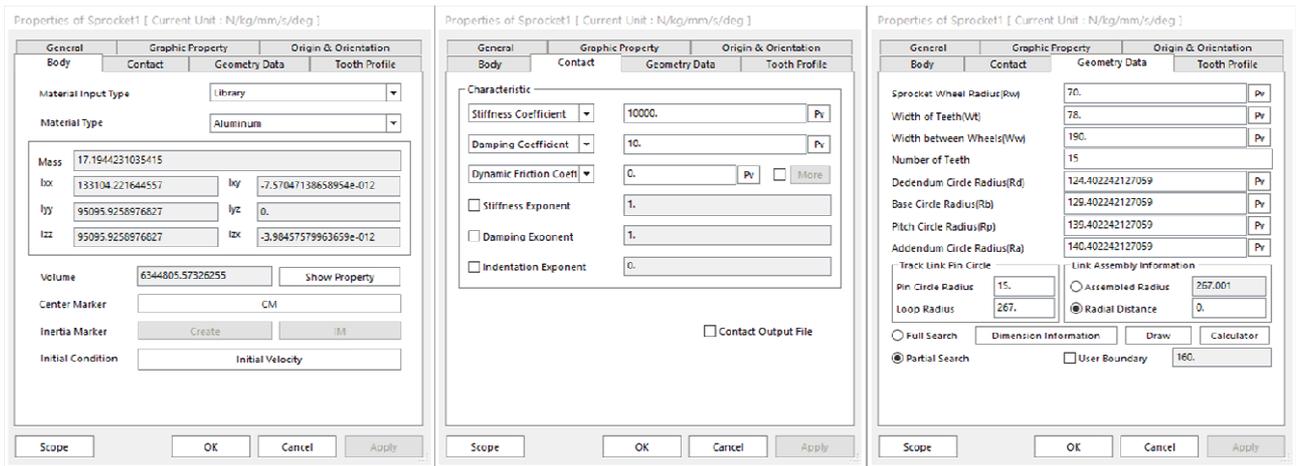


그림 213. 스프로킷 재질, 접촉 물성, 형상 파라미터

: 부하에측모델 내 궤도 하부 롤러는 제초로봇과 동일하게 4개로 설정하였고, 제초로봇의 아이들러 역할을 수행할 수 있도록 텐션과 스프로킷 사이 궤도 상부에 2개의 롤러를 배치하였음.

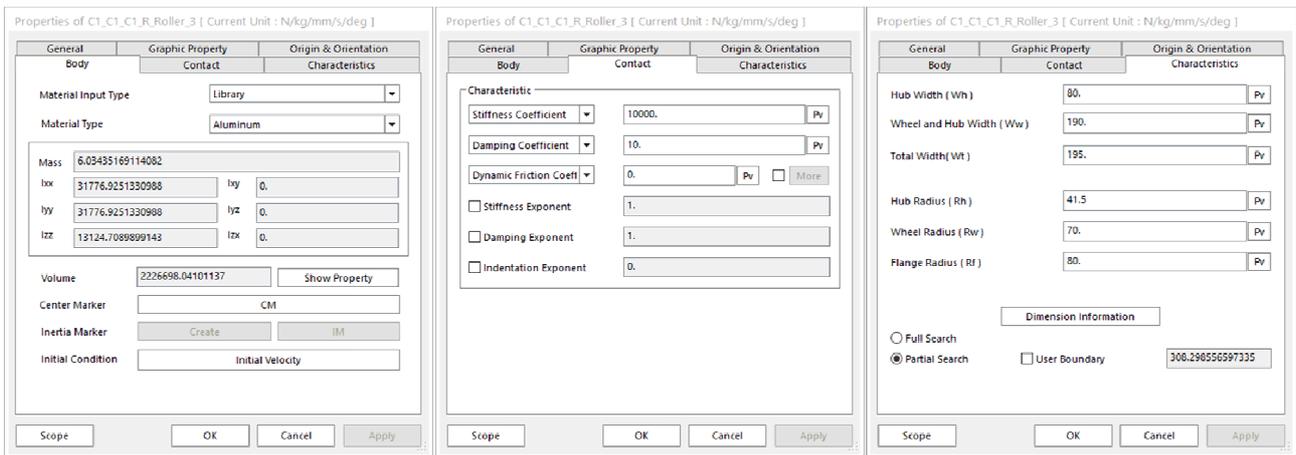


그림 214. 롤러 재질, 접촉 물성, 형상 파라미터

: 부하에측모델 내 텐션은 궤도 상단 스프로킷의 반대편에 위치하며 상단 2개의 롤러와 함께 기존 텐션서의 역할을 대신하여 수행함.

: 궤도차륜의 장력을 유지시켜 차량이 원활한 구동을 할 수 있게끔 하는 데에 주 목적이 있음.

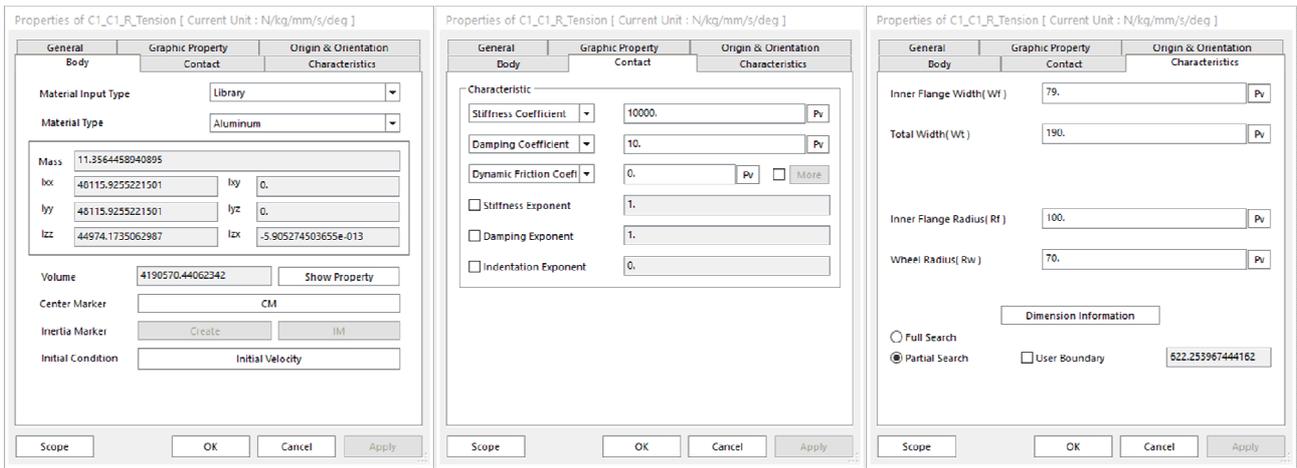


그림 215. 텐션 재질, 접촉 물성, 형상 파라미터

: 궤도차륜은 아래 그림과 같은 형상의 부품 36개로 이루어져 있으며 해당 궤도 부품에서 사용된 파라미터는 다음과 같음.

: 궤도에 고무 물성을 사용하여 재질에 상응하는 접촉 변수를 설정하였음.



그림 216. 궤도차륜을 구성하는 궤도 부품 도면

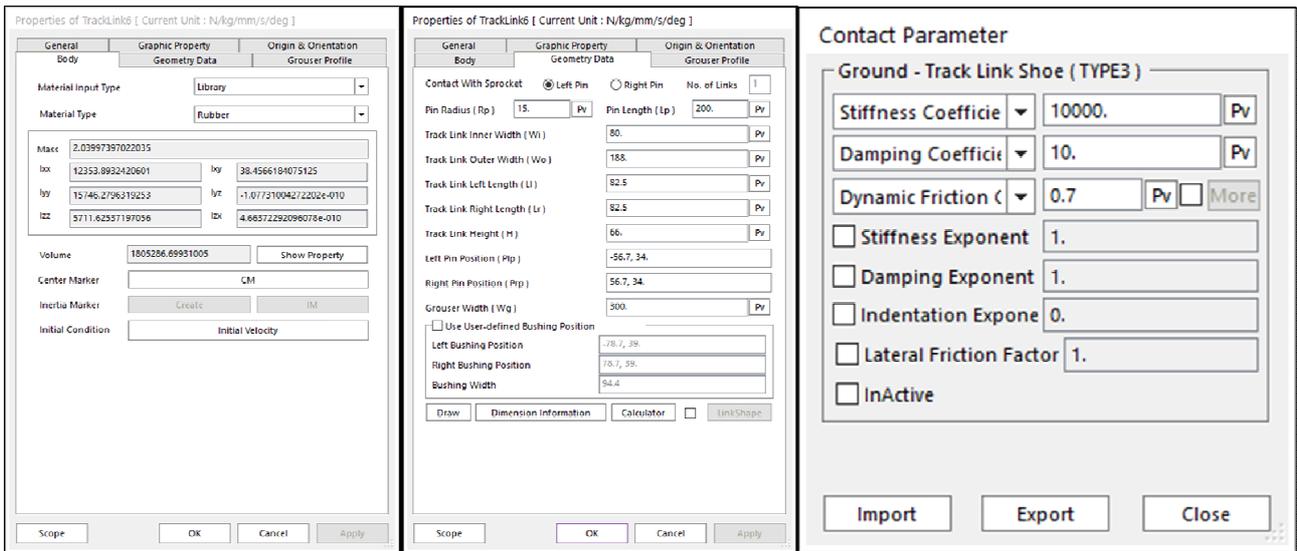


그림 217. 궤도 부품 재질, 형상, 접촉 물성 파라미터

: 부하예측 결과 모터의 평균 부하는 5.43 Nm로 나타났으며, 이는 실차 시험을 통해 얻은 노지조건 부하계측 데이터 개형과의 유사성을 확인할 수 있음.

: 상관계수 비교를 통하여 실차 시험을 통한 주행 시 부하데이터와 부하예측 모델을 통해 얻은 부하데이터 사이 Pearson 상관계수는 0.58로 확인되며, 이는 두 데이터 간의 상관성을 보여줌.

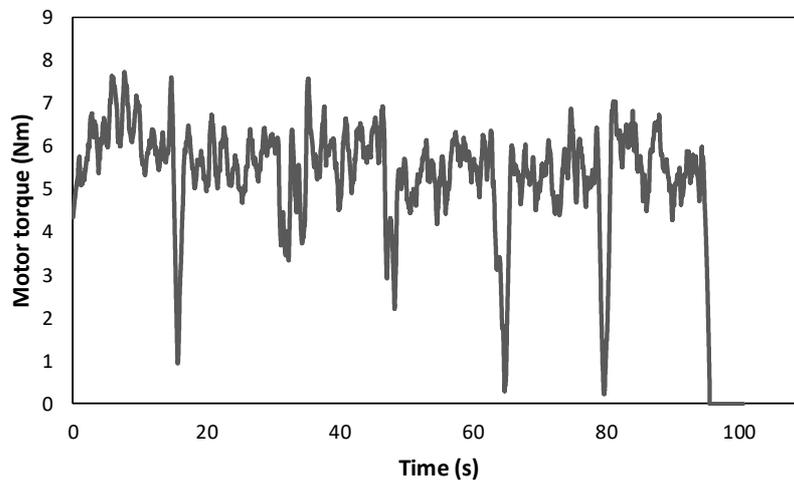


그림 218. RecurDyn 동역학 시뮬레이션 모델로부터 출력한 부하데이터

3.3 전기구동 궤도형 제초로봇 시뮬레이션 모델 제작

- 제초로봇 시뮬레이션 모델 개발 및 최적화

: 제초로봇 시뮬레이션 모델은 상용 소프트웨어인 Simulation X (Ver. 4.4, ESI ITI GmbH, Dresden, Germany)를 통해 제작하였으며, 부하예측모델을 활용하여 시뮬레이션 모델을 구성하였음.

: 궤도형 차륜의 구성은 부하예측모델과 동일하게 스프로킷, 텐션, 상하부 롤러로 구성하였음.

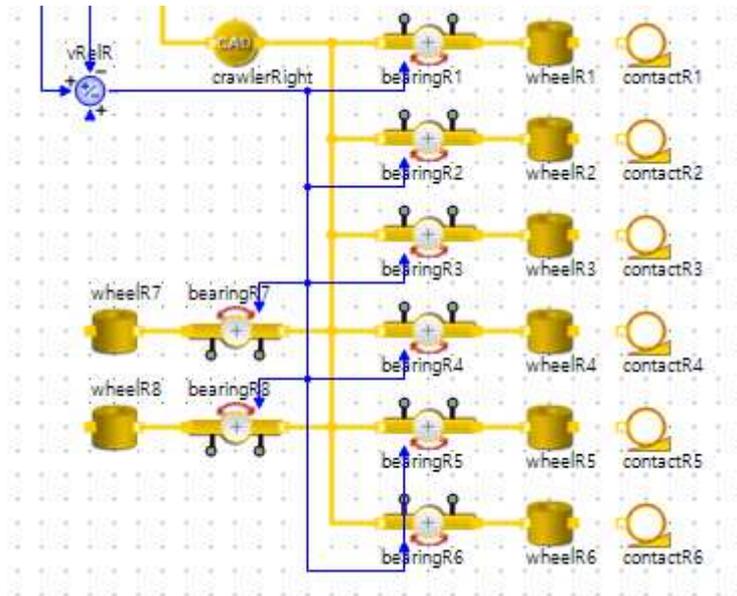


그림 219. 모델 내 궤도차륜 구성

: 배터리와 출력, 모터의 토크를 통하여 계산된 차량의 속도와 조향방향을 입력값으로 가지며 시뮬레이션을 통해 각 롤러와 스프로킷에 가해지는 부하와 실제 주행속도를 측정할 수 있음.

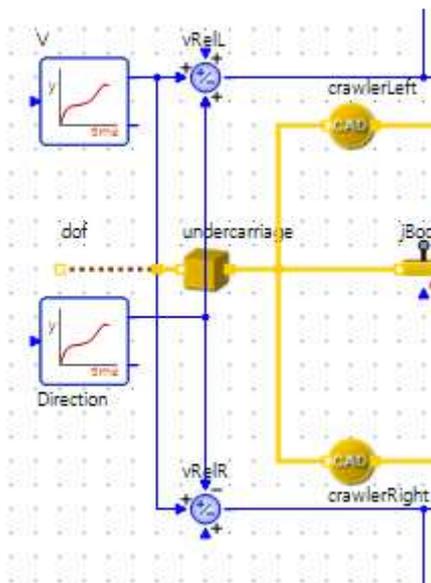


그림 220. 시뮬레이션 입력 모델

: Simulation X 라이브러리 내 Ground 모델을 이용하여 제초로봇의 주행 및 작업 환경을 설정할 수 있어 다양한 조건 설정이 가능함.



그림 221. Ground 모델

: 실차 시험 환경과 유사한 토양 환경 조성을 통해 신뢰성 있는 제초로봇 시뮬레이션 모델을 제작하고자 하였음.

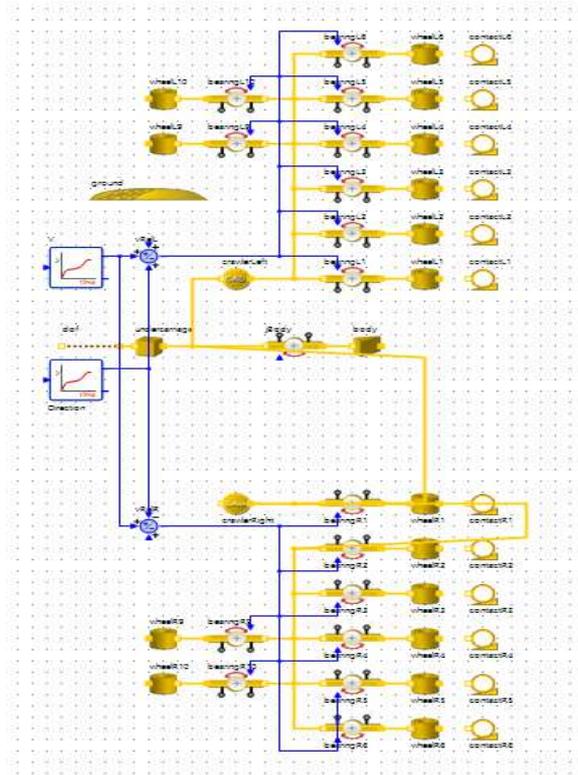


그림 222. 시뮬레이션 모델 구성

: 시뮬레이션 모델 내 차체, 스프로킷, 롤러에 제원에 맞는 파라미터 값을 설정하여 입력하였음.

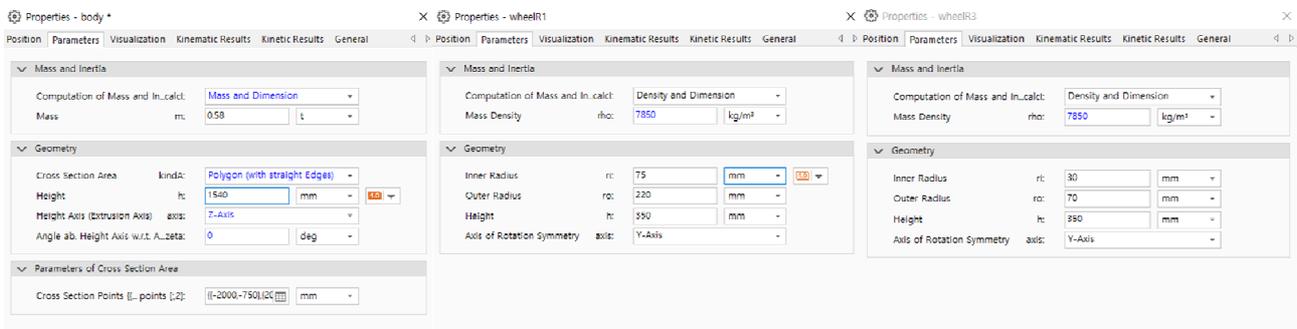


그림 223. 시뮬레이션 모델 파라미터 설정

: 직진 및 선회 조건에서 시뮬레이션을 통해 작업환경에서 스프로킷에 가해지는 부하와 실제 차량의 이동속도를 알 수 있음.

: 평지 직진 주행 시 아래 그림 파란 점선에 해당하는 신호를 인풋값으로 설정하였고 시뮬레이션 결과 토양 저항에 의해 더 낮은 속도값이 출력됨을 확인할 수 있음.

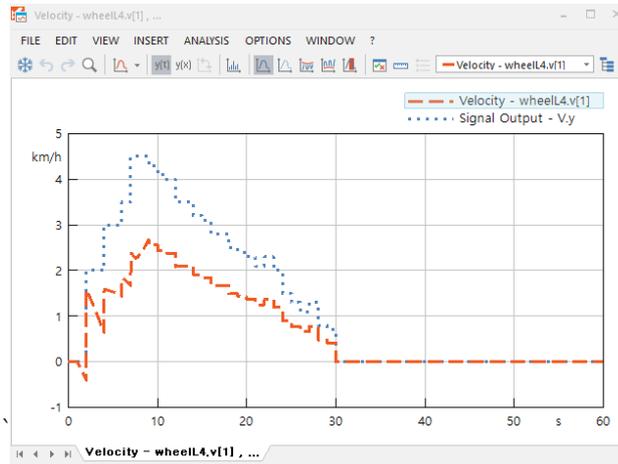


그림 224. 전진 시 제초로봇의 속도 시뮬레이션 결과

: 선회 시 차체의 속도 개형은 다음과 같이 나타나며, 30초 이후로는 지형조건에 의해 차량 자체 출력없이 왕복 운동을 하는 상태로 파악되었음.

: 차량 선회가 진행되는 0~5초 사이에 가장 많은 부하가 측정되었고 이는 차량의 회전 운동 시 부분적으로 발생하는 차륜의 부하를 나타냄.

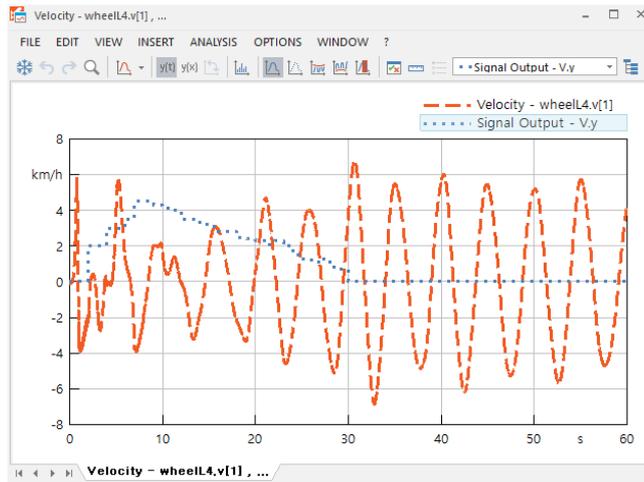


그림 225. 선회 시 제초로봇의 속도 시뮬레이션 결과

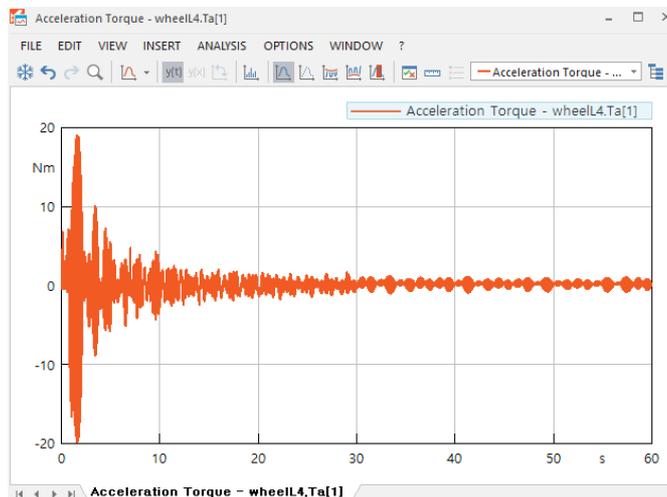
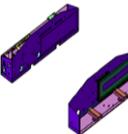
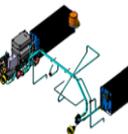


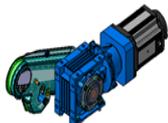
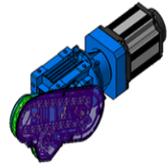
그림 226. 선회 시 제초로봇 롤러 부하 데이터

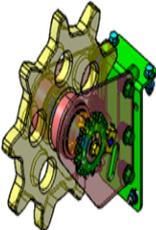
(6) 개발제품 BOM 및 Part list

○ SUB Total BOM

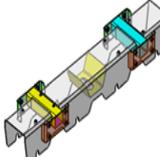
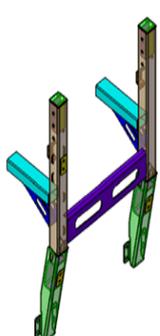
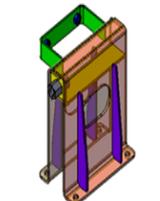
FIGURE	UPG	LEVEL							PART NAME	PART NO (DWG NO)	NEW PART NO	QTY
		1	2	3	4	5	6	7				
		●							WEEDING ROBOT	WR1 00 000		-
			●						INSTALL-POWER TRAIN	WR1 11 00A	03364-WR000	1
				●					ASSY-MOTOR&REDUCER, LH	WR1 11 100	36400-WR100	1
				●					ASSY-MOTOR&REDUCER, RH	WR1 11 200	36400-WR200	1
				●					ASSY-RUBBER SPROKET, LH	WR1 11 300	36500-WR100	1
				●					ASSY-RUBBER SPROKET, RH	WR1 11 400	36500-WR200	1
				●					RUBBER TRACK	WR1 11 500	36500-WR300	2
			●						INSTALL-MAIN FRAME	WR1 12 00A	03620-WR000	1
				●					FRAME ASSY-MAIN, LH	WR1 12 010	03620-WR100	1
				●					FRAME ASSY-MAIN, RH	WR1 12 020	03620-WR200	1
				●					ROLLER_ASSY_TRACK	WR1 12 600	-	2
				●					TENSIONER ASSEMBLE	WR1 12 700	-	2
			●						INSTALL-ELECTRIC BOX	WR1 13 00A	03631-WR000	1
				●					ELECTRIC BOX ASSY_LH	WR1 13 100	63100-WR100	1
				●					ELECTRIC BOX ASSY_RH	WR1 13 200	63100-WR200	1
				●					MTG BRKT ASSY LWR	WR1 13 300	-	1
				●					MTG BRKT ASSY UPR	WR1 13 350	-	1
				●					MTG PLATE	WR1 13 500	-	4
				●					ROD FIX	WR1 13 600	-	2
				●					ASSY_ROD_FIX_MTG_BRKT	WR1 13 650	-	2
				●					AVM MTG PLATE	WR1 13 700	-	1
				●					CLIP HOOD-STAY ROD	81174A7000	-	2
				●					HOLDER-BONNET STAY	811782F000	-	2
				●					HOLDER-HOOD STAY ROD	811781D000	-	2
			●						INSTALL-EXTERIOR COVER	WR1 14 00A	03677-WR000	1
				●					EXTERIOR UPPER COVER ASSY	WR1 14 100	67710-WR000	1
				●					ELECTRIC CASE COVER ASSY LH	WR1 14 200	67720-WR100	1
				●					ELECTRIC CASE COVER ASSY RH	WR1 14 300	67720-WR200	1
				●					EXTERIOR SIDE COVER LH	WR1 14 400	67730-WR100	1
				●					EXTERIOR SIDE COVER RH	WR1 14 500	67730-WR200	1
									손잡이	A-1068-1	-	2
									경첩	B-1001-13H	-	4
				●					CATCH CLIP	C-1007-1	-	2
			●						INSTALL-WEEDING MACHINE	WR1 20 00A	03680-WR000	1
				●					WEEDING FRAME ASSY	WR1 21 000	68000-WR000	1
				●					LIFTING SYSTEM	WR1 22 000	-	1
				●					ROW WEEDER ASSY	WR1 23 000	68100-WR000	1
				●					CROSS WEEDER ASSY	WR1 24 000	68200-WR000	1
				●					FRAME MTG BRKT ASSY	WR1 25 000	-	2
				●					FRAME MTG BRKT ASSY	WR1 25 050	-	2
			●						INSTALL-ELECTRIC PARTS	WR1 30 000		1
				●					ELECTRIC POWER INSTALL	WR1 31 000		1
				●					WIRING HARNESS INSTALL	WR1 32 000		1
			●						INSTALL-AUTOMATIC DRIVING	WR1 40 000	03301-WR000	1
				●					FRT LIVOX LIDER	WR1 41 000	03110-WR000	1
				●					TOP VELODYNE LIDAR	WR1 43 000	03120-WR000	1
				●					FRT CAM	WR1 44 000	03130-WR000	1
				●					GPS	WR1 45 000	03140-WR000	2
				●					CONTROL BOX	WR1 46 000	63160-WR000	1
				●					AVM SYSTEM	WR1 47 000	03150-WR000	1
				●					INSTALL_CNU	WR1 48 000	-	1
				●					INTALL_HIK	WR1 49 000	-	1

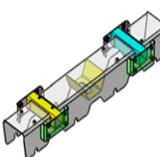
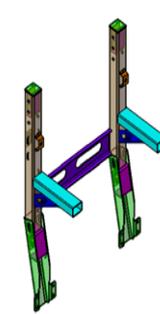
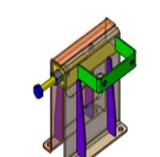
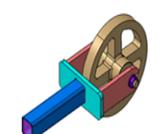
○ WR1 11 000 / Powertrain

FIGURE	UPG	LEVEL							PART NAME	PART NO (DWG NO)	NEW PART NO	Q'TY
		1	2	3	4	5	6	7				
		●							WEEDING ROBOT	WR1 00 000		-
			●						INSTALL-POWER TRAIN	WR1 11 00A	03364-WR000	1
				●					ASSY-MOTOR&REDUCER, LH	WR1 11 100	36400-WR100	1
					●				MOTOR	WR1 11 110	36401-WR000	1
					●				REDUCER,	WR1 11 120	36402-WR000	1
					●				DRIVE CHAIN-GEAR	WR1 11 130	36403-WR000	1
					●				DRIVE CHAIN-SHAFT	WR1 11 140	36404-WR000	1
					●				DRIVE CHIAN-KEY	WR1 11 150	36405-WR000	1
					●				DRIVE CHIAN-KEY	WR1 11 160	36406-WR000	2
					●				WASHER	WR1 11 170	36407-WR000	1
					●				ASSY BRKT-CHAING COVER-LWR, LH	WR1 11 180	36410-WR100	1
						●			BRKT COVER-CTR, LH	WR1 11 181	36411-WR100	1
						●			ROLL BENDING, SIDE	WR1 11 182	36412-WR000	2
						●			PLATE	WR1 11 183	36413-WR000	1
						●			BENDING PLATE	WR1 11 184	36414-WR000	1
						●			SPACER	WR1 11 185	36415-WR000	1
						●			ASSY BRKT-CHAING COVER-UPR, LH	WR1 11 186	36416-WR000	1
							●		PLATE-OUTER	WR1 11 187	36417-WR000	1
							●		COVER ROLL BENDING-OUTER	WR1 11 188	36418-WR000	1
							●		COVER BENDING PLATE	WR1 11 189	36419-WR000	1
								●	HEXAGON FLANGE BOLT	M6x1.0Px15L	-	4
								●	HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px15L	-	3
								●	ASSY-SPROKET IDLER	WR1 11 190	36420-WR000	1
								●	SPROKET IDLER	WR1 11 191(DRC50-13-15)	36421-WR000	1
								●	SPROKET IDLER-SHAFT	WR1 11 192	36422-WR000	1
								●	WASHER	WR1 11 193	36491-WR000	1
								●	WASHER	WR1 11 194	36492-WR000	1
								●	SNAP RING	-	-	1
								●	ASSY-CHIAN	-	-	1
								●	CHAIN PLATE&PIN	-	-	1
								●	CHAIN ROLLER&BUSH	-	-	1
								●	CHAIN JOINT (1 PICTH)	-	-	1
								●	CHAIN JOINT (0.5 PICTH)	-	-	1
								●	HEXAGON FLANGE BOLT	M6x1.0Px15L	-	2
								●	ROUND HEAD HEXAGON SOCKET BOLT	M6x1.0Px15L	-	4
								●	ROUND HEAD HEXAGON SOCKET BOLT	M8x1.25Px25L	-	2
							●	HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px20L	-	7	
							●	HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px30L	-	1	
				●					ASSY-MOTOR&REDUCER, RH	WR1 11 200	36400-WR200	1
					●				MOTOR	WR1 11 110	36401-WR000	1
					●				REDUCER,	WR1 11 120	36402-WR000	1
					●				DRIVE CHAIN-GEAR	WR1 11 130	36403-WR000	1
					●				DRIVE CHAIN-SHAFT	WR1 11 140	36404-WR000	1
					●				DRIVE CHIAN-KEY	WR1 11 150	36405-WR000	1
					●				DRIVE CHIAN-KEY	WR1 11 160	36406-WR000	2
					●				WASHER	WR1 11 170	36407-WR000	1
					●				ASSY BRKT-CHAING COVER-LWR, RH	WR1 11 280	36410-WR200	1
						●			BRKT COVER-CTR, RH	WR1 11 281	36411-WR200	1
						●			ROLL BENDING, SIDE	WR1 11 182	36412-WR000	2
						●			PLATE	WR1 11 183	36413-WR000	1
						●			BENDING PLATE	WR1 11 184	36414-WR000	1
						●			SPACER	WR1 11 185	36415-WR000	1
						●			ASSY BRKT-CHAING COVER-UPR, RH	WR1 11 286	36416-WR000	1
							●		PLATE-OUTER	WR1 11 187	36417-WR000	1
							●		COVER ROLL BENDING-OUTER	WR1 11 188	36418-WR000	1
							●		PLATE-OUTER	WR1 11 187	36419-WR000	4
								●	HEXAGON FLANGE BOLT	M6x1.0Px15L	-	4
								●	HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px15L	-	3
								●	ASSY-SPROKET IDLER	WR1 11 190	36420-WR000	1
								●	SPROKET IDLER	WR1 11 191(DRC50-13-15)	36421-WR000	1
								●	SPROKET IDLER-SHAFT	WR1 11 192	36422-WR000	1
								●	WASHER	WR1 11 193	36491-WR000	1
								●	WASHER	WR1 11 194	36492-WR000	1
								●	SNAP RING	-	-	1
								●	ASSY-CHIAN	-	-	1
								●	CHAIN PLATE&PIN	-	-	1
								●	CHAIN ROLLER&BUSH	-	-	1
								●	CHAIN JOINT (1 PICTH)	-	-	1
								●	CHAIN JOINT (0.5 PICTH)	-	-	1
								●	HEXAGON FLANGE BOLT	M6x1.0Px15L	-	2
								●	ROUND HEAD HEXAGON SOCKET BOLT	M6x1.0Px15L	-	4
								●	ROUND HEAD HEXAGON SOCKET BOLT	M8x1.25Px25L	-	2
							●	HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px20L	-	7	
							●	HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px30L	-	1	

				●			ASSY-RUBBER SPROKET, LH	WR1 11 300	36500-WR100	1
				●			RUBBER SPROKET	WR1 11 310	36501-WR000	1
				●			SPROKET SHAFT	WR1 11 320	36502-WR000	1
				●			CHAIN KEY	WR1 11 330	36503-WR000	1
				●			CHAIN KEY	WR1 11 340	36504-WR000	1
				●			CHAIN GEAR	WR1 11 350	36505-WR000	1
				●			ASSY BRKT-SPROKET MTG	WR1 11 360	36510-WR000	1
					●		BRKT-SPROKET MTG	WR1 11 361	36511-WR000	1
					●		RIB	WR1 11 362	36512-WR000	2
					●		HEXAGON WELD NUT	M10x1.25P		6
					●		ASSY-BEARING HOUSING-OUTER, LH	WR1 11 370	36520-WR100	1
					●		PLATE	WR1 11 371	36521-WR000	1
					●		BEARING HOUSING	WR1 11 372	36522-WR000	1
					●		BRKT-COVER MTG	WR1 11 373	36523-WR000	1
						●	HEXAGON WELD NUT	M8x1.25P		1
					●		ASSY-BEARING HOUSING-INNER, LH	WR1 11 380	36530-WR100	1
					●		PLATE	WR1 11 371	36521-WR000	1
					●		BEARING HOUSING	WR1 11 372	36522-WR000	1
					●		WASHER	WR1 11 391	36591-WR100	1
					●		BEARING	6205 DD		2
					●		SNAP RING	STWN25		1
					●		SNAP RING	STWN26		2
					●		SNAP RING	STWN52		2
					●		WASHER	WR1 11 170	36407-WR000	1
					●		HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px25L		2
					●		HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px30L		2
				●		HEXAGON FLANGE BOLT	M10x1.25Px20L		8	
				●		ROUND HEAD HEXAGON SOCKET BOLT	M8x1.25Px25L		4	
				●		HEXAGON FLANGE NUT	M8x1.25P		4	
				●			ASSY-RUBBER SPROKET, RH	WR1 11 400	36500-WR200	1
				●			RUBBER SPROKET	WR1 11 310	36501-WR000	1
				●			SPROKET SHAFT	WR1 11 320	36502-WR000	1
				●			CHAIN KEY	WR1 11 330	36503-WR000	1
				●			CHAIN KEY	WR1 11 340	36504-WR000	1
				●			CHAIN GEAR	WR1 11 350	36505-WR000	1
				●			ASSY BRKT-SPROKET MTG	WR1 11 360	36510-WR000	1
					●		BRKT-SPROKET MTG	WR1 11 361	36511-WR000	1
					●		RIB	WR1 11 362	36512-WR000	2
					●		HEXAGON WELD NUT	M10x1.25P		6
					●		ASSY-BEARING HOUSING-OUTER, RH	WR1 11 470	36520-WR200	1
					●		PLATE	WR1 11 371	36521-WR000	1
					●		BEARING HOUSING	WR1 11 372	36522-WR000	1
					●		BRKT-COVER MTG	WR1 11 373	36523-WR000	1
						●	HEXAGON WELD NUT	M8x1.25P		1
					●		ASSY-BEARING HOUSING-INNER, RH	WR1 11 480	36530-WR200	1
					●		PLATE	WR1 11 371	36521-WR000	1
					●		BEARING HOUSING	WR1 11 372	36522-WR000	1
					●		WASHER	WR1 11 391	36591-WR100	1
					●		BEARING	6205 DD		2
					●		SNAP RING	STWN25		1
					●		SNAP RING	STWN26		2
					●		SNAP RING	STWN52		2
					●		WASHER	WR1 11 170	36407-WR000	1
					●		HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px25L		2
					●		HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px30L		2
				●		HEXAGON FLANGE BOLT	M10x1.25Px20L		8	
				●		ROUND HEAD HEXAGON SOCKET BOLT	M8x1.25Px25L		4	
				●		HEXAGON FLANGE NUT	M8x1.25P		4	
				●			RUBBER TRACK	WR1 11 500	36500-WR300	2

○ WR1 12 000 / Main frame

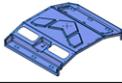
FIGURE	UPG	LEVEL							PART NAME	PART NO (DW'G NO)	NEW PART NO	Q'TY	
		1	2	3	4	5	6	7					
		●							WEEDING ROBOT	WR1 00 000		-	
			●						INSTALL-MAIN FRAME	WR1 12 00A	03620-WR000	1	
				●					FRAME ASSY-MAIN, LH	WR1 12 010	03620-WR100	1	
					●				BRKT ASSY-MAIN, LH	WR1 12 100	62000-WR100	1	
						●			ASSY_FRAME-MAIN	WR1 12 110	62010-WR000	1	
							●		FRAME-MAIN	WR1 12 111	62011-WR000	1	
							●		M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		2	
							●		M10 HEXAGON WELD NUT	M10*1.25P		4	
							●		REINF-MAIN, INNER	WR1 12 120	62020-WR000	3	
							●		BRKT ASSY-REINF&MTG_FRT	WR1 12 130	62030-WR000	1	
							●		SQUARE_TUBE	WR1 12 131	62031-WR000	1	
							●		BRKT-SQUARE_TUBE_OUTER_ASSY	WR1 12 132	62032-WR000	1	
							●		BRKT-SQUARE_TUBE_OUTER	WR1 12 133	62033-WR000	1	
							●		M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4	
							●		BRKT-SQUARE_TUBE_INNER_ASSY	WR1 12 134	62034-WR000	1	
							●		BRKT-SQUARE_TUBE_INNER	WR1 12 135	62035-WR000	1	
							●		M10 HEXAGON WELD NUT	M10*1.25P		4	
							●		BRKT ASSY-REINF&MTG_REAR, LH	WR1 12 140	62040-WR100	1	
							●		BRKT MTG ASSY LH	WR1 12 141	62041-WR100	1	
							●		BRKT MTG LH	WR1 12 142	62042-WR100	1	
							●		M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		2	
							●		PLATE	WR1 12 143	62043-WR000	1	
							●		BRKT-SQUARE_TUBE_OUTER_ASSY	WR1 12 132	62032-WR000	1	
							●		BRKT-SQUARE_TUBE_OUTER	WR1 12 133	62033-WR000	1	
							●		M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4	
							●		BRKT-SQUARE_TUBE_INNER_ASSY	WR1 12 134	62034-WR000	1	
							●		BRKT-SQUARE_TUBE_INNER	WR1 12 135	62035-WR000	1	
							●		M10 HEXAGON WELD NUT	M10*1.25P		4	
						●			ASSY_SQUARE_PIPE, LH	WR1 12 300	62200-WR100	1	
							●			ASSY_SQUARE_TUBE_FRT	WR1 12 310	62210-WR000	1
								●		REINF	WR1 12 313	62211-WR000	1
							●		SQUARE_TUBE_UPR	WR1 12 314	62212-WR000	1	
							●		PLATE	WR1 12 317	62213-WR000	1	
							●		MTG BRKT ASSY	WR1 12 318	62214-WR000	1	
							●		MTG BRKT	WR1 12 319	62215-WR000	1	
							●		M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		1	
							●		SUPPORT ASSY-CASE REINF	WR1 12 320	62220-WR000	2	
							●		SQUARE TUBE-CASE	WR1 12 321	62221-WR000	1	
							●		REINF	WR1 12 322	62222-WR000	1	
							●		PLATE ASSY	WR1 12 330	62230-WR000	3	
							●		PLATE	WR1 12 331	62231-WR000	1	
							●		M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		2	
							●		SQUARE TUBE ASSY_REAR, LH	WR1 12 340	62240-WR100	1	
							●		REINF	WR1 12 313	62211-WR000	1	
							●		HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	6	
							●		PLATE	WR1 12 317	62213-WR000	1	
							●		MTG BRKT ASSY	WR1 12 318	62214-WR000	1	
							●		MTG BRKT	WR1 12 319	62215-WR000	1	
							●		M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		1	
							●		SQUARE_TUBE_UPR	WR1 12 344	62241-WR000	1	
							●		REINF_CENTER	WR1 12 360	62250-WR000	1	
							●		PLATE ASSY	WR1 12 370	62260-WR000	2	
							●		PLATE_FRAME	WR1 12 371	62261-WR000	1	
							●		BRKT-OUTER	WR1 12 372	62262-WR000	1	
							●		PLATE-INNER	WR1 12 373	62263-WR000	1	
							●		PLATE-CTR	WR1 12 374	62264-WR000	1	
					●			BRKT ASSY-TENSIONER, LH	WR1 12 500	62050-WR100	1		
						●			BRKT-TENSIONER, LH	WR1 12 510	62051-WR000	2	
						●			BRKT-TENSIONER, RH	WR1 12 520	62052-WR000	1	
						●			BRKT-TENSIONER, INNER	WR1 12 530	62053-WR000	1	
						●			RIB	WR1 12 540	62054-WR000	1	
						●			BRKT_SIDE_COVER_MTG ASSY	WR1 12 550	62055-WR000	1	
						●			BRKT_SIDE_COVER_MTG	WR1 12 551	62056-WR000	1	
						●			M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		2	
						●			M14 COUPLING NUT	M14*2.0P*42		1	
						●			M10 HEXAGON WELD NUT	M10*1.25P		4	
			●					FRAME ASSY-MAIN, RH	WR1 12 020	03620-WR200	1		

						FRAME ASSY-MAIN, RH	WR1 12 020	03620-WR200	1	
					●	BRKT ASSY-MAIN, RH	WR1 12 200	62000-WR200	1	
					●	ASSY_FRAME-MAIN	WR1 12 110	62010-WR000	1	
						●	FRAME-MAIN	WR1 12 111	62011-WR000	1
						●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		2
						●	M10 HEXAGON WELD NUT	M10*1.25P		4
						●	REINF-MAIN, INNER	WR1 12 120	62020-WR000	3
						●	BRKT ASSY-REINF&MTG_FRT	WR1 12 130	62030-WR000	1
						●	SQUARE_TUBE	WR1 12 131	62031-WR000	1
						●	BRKT-SUQARE_TUBE_OUTER_ASSY	WR1 12 132	62032-WR000	1
						●	BRKT-SUQARE_TUBE_OUTER	WR1 12 133	62033-WR000	1
						●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4
						●	BRKT-SUQARE_TUBE_INNER_ASSY	WR1 12 134	62034-WR000	1
						●	BRKT-SUQARE_TUBE_INNER	WR1 12 135	62035-WR000	1
						●	M10 HEXAGON WELD NUT	M10*1.25P		4
						●	BRKT ASSY-REINF&MTG_REAR, RH	WR1 12 240	62040-WR200	1
						●	BRKT MTG ASSY RH	WR1 12 241	62041-WR200	1
						●	BRKT MTG RH	WR1 12 242	62042-WR200	1
						●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		2
						●	PLATE	WR1 12 143	62043-WR000	1
						●	BRKT-SUQARE_TUBE_OUTER_ASSY	WR1 12 132	62032-WR000	1
						●	BRKT-SUQARE_TUBE_OUTER	WR1 12 133	62033-WR000	1
						●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4
						●	BRKT-SUQARE_TUBE_INNER_ASSY	WR1 12 134	62034-WR000	1
						●	BRKT-SUQARE_TUBE_INNER	WR1 12 135	62035-WR000	1
					●	M10 HEXAGON WELD NUT	M10*1.25P		4	
					●	ASSY_SQUARE_PIPE, RH	WR1 12 400	62200-WR200	1	
					●	ASSY_SQUARE_TUBE_FRT	WR1 12 310	62210-WR000	1	
						●	REINF	WR1 12 313	62211-WR000	1
						●	SQUARE_TUBE_UPR	WR1 12 314	62212-WR000	1
						●	PLATE	WR1 12 317	62213-WR000	1
						●	MTG BRKT ASSY	WR1 12 318	62214-WR000	1
						●	MTG BRKT	WR1 12 319	62215-WR000	1
						●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		1
						●	SUPPORT ASSY-CASE REINF	WR1 12 320	62220-WR000	2
						●	SQUARE_TUBE-CASE	WR1 12 321	62221-WR000	1
						●	REINF	WR1 12 322	62222-WR000	1
						●	PLATE ASSY	WR1 12 330	62230-WR000	3
						●	PLATE	WR1 12 331	62231-WR000	1
						●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		2
						●	SQUARE_TUBE ASSY_REAR, RH	WR1 12 440	62240-WR200	1
						●	REINF	WR1 12 313	62211-WR000	1
						●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	6
						●	PLATE	WR1 12 317	62213-WR000	1
						●	MTG BRKT ASSY	WR1 12 318	62214-WR000	1
						●	MTG BRKT	WR1 12 319	62215-WR000	1
						●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		1
						●	SQUARE_TUBE_UPR	WR1 12 344	62241-WR000	1
						●	REINF_CENTER	WR1 12 360	62250-WR000	1
						●	PLATE ASSY	WR1 12 370	62260-WR000	2
					●	PLATE_FRAME	WR1 12 371	62261-WR000	1	
					●	BRKT-OUTER	WR1 12 372	62262-WR000	1	
					●	PLATE-INNER	WR1 12 373	62263-WR000	1	
					●	PLATE-CTR	WR1 12 374	62264-WR000	1	
					●	BRKT ASSY-TENSIONER, RH	WR1 12 800	62050-WR200	1	
					●	BRKT-TENSIONER, LH	WR1 12 510	62051-WR000	2	
					●	BRKT-TENSIONER, RH	WR1 12 520	62052-WR000	1	
					●	BRKT-TENSIONER, INNER	WR1 12 530	62053-WR000	1	
					●	RIB	WR1 12 540	62054-WR000	1	
					●	BRKT_SIDE_COVER_MTG ASSY	WR1 12 550	62055-WR000	1	
					●	BRKT_SIDE_COVER_MTG	WR1 12 551	62056-WR000	1	
					●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		2	
					●	M14 COUPLING NUT	M14*2.0P*42		1	
					●	M10 HEXAGON WELD NUT	M10*1.25P		4	
					●	ROLLER ASSY TRACK	WR1 12 600		2	
					●	ROLLER ASSY	WR1 12 610	62060-WR000	4	
					●	ROLLER	WR1 12 611		1	
					●	BEARING	WR1 12 612		1	
					●	OILSEAL_20-47-12	WR1 12 613		2	
				●	SHAFT-TRACK	WR1 12 614		1		
					●	M14 HEXAGON FLANGE NUT	M14*1.5P		8	
					●	TENSIONER ASSEMBLE	WR1 12 700		2	
					●	TENSION_ROLLER	WR1 12 710	62070-WR000	1	
					●	BRKT_ASSY_HINGE_MTG	WR1 12 720	62080-WR000	1	
					●	REINF-TENSIONER	WR1 12 721	62081-WR000	2	
					●	BRKT_TENSIONER_CTR	WR1 12 722	62082-WR000	1	
					●	PIPE_TENSIONER_CTR	WR1 12 723	62083-WR000	1	
					●	PLATE-SQAURE_TUBE	WR1 12 724	62084-WR000	1	
					●	M14 HEXAGON FLANGE NUT	M14*1.5P		2	
				●	M14 HEXAGON FLANGE BOLT	M14*2.0P*150		2		
				●	M10 HEXAGON FLANGE BOLT	M10*2.0P*20		24		

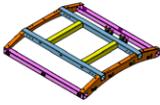
○ WR1 13 000 / Ele-system

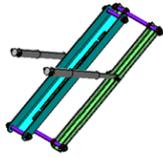
FIGURE	UPG	LEVEL							PART NAME	PART NO (DWG NO)	NEW PART NO	Q'TY
		1	2	3	4	5	6	7				
			●						WEEDING ROBOT	WR1 00 000		-
			●						INSTALL-ELECTRIC BOX	WR1 13 00A	03631-WR000	1
				●					ELECTRIC BOX ASSY_LH	WR1 13 100	63100-WR100	1
					●				FLOOR ASSY	WR1 13 110	63110-WR000	1
						●			MEMBER MTG	WR1 13 111	63111-WR000	2
							●		ASSY_CTR FLOOR	WR1 13 112	63112-WR000	1
								●	CTR FLOOR	WR1 13 113	63113-WR000	1
								●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4
								●	ASSY_SIDE FLOOR LH	WR1 13 114	63114-WR000	1
								●	SIDE FLOOR LH	WR1 13 115	63115-WR000	1
								●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4
								●	ASSY_SIDE FLOOR RH	WR1 13 116	63116-WR000	1
								●	SIDE FLOOR RH	WR1 13 117	63117-WR000	1
								●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4
								●	SIDE INNER PANEL ASSY LH	WR1 13 120	63120-WR100	1
								●	SIDE INNER PANEL LH	WR1 13 121	63121-WR100	1
								●	BATTERY MTG BRKT ASSY	WR1 13 122	63122-WR000	1
								●	BATTERY MTG BRKT	WR1 13 123	63123-WR000	1
								●	BATTERY MTG GUIDE	WR1 13 124	63124-WR000	2
								●	BATTERY REINF BRKT	WR1 13 125	63125-WR000	2
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		4
								●	MTG BRKT ASSY	WR1 13 126	63126-WR000	4
								●	MTG BRKT	WR1 13 127	63127-WR000	1
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		1
								●	RECIVER MTG BRKT ASSY	WR1 13 128	63128-WR000	1
								●	RECIVER MTG BRKT	WR1 13 129	63129-WR000	1
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		4
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	10
								●	M5 HEXAGON WELD NUT	M5*0.8P		4
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		10
								●	SIDE OUTER PANEL ASSY LH	WR1 13 130	63130-WR100	1
								●	SIDE OUTER PANEL	WR1 13 131	63131-WR000	1
								●	RLY MTG BRKT ASSY	WR1 13 132	63132-WR000	1
								●	RLY MTG BRKT	WR1 13 133	63133-WR000	1
								●	M5 HEXAGON WELD NUT	M5*0.8P		3
								●	FUSE BOX MTG BRKT ASSY	WR1 13 134	63134-WR000	1
								●	FUSE BOX MTG BRKT	WR1 13 135	63135-WR000	1
								●	M5 HEXAGON WELD NUT	M5*0.8P		2
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		6
								●	MTG BRKT ASSY	WR1 12 126	63126-WR000	4
								●	MTG BRKT	WR1 12 127	63127-WR000	1
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		1
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	4
								●	MTG FLOOR ASSY LH	WR1 13 140	63140-WR100	1
								●	MTG FLOOR MAIN PANEL LH	WR1 13 141	63141-WR100	1
								●	MTG BRKT	WR1 13 142	63142-WR000	1
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	7
								●	M5 HEXAGON WELD NUT	M5*0.8P		7
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		8
								●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		1
								●	ELECTRIC BOX ASSY_RH	WR1 13 200	63100-WR200	1
								●	FLOOR ASSY	WR1 13 110	63110-WR000	1
								●	MEMBER MTG	WR1 13 111	63111-WR000	2
								●	ASSY_CTR FLOOR	WR1 13 112	63112-WR000	1
								●	CTR FLOOR	WR1 13 113	63113-WR000	1
								●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4
								●	ASSY_SIDE FLOOR LH	WR1 13 114	63114-WR000	1
								●	SIDE FLOOR LH	WR1 13 115	63115-WR000	1
								●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4
								●	ASSY_SIDE FLOOR RH	WR1 13 116	63116-WR000	1
								●	SIDE FLOOR RH	WR1 13 117	63117-WR000	1
								●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		4
								●	SIDE INNER PANEL ASSY RH	WR1 13 220	63120-WR200	1
								●	SIDE INNER PANEL RH	WR1 13 221	63121-WR200	1
								●	BATTERY MTG BRKT ASSY	WR1 13 122	63122-WR000	1
								●	BATTERY MTG BRKT	WR1 13 123	63123-WR000	1
								●	BATTERY MTG GUIDE	WR1 13 124	63124-WR000	2
								●	BATTERY REINF BRKT	WR1 13 125	63125-WR000	2
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		4
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		1
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	7
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		2
								●	SIDE OUTER PANEL ASSY RH	WR1 13 230	63130-WR200	1
								●	SIDE OUTER PANEL	WR1 13 131	63131-WR000	1
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	3
								●	MTG FLOOR ASSY RH	WR1 13 240	63140-WR200	1
								●	MTG FLOOR MAIN PANEL LH	WR1 13 241	63141-WR200	1
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	1
								●	M8 HEXAGON WELD NUT	M8*1.0P		1
								●	MTG BRKT ASSY LWR	WR1 13 300	63151-WR000	1
								●	MTG BRKT LWR	WR1 13 310	63152-WR000	1
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		4
								●	MTG BRKT ASSY UPR	WR1 13 350	63153-WR000	1
								●	MTG BRKT UPR	WR1 13 360	63154-WR000	1
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		4
								●	MTG PLATE	WR1 13 500	63155-WR000	4
								●	ROD FIX	WR1 13 600	63156-WR000	2
								●	ASSY_ROD FIX MTG BRKT	WR1 13 650	63157-WR000	2
								●	ROD FIX MTG BRKT	WR1 13 651	63158-WR000	1
								●	M6 HEXAGON WELD NUT	M6*1.0P		2
								●	AVM MTG PLATE	WR1 13 700	63159-WR000	1
								●	CLIP HOOD-STAY ROD	81174A7000		2
								●	HOLDER-BONNET STAY	811782F000		2
								●	HOLDER-HOOD STAY ROD	811781D000		2

○ WR1 14 000 / Outer cover

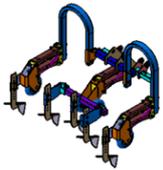
FIGURE	UPG	LEVEL							PART NAME	PART NO (DW'G NO)	NEW PART NO	Q'TY
		1	2	3	4	5	6	7				
		●							WEEDING ROBOT	WR1 00 000		-
			●						INSTALL-EXTERIOR COVER	WR1 14 00A	03677-WR000	1
				●					EXTERIOR UPPER COVER ASSY	WR1 14 100	67710-WR000	1
					●				EXTERIOR UPPER COVER	WR1 14 110	67711-WR000	1
						●			COVER MTG BRKT ASSY	WR1 14 120	67712-WR000	6
							●		COVER MTG BRKT	WR1 14 121	67713-WR000	1
								●	용접 너트	M10*1.25P		2
				●					ELECTRIC CASE COVER ASSY LH	WR1 14 200	67720-WR100	1
					●				ELECTRIC CASE COVER LH	WR1 14 210	67721-WR100	1
						●			HINGE MTG BRKT ASSY	WR1 14 220	67722-WR000	2
							●		HINGE MTG BRKT	WR1 14 221	67723-WR000	1
								●	용접 너트	M6*1.0P		3
									COVER BRKT	WR1 14 230	67724-WR000	1
				●					MTG BRKT	WR1 14 240	67725-WR000	1
					●				ELECTRIC CASE COVER ASSY RH	WR1 14 300	67720-WR200	1
						●			ELECTRIC CASE COVER RH	WR1 14 310	67721-WR200	1
							●		HINGE MTG BRKT ASSY	WR1 14 220	67722-WR000	2
								●	HINGE MTG BRKT	WR1 14 221	67723-WR000	1
								●	용접 너트	M6*1.0P		3
							●		COVER BRKT	WR1 14 230	67724-WR000	1
								●	MTG BRKT	WR1 14 240	67725-WR000	1
				●					EXTERIOR SIDE COVER LH	WR1 14 400	67730-WR100	1
				●					EXTERIOR SIDE COVER RH	WR1 14 500	67730-WR200	1
				●					스프링	A-1068-1		2
				●					경첩	B-1001-13H		4
				●					CATCH CLIP	C-1007-1		2

○ WR1 15 000 / Weeding unit

FIGURE	UPG	LEVEL							PART NAME	PART NO (DW'G NO)	NEW PART NO	Q'TY
		1	2	3	4	5	6	7				
		●							WEEDING ROBOT	WR1 00 000		-
			●						INSTALL-WEEDING MACHINE	WR1 20 00A	03680-WR000	1
				●					WEEDING FRAME ASSY	WR1 21 000	68000-WR000	1
					●				MAIN FRAME ASSY LH	WR1 21 100	68010-WR100	1
						●			MAIN FRAME LH	WR1 21 110	68011-WR100	1
							●		MTG BRKT ASSY	WR1 21 120	68012-WR000	4
								●	MTG BRKT	WR1 21 121	68013-WR000	1
									용접 너트	M8*1.0P		1
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	2
									용접 너트	M6*0.8P		6
								●	용접 너트	M8*1.0P		5
					●				MAIN FRAME ASSY RH	WR1 21 200	68010-WR200	1
						●			MAIN FRAME RH	WR1 21 210	68011-WR200	1
							●		MTG BRKT ASSY	WR1 21 120	68012-WR000	4
								●	MTG BRKT	WR1 21 121	68013-WR000	1
									용접 너트	M8*1.0P		1
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	2
									용접 너트	M6*0.8P		6
								●	용접 너트	M8*1.0P		5
					●				LINK FRAME ASSY NO.1	WR1 21 300	68020-WR000	1
						●			LINK FRAME SUB ASSY	WR1 21 310	68021-WR000	1
							●		LINK FRAME	WR1 21 311	68022-WR000	1
								●	INSERT NUT ASSY	WR1 21 312	68023-WR000	3
									INSERT NUT BRKT	WR1 21 313	68024-WR000	1
								●	MTG BRKT ASSY	WR1 21 320	68025-WR000	2
									MTG BRKT	WR1 21 321	68026-WR000	1
									BOSS	WR1 21 322	68027-WR000	1
									COVER	WR1 21 323	68028-WR000	1
								●	MTG BRKT ASSY	WR1 21 325	68025-WR001	2
									MTG BRKT	WR1 21 321	68026-WR000	1
									BOSS	WR1 21 322	68027-WR000	1
									COVER	WR1 21 323	68028-WR000	1
					●				LINK FRAME SUB ASSY	WR1 21 310	68030-WR000	1
						●			LINK FRAME	WR1 21 311	68031-WR000	1
							●		INSERT NUT ASSY	WR1 21 312	68032-WR000	3
								●	INSERT NUT BRKT	WR1 21 313	68033-WR000	1
									용접 너트	M8*1.0P		2
					●				LINK FRAME ASSY NO.2	WR1 21 400	68040-WR000	1
						●			LINK FRAME	WR1 21 410	68041-WR000	1
							●		MTG BRKT ASSY	WR1 21 420	68042-WR000	1
								●	MTG BRKT	WR1 21 421	68043-WR000	1
									BOSS	WR1 21 322	68027-WR000	1
								●	MTG BRKT ASSY	WR1 21 425	68044-WR000	1
									MTG BRKT	WR1 21 421	68043-WR000	1
									BOSS	WR1 21 322	68027-WR000	1
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	2
					●				LINK FRAME ASSY NO.3	WR1 21 500	68050-WR000	1
						●			LINK FRAME	WR1 21 410	68041-WR000	1
							●		MTG BRKT	WR1 21 510	68051-WR000	4
								●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	5
					●				REINF FRAME ASSY	WR1 21 600	68060-WR000	1
						●			REINF FRAME	WR1 21 610	68061-WR000	1
							●		HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	3
								●	REINF FRAME	WR1 21 610	68061-WR000	1
				●					플랜지볼이 6각 볼트	M10*1.25P*90		24
				●					플랜지볼이 6각 너트	M10*1.25P		24

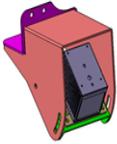
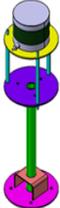
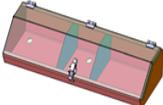
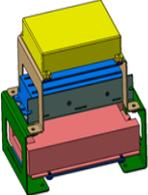


LIFTING SYSTEM		WR1 22 000	68070-WR000	1
●	LINK ARM	WR1 22 110	68071-WR000	2
●	LINK ARM	WR1 22 210	68072-WR000	1
●	INSERT PIN	WR1 22 300	68073-WR000	2
●	INSERT PIN	WR1 22 320	68074-WR000	2
●	CYLINDER_P38	WR1 22 400	68075-WR000	2
●	BUSH	20*28*10		12
●	WHASHER	30*10*2t	68076-WR000	8
●	플랜지볼이 6각 볼트	M10*1.25P*20		8
●	플랜지볼이 6각 볼트	M8*1.25P*70		2
●	플랜지볼이 6각 볼트	M8*1.25P*50		2
●	플랜지볼이 6각 너트	M8*1.25P		4



ROW WEEDER ASSY		WR1 23 000	68100-WR000	1
●	LIFT MAIN BODY ASSY	WR1 23 100	68110-WR000	1
●	ASSY_LOWER LIFT HITCH LH	WR1 23 110	68111-WR000	2
●	LOWER LIFT HITCH	WR1 23 111	68112-WR000	1
●	BOSS	WR1 23 322	68132-WR000	1
●	COVER	WR1 23 323	68133-WR000	1
●	ASSY_LOWER LIFT HITCH RH	WR1 23 120	68113-WR000	2
●	LOWER LIFT HITCH	WR1 23 111	68112-WR000	1
●	BOSS	WR1 23 322	68132-WR000	1
●	COVER	WR1 23 323	68133-WR000	1
●	ASSY_UPPER LIFT HITCH LH	WR1 23 130	68114-WR000	1
●	UPPER LIFT HITCH	WR1 23 131	68115-WR000	1
●	BOSS	WR1 23 322	68132-WR000	1
●	COVER	WR1 23 323	68133-WR000	1
●	ASSY_UPPER LIFT HITCH RH	WR1 23 140	68116-WR000	1
●	UPPER LIFT HITCH	WR1 23 131	68115-WR000	1
●	BOSS	WR1 23 322	68132-WR000	1
●	COVER	WR1 23 323	68133-WR000	1
●	LOWER PIPE	WR1 23 150	68117-WR000	1
●	UPPER PIPE	WR1 23 160	68118-WR000	1
●	LINKAGE HITCH ASSY	WR1 23 170	68119-WR000	1
●	LINKAGE HITCH	WR1 23 171	6811A-WR000	1
●	FIX PIN	WR1 23 172	6811D-WR000	2
●	SIDE FRAME BASE ASSY	WR1 23 180	6811C-WR000	2
●	SIDE FRAME BASE	WR1 23 181	6811D-WR000	1
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	HANGER	WR1 12 316	62212-WR000	3
●	SIDE CULTIVATOR ARM ASSY LH	WR1 23 200	68120-WR100	1
●	BENDING PIPE	WR1 23 210	68121-WR000	1
●	LINKAGE HITCH ASSY	WR1 23 220	68122-WR000	1
●	LINKAGE HITCH ASSY	WR1 23 170	68119-WR000	1
●	LINKAGE HITCH	WR1 23 171	6811A-WR000	1
●	FIX PIN	WR1 23 172	6811B-WR000	2
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	플랜지볼이 6각 볼트	M10*1.25P*70		2
●	SIDE CULTIVATOR ARM ASSY RH	WR1 23 300	68120-WR200	1
●	BENDING PIPE	WR1 23 210	68121-WR000	1
●	LINKAGE HITCH ASSY	WR1 23 220	68122-WR000	1
●	LINKAGE HITCH ASSY	WR1 23 170	68119-WR000	1
●	LINKAGE HITCH	WR1 23 171	6811A-WR000	1
●	FIX PIN	WR1 23 172	6811B-WR000	2
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	플랜지볼이 6각 볼트	M10*1.25P*70		2
●	CERVICAL RETENTION SIDE UNIT	WR1 23 400	68130-WR000	2
●	LINKAGE ASSY	WR1 23 410	68131-WR000	2
●	LINKAGE	WR1 23 411	68132-WR000	1
●	BOSS	WR1 23 412	68133-WR000	2
●	WHEEL MTG BRKT ASSY	WR1 23 420	68134-WR000	1
●	WHEEL MTG BRKT ASSY LH	WR1 23 421	68135-WR000	1
●	WHEEL MTG BRKT LH	WR1 23 422	68136-WR000	1
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	WHEEL MTG BRKT RH	WR1 23 423	68137-WR000	1
●	WHEEL MTG PIN	WR1 23 516		1
●	LINK PIN	WR1 23 430	68138-WR000	2
●	LINK PIN MTG	WR1 23 440	68139-WR000	2
●	플랜지볼이 6각 너트	M8*1.25P		16
●	SNAP RING	13S		8
●	CERVICAL RETENTION CENTER UNIT	WR1 23 500	68140-WR000	1
●	LINKAGE ASSY	WR1 23 410	60131-WR000	2
●	LINKAGE	WR1 23 411	68132-WR000	1
●	BOSS	WR1 23 412	68133-WR000	2
●	LINK PIN	WR1 23 430	68138-WR000	2
●	LINK PIN MTG	WR1 23 440	68139-WR000	2
●	WHEEL BASE ASSY	WR1 23 510	68141-WR000	1
●	WHEEL BASE BRKT	WR1 23 511	68142-WR000	2
●	WHEEL BASE REINF BRKT	WR1 23 512	68143-WR000	1
●	MTG PIPE	WR1 23 513	68144-WR000	1
●	CUTTER BASE BRKT ASSY	WR1 23 514	68145-WR000	1
●	CUTTER BASE BRKT	WR1 23 515	68146-WR000	1
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	WHEEL MTG PIN	WR1 23 516	68147-WR000	2
●	CUTTER BASE ASSY LH	WR1 23 520	68148-WR000	1
●	CUTTER BASE MTG ASSY	WR1 23 521	68149-WR000	1
●	CUTTER BASE MTG	WR1 23 522	6814A-WR000	1
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	CUTTER BASE BRKT ASSY	WR1 23 523	6814B-WR000	1
●	CUTTER BASE BRKT	WR1 23 524	6814C-WR000	1
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	CUTTER BASE ASSY RH	WR1 23 530(S20)		1
●	CUTTER BASE MTG ASSY	WR1 23 521	68149-WR000	1
●	CUTTER BASE MTG	WR1 23 522	6814A-WR000	1
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	CUTTER BASE BRKT ASSY	WR1 23 523	6814B-WR000	1
●	CUTTER BASE BRKT	WR1 23 524	6814C-WR000	1
●	용접 너트	M10*1.25P		2
●	플랜지볼이 6각 너트	M8*1.25P		8
●	SNAP RING	13S		4
●	ROW WEEDER ASSY	WR1 23 600	68150-WR000	5
●	ROW WEEDER CUTTER	WR1 23 610	68151-WR000	1
●	ROW WEEDER TRUNK	WR1 23 620	68152-WR000	1
●	WHEEL ASSY	WR1 23 700		4
●	GAS SPRING	WR1 23 800		6
●	플랜지볼이 6각 볼트	M10*1.25P*70		4
●	플랜지볼이 6각 볼트	M10*1.25P*50		4
●	플랜지볼이 6각 볼트	M10*1.25P*20		16
●	플랜지볼이 6각 볼트	M8*1.25P*20		4
●	SNAP RING	17S		4

○ WR1 40 000 / Self driving system

FIGURE	UPG	LEVEL							PART NAME	PART NO (DWG NO)	NEW PART NO	QTY
		1	2	3	4	5	6	7				
				●					WEEDING ROBOT	WR1 00 000		-
			●						INSTALL_AUTOMATIC DRIVING	WR1 40 000	03301-WR000	1
				●					FRT LIXOX LIDAR	WR1 41 000	30110-WR000	1
					●				LIVOX MID70	WR1 41 100	30111-WR000	2
					●				LIDAR BASE	WR1 41 200	30112-WR000	2
					●				ASSY_BASE PLATE LH	WR1 41 300	30113-WR100	1
						●			SIDE BRKT	WR1 41 310	30114-WR000	1
						●			BASE PLATE LH	WR1 41 320	30115-WR000	1
						●			ASSY_BASE PLATE RH	WR1 41 400	30113-WR200	1
						●			SIDE BRKT	WR1 41 310	30114-WR000	1
				●					TOP VELODYNE LIDAR	WR1 42 000	30120-WR000	1
					●				VELODYNE LIDAR	WR1 42 100	30121-WR000	1
					●				ASSY_TOP MTG BRKT	WR1 42 200	30122-WR000	1
						●			MTG BRKT LWR	WR1 42 210	30123-WR000	1
						●			MTG BRKT PIPE	WR1 42 220	30124-WR000	1
						●			SQUARE PIPE	WR1 42 230	30125-WR000	1
						●			MTG BRKT MID	WR1 42 240	30126-WR000	1
						●			MTG BRKT UPR	WR1 42 300	30127-WR000	1
						●			MTG PIN	WR1 42 400	30128-WR000	3
						●			HEXAGON FLANGE NUT	M6x1.0P		6
				●					TOP VELODYNE LIDAR	WR1 43 000	30130-WR000	1
					●				MTG PLATE	WR1 43 200	30131-WR000	1
					●				ASSY_MTG BRKT	WR1 43 300	30132-WR000	1
						●			MTG BRKT	WR1 43 310	30133-WR000	1
						●			FR GUIDE	WR1 43 320	30134-WR000	1
						●			RR GUIDE	WR1 43 330	30135-WR000	1
						●			HEXAGON WLED NUT	M5x0.8P		4
						●			HEXAGON FLANGE BOLT	M8x1.25Px15		2
					●			HEXAGON FLANGE NUT	M8x1.25P		2	
				●					FRT CAM	WR1 44 000	30140-WR000	1
				●					GPS	WR1 45 000	30150-WR000	2
				●					CONTROL BOX	WR1 46 000	63160-WR000	1
					●				ASSY_CONTROL BOX_MAIN	WR1 46 100	63161-WR000	1
						●			CONTROL BOX LWR	WR1 46 110	63162-WR000	1
						●			CONTROL BOX SIDE OTR	WR1 46 120	63163-WR000	2
						●			CONTROL BOX SIDE INR	WR1 46 130	63164-WR000	2
						●			CONTROL BOX COVER	WR1 46 200	63165-WR000	1
						●			경첩	-		1
					●			캐치클립	-		1	
정부없음				●					AVM SYSTEM	WR1 47 000	30160-WR000	1
				●					INSTALL_CNU	WR1 48 000		1
					●				CNU CONTROLLER	WR1 48 100		1
						●			PCB	WR1 48 110		1
						●			PCB CASE UPPER	WR1 48 120		1
						●			PCB CASE LOWER	WR1 48 130		1
						●			MD5-2X	WR1 48 200		1
						●			MD5-HD14-2X	WR1 48 210		1
						●			MD5-2X CASE	WR1 48 220		1
						●			VFK4002-Q48-S24	WR1 48 300		1
						●			ASSY_MTG BRKT LWR	WR1 48 400		1
						●			ASSY_MTG BRKT PLATE	WR1 48 410		1
						●			MTG BRKT PLATE	WR1 48 411		1
						●			HEXAGON WLED NUT	M5x0.8P		4
						●			ASSY_MTG BRKT SIDE LH	WR1 48 420		1
						●			MTG BRKT SIDE LH	WR1 48 421		1
						●			HEXAGON WLED NUT	M5x0.8P		3
						●			ASSY_MTG BRKT SIDE RH	WR1 48 430		1
						●			MTG BRKT SIDE RH	WR1 48 431		1
						●			HEXAGON WLED NUT	M5x0.8P		3
						●			ASSY_MTG BRKT UPR	WR1 48 500		1
					●			MTG BRKT UPR	WR1 48 510		1	
					●			HEXAGON WLED NUT	M5x0.8P		4	
				●					INTALL_HIK	WR1 49 000		1

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

가. 연구수행 결과

1) 정성적 연구개발성과

가) 노지농업용 전동 궤도형 플랫폼 주행성능 예측을 위한 시뮬레이션모델 개발

- (1) 소요성능 및 설계하중에 의한 소요동력 설계를 위한 전동모터용량, 감속비, 배터리 용량등 주요부품 소요성능 및 SPEC 예측 가능
- (2) 배터리기반 전동화 플랫폼에 적용 가능한 일반사용환경에서의 배터리 성능예측 가능
- (3) 노지농업에 활용되어질 수 있는 전동화 플랫폼의 동력성능 예측 및 설계 신뢰성 확보

나) 노지 스마트 농업대비 다목적화 주행 플랫폼 기술개발

- (1) 원격, 두둑추종, 자율주행등 주행환경별 단위기술개발에 의한 선택적 조합기술개발
- (2) 주요 부품별 Unit化 설계에 의한 사용 목적별 응용기술개발 기반데이터 확보
- (3) 국내농업환경에 부합되는 기체 사이즈 및 주행능력에 의한 한국형 노지농업용 플랫폼 기술 개발
- (4) PC기반 자율주행 및 영상인식기반 작물식별기술에 의한 단일 또는 다목적 제어시스템 기술개발
- (5) 통합 통신기술에 의한 주행 및 작업데이터 정보공유 기술개발

다) 산업용 PC기반 CAN제어에 의한 실시간 제어 및 전장, 센서등 자가진단 기술개발

- (1) 영상정보분석기반 작물인식기술개발을 통한 목적별 작물영상데이터 활용시 즉각적 사용 가능
- (2) 농작업 사용환경을 고려한 고용량의 저장장치 및 정보처리장치의 활용을 통한 사용성 증대기술 개발

라) 영상정보기반 작물인식에 의한 제초, 방제등 노지농업 기본 작업수행 기술개발

- (1) 딥러닝 기반 영상정보분석기법을 활용한 작물인식 기술개발
 - (2) 인식작물의 검출객체에 대한 잡초인식을 통한 기계 및 약액방식에 의한 제초성능 강화
-

2) 정량적 연구개발성과

가) 정량적 성과목표 달성현황

성과지표명		단계	최종목표	달성현황	가중치(%)
전담기관 등록·기탁지표	특허출원		3	5	10
	특허등록		4	4	10
	품종등록				10
	기술실시(건)		1	5	10
	기술료		22	10.69447	10
	제품화		1	1	10
	매출액				
	고용창출		6	15	10
	기술인증				
	정책활용		1	1	10
	홍보전시		1	2	10
	기타				
	연구개발과제 특성 반영 지표	논문(SCI)		1	3
논문(비SCI)			3	2	
논문평균 IF			3.5		
학술발표			6	7	
교육지도			2	2	5
인력양성			1	2	5
계					100

나) 연구개발 성능지표에 의한 성과달성 현황

평가항목 (주요성능 spec)	단위	전체 항목 비중 (%)	목표개발치		평가방법	
			목표개발치	달성현황		
주행부	연속사용시간	Hr	10	3	3	실용화재단 공인시험
	충전능력	Hr	7	8	6	
	최소회전반경	m	5	5	1.42	
	주행속도	km/hr	7	7	6.2	
	등판능력	%	7	37(20도)	30	
	장애물감지거리	m	10	7	7	공인시험
대응속도	ms	10	10	10		
제초작업부	작업성능	a/hr	10	30	30	실용화재단 공인시험
	작업속도	km/hr	7	3.5	2.9	
	중경깊이	m	7	0.03	0.03	
	제초율	%	10	90	90	
	대상인식율	%	10	75	95.5	공인시험
자율주행	차량속도제어성능	%	5	10	10	자체시험
	경로주행오차	cm	5	15	15	
	3D 환경인식 및 로컬맵 업데이트 속도	Hz	5	15	15	
	3D 슬램의 정확성	cm	5	25	25	

(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	Solid-State LiDAR 기반 발 농업용 자율주행 로봇의 두둑 감지를 통한 실시간 주행 경로 생성 알고리즘	제어로봇 시스템학회 논문지	백승범	제2호	대한민국	제어로봇 시스템학회	비SCIE	2022.02	DOI : 10.5302/J.ICRO S.2022.21.0207	100
2	Weakly Supervised crop area segmentation for an autonomous combine harvester	sensors	김완수	21(14)	국외	MDPI	SCI	2021.07	1424-8220	100
3	Performance simulation of an electric multipurpose cultivator according to rotary tillage	한국농기계학회지	백승윤	48(4)	대한민국	한국농업학회	비SCI	2021.12	eISSN: 2466-2410	100
4	Optimal Design of Permanent Magnet Synchronous Machine Based on Random Walk Method and Semi 3D Magnetic Equivalent Circuit Considering Overhang Effect	energis	김수민	15(21)	국외	MDPI	SCI	2022.10	en15217852	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2022' 국방로봇학회학술대회	김봉상	22.09.07	대전컨벤션센터	대한민국
2	2021' NAEIST	백승윤	21.07.15	충남대학교	대한민국
3	2021' 국방로봇학회	백승범	21.12.14	대전컨벤션센터	대한민국
4	2021' KAMPI 동계학술대회	정희종	21.12.29	온라인	대한민국
5	2022' the XX CIGR World congress	조수현	22.12.05	일본, 교토	일본
6	2022' 농기계학회	조수현	22.04.29	국립농업과학기술원	대한민국
7	2022' 춘계농기계학회	최지원	22.11.02	대구 EXCO	대한민국

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	능동형 차고조절장치가 구비된 농업용 궤도차량	대한민국	(주)한국쓰리축	21.01	10-2021-0009840	(주)한국쓰리축	21.06	10-2266826	100	○
2	4륜구동트랙터의 수소연료전지 플랫폼	대한민국	충남대학교	21.09	10-2021-0118755				100	○
3	주간조간제 초유닛부를 포함하는 제초로봇	대한민국	(주)한국쓰리축	21.12	10-2021-0183823	(주)한국쓰리축	22.04	10-2389381	100	○
4	제초로봇의자율주행시스템	대한민국	(주)한국쓰리축	21.12	10-2021-0183794	(주)한국쓰리축	22.04	10-2389379	100	○
5	무한궤도형주행부를포함하는제출로봇	대한민국	(주)한국쓰리축	21.12	10-2021-0183844	(주)한국쓰리축	22.04	10-2389383	100	○
6	제초로봇용제초장치	대한민국	(유)웅진기계	22.06	10-2022-0075398				100	○
7	제초로봇의기계식-능동리프팅 시스템	대한민국	충남대학교	22.12	10-2022-0111691				100	○
8	고랑인식 및 추종 기술을 탑재한 제초로봇 및 방법	대한민국	농촌진흥청	22.10	10-2022-0132868				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
1		√								
2									√	√
3	√	√	√							
4	√	√	√							
5	√	√	√							
6	√		√				√			
7	√		√				√			

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	성능점검용 시제품	21.08	(주)한국쓰리축	주관기관	성능시험	-	한국농업기술진흥원	21.12
2	성능개선시제품	22.04	(주)한국쓰리축	주관기관	성능시험	-	한국농업기술진흥원	-
3	사업화인증준비	22.04	(주)한국쓰리축	주관기관	성능시험 및 평가	-	한국농업기술진흥원	22.12
4	사업화모델	22.08	(주)한국쓰리축	주관기관	시험평가 및 전시	2년	한국농업기술진흥원	-

□ 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	직접실시	(주)한국쓰리축	22.12	-	
2	통상실시	국유특허통상실시권계약	(주)한국쓰리축	22.12	-	-
3	통상실시	국유특허통상실시권계약	(주)한국쓰리축	22.12	-	-
4	통상실시	국유특허통상실시권계약	(주)한국쓰리축	22.12	-	-

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 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	자기실시	신제품개발	국내	신제품	직접실시에의한 신제품 모델 출시	(주)한국쓰리축	-	-	-	10년

* 1) 기술이전 또는 자기실시

* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

* 3) 국내 또는 국외

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2			
	소요예산(천원)	500,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		-	300,000	500,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			-	3	5
국내		-	-	-	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자율주행 제어기술 관련 분야 <ul style="list-style-type: none"> - 노지농업에 특화된 궤도 및 차륜형의 증소형 전동화 주행플랫폼 개발 ○ 제초등 작업기 제어 관련기술 <ul style="list-style-type: none"> - 제초, 방제등 비교적 단순한 제어가 가능한 작업기관련기술개발 - 주행제어 및 작업기제어 연동에 의한 수확등 농업 응용기술 개발 ○ 농업용 로봇화 상업기술 <ul style="list-style-type: none"> - 노지농업 일관화를 위한 제초, 방제, 수확등 다목적화 농업로봇 개발 				
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출	-	-	-	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	2022년	
1	제초로봇 양산화	(주)한국쓰리축	8	7	15
2	제초로봇 작업기개발	(유)웅진기계	1	1	2
합계			9	8	17

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	15	
		생산인력	2	
	개발 후	연구인력	-	
		생산인력	5	

[사회적 성과]

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	농업기계화 촉진법 시행규칙 “농업기계화 범위(별표1)” 개정	농림축산식품부 농업생명정책관 농기자재정책팀	2022	

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1		2022		2			1					1	

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

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 국내 발작물 재배환경에 적합한 차폭의 조절과 작업안정성 확보를 위한 지상고 제어가 가능한 전동구동형 궤도 주행장치의 개발 및 산업화	○ 현행의 표준농법에 의한 두둑성형시 차폭의 조절기능은 불필요하였으며, 주행안정성을 위하여 주행기체의 최소지상고를 높이고 작업기의 수직작업범위를 증가시킴으로써 기체의 지상고 조절효과를 달성할 수 있도록 기술을 구현함.	○ 100
○ GPS+RTK 기반의 위치인식 및 카메라 등 센서에 의한 주행경로 생성 및 작업경로 제어가 가능한 무인형 농작업 주행장치 개발 및 산업화	○ GPS+RTK 기반의 기준좌표에 의한 주행경로를 설정하고 LiDAR sensor에 의한 두둑감지를 통해 효율적인 두둑추종 및 새머리구간에서의 효율적인 선회 기술을 개발함으로써 보다 안정적인 주행 및 작업이 가능토록 하는 기술을 개발함	○ 98
○ 유닛화된 제초작업기의 개발을 통한 작업기 확장이 가능한 블록화 중경제초 작업기 개발	○ 각각의 독립된 주행 및 작업제어기를 장착하고 주행 또는 작업환경에 따른 상호보완이 가능토록 기체제어 알고리즘을 구성함으로써 단순한 작물만을 인식함으로써 작업이 가능한 제초, 방제 등 단순 작업기에 대한 공용화된 알고리즘 적용 가능기술 개발	○ 100
○ 머신비전 기반의 지형 및 작물의 형태에 따른 맞춤형 주간제초가 가능한 제초작업기 및 제어시스템 개발 및 산업화	○ Camera sensor에 의한 작물 및 작물의 열을 인식하고 해당 정보를 바탕으로 작물의 출현을 예상토록하는 작업알고리즘을 개발하였으며, 이를 통해 콩이외의 유사한 노지농업 환경에서의 제초가 가능토록 하는 기술을 개발함.	○ 98

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 양산화 기술개발수준 미흡
 - 성능구현을 위한 기술개발은 완료되었으나, 양산을 고려할 경우
 - 사용자기반 UI보완에 의한 사용자 기체제어의 용이성 확보
 - 양산가격경쟁력 확보를 위한 각종 하드웨어 또는 소프트웨어의 기능통합 및 추가, 제거 등 고도화 작업이 필요
 - 사업기간내 지속적인 현장 시험을 통해 기체의 기능은 구현하였으나 시험기간, 사업목표 등의 한계로 인해 내구성, 신뢰성평가등은 다소 미흡한 상태임.
-

2) 자체 보완활동

- 양산화 목표달성을 위한 자체개발활동
 - 양산가격 경쟁력 확보를 위한 기체구조개선 및 부품표준화작업 실시
 - 사용자기반 UI개선을 위한 동공기관과의 긴밀한 협조유지
 - 양산화제품의 기술신뢰도 및 내구성등 상품성 확보를 위한 차후 연구개발 과제추진을 위한 추가과제 도출사업 실시
-

3) 연구개발 과정의 성실성

- 제시된 과제목표 달성을 위한 기술개발 노력
 - 정량 및 성능지표기준의 만족을 위한 기술개발활동
 - 개발기술에 대한 사업화 추진을 위한 노력
 - 사업기간내 사업화를 위한 연전시 참가 및 기술소개교육 인력양성등 다양한 활동 실시
 - 양산화제품의 기술신뢰도 및 내구성등 상품성 확보를 위한 차후 연구개발 과제추진을 위한 추가과제 도출
-

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 국내 노지농업환경에 적용가능한 자율주행 제어시스템 개발
 - GPS 및 라이다, 카메라센서를 활용한 경로추종에 의한 자율주행기술
 - 좌표추종에 의한 설정된 기준경로정보를 바탕으로 영상정보에 의한 실시간 경로수정에 의한 효율적인 경로 추종 및 작업주행 기술
 - 주행 및 제초등 별도 제어기 구성과 상호 연동에 의한 기체제어기술 개발을 통한 제어안정성 확보 및 응용제품개발 개발 여건 확보

 - 국내 농촌환경에 있어 노동력 감소 및 농가 경영성 증대 기여 가능
 - 직접적 투입노동력 감소효과 및 이로인한 고정비 지출감소효과를 통한 농가경영성 확보
 - 2ha면적 농가기준 3년내 손익분기도달을 위한 판매가격 양산개발 사양검토를 통한 지속가능성 확보

 - 기본기술확보에 의한 차후 응용제품 기술에 대한 개발 능력 확보
 - 현행의 주행제어기+제초, 방제, 수확등 독립작업기의 개발 및 상호 연동기술에 의한 파생작업기 및 과수열, 작물열, 두둑등 다양한 형태의 추종에 의한 주행기술확보에 의한 농업분야 전반 로봇화 기본기술 확보

 - 연구개발성과의 기대효과
 - 농업의 경제성 확보
 - 농업용 로봇은 경제 성장에 따른 산업 구조의 변화와 농업 노동력 부족해결
 - 농업의 고부가가치화
 - 친환경 안전 농산물 생산에 대한 노동력 집중투입 작업인 제초/방제 작업의 로봇화에 의한 농가 경영성 향상에 기여

 - 농축산 로봇을 위한 기반 기술 확보
 - 로봇 기술 기반의 향후 농축산 로봇에 필요한 센서, 액추에이터, 제어기술 개발을 통한 시너지 효과 기대
 - 기존 발농업기계 전문 기업의 로봇 제품 출시를 통한 농업용 로봇 산업 활성화

 - 타산업과의 연계성을 통한 융복합화
 - 농업의 특성상 로봇기술 적용 시 작업환경이 불규칙하여 다양한 현실적 문제가 제기되는데, 이를 통해 군사, 안전, 서비스 로봇 등 타 로봇산업에서 필요한 원천기술 확보가능
 - 제초 로봇 활용을 통한 친환경 발농업 농산물 생산 확대로 농가소득 확대 및 농업 창업 확대
-

○ 기관별 기술기여도 현황 [도표]

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구 개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
공 등 발 농작업 보조용 친환경 중소형 제조로봇 개발	공 등 발 농작업 보조용 친환경 중소형 제조로봇 개발	(주)한국스 리축	중소기업 (영리)	706.3	530	74.986%	신규 기술개발	1-1	74.99
	고효율 자동제조시스템 개발	충남대학 교	대학 (비영리)	190	190	100.0%	신규 기술개발	해당 없음	-
	머신비전 기반 자동환경 인식 및 추종기술 개발	국립농업 과학원	출연연 (비영리)	200	200	100.0%	신규 기술개발	해당 없음	-
	경제형 무인자율주행 시스템 개발	홍익대학 교	대학 (비영리)	200	200	100.0%	산규 기술개발	해당 없음	-
	제조로봇 현장 실증 및 평가	(유)웅진 기계	중소기업 (영리)	300	-	-	신규 기술개발	해당 없음	-
계				1,596.3	1,120	-	-	-	-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

가) 연구개발성과의 활용방안

(1) 주요 활용방안

- 가. 농작업보조용 제초로봇의 설계 및 성능평가 기술의 특허/실용신안 등록 및 논문, 학술대회 발표 등의 학술적 활동
- 나. 개발제품의 플랫폼 및 완제품형태의 기술이전과 제품 양산화 및 신기술인증
- 다. 기계기술 및 노하우의 기술이전 등을 통한 농업용 로봇시장의 확장을 위한 협력업체 확보
- 라. 고령 및 여성 농업인을 대상으로 한 로봇형 제초작업기의 개발을 통해 관리기, 플라우 등 유사 작업 기종에 대한 기술을 적용 확대
- 마. 콩과 유사한 형태로 재배되는 무, 배추, 양파, 양배추, 당근, 마늘 등의 채소 작물용 제초로봇 개발. 재배 형태에 따른 제초부 구조 변경을 통하여 쉽게 제초 로봇 적용이 가능함
- 바. 제초 작업부를 트랙터 부착형으로 개조하면 경제형 반자동 로봇 제초 부착작업기 개발이 가능함
- 사. 제초 로봇의 구동부를 활용하여 야생동물 퇴치 로봇 응용 개발

(2) 기술개발 가능 수준

가. 주요부품 설계 및 개발

- 실용화를 위한 시스템 및 패키지설계 및 상세 설계
- 국내 발작물 재배환경에 적합한 제초로봇의 개발경험을 바탕으로 응용작업기 기술 개발

나. 주요 부품 장착 기술

- 농용 작업기분야 기술 표준화 정보 제공
- 전동형 자율주행 제초로봇의 시제품 개발 및 양산성을 고려한 실용화 기술 개발

다. 다양한 유사 발작물 제초작업 효율분석 및 통합 제어 시스템 개발 및 성능평가

- 실내 및 포장 실험을 통한 작업성 및 사용자의 조작 편의성 분석 및 평가
- 여성 농업인의 조작성을 고려한 무 수확기 적용 기술 개발

(3) 기술개발의 산업화 및 실용화 가능성

가. 양산개발 전략방향

- 기술개발 과제가 완료되는 시점에 맞추어 적용 및 양산 체제 구축
- 국내외 실정 및 구매 경향에 적합한 편의성 및 보급형 제품에 초점을 둔 기술개발
- 연구 추진 단계에서 최종 결과물의 실용화가 조기에 가능하도록 계획 수립

나. 제품 양산화 전략방향

- 개발 : 무인 자율주행형 발작물 제초작업기
- 등록 : 부품 또는 기술별 국내외 특허출원·등록
- 판매 : 국내 판매를 통한 내수시장 활성화 및 해외 시장 진출을 통한 외화유치.
- 정책 : 농업기계 공동이용 활성화 정책을 고려하여, 임대사업소 활용

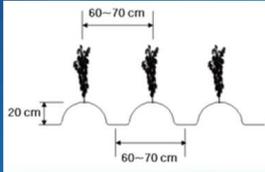
(4) 추가과제 도출에 의한 기술보완 노력

가. 제초로봇 사업화를 위한 기술보완 및 신뢰성 확보

- 개발기술에 의한 사업제품의 내구성 및 현장 적용시험
 - 추가적인 현장실증 시험에 의한 시장 출시전 제품 내구성 및 완성도 보완
 - 추가과제 도출에 의한 성능안정화 및 고도화추진
 - 사용자 기반 UI 및 양산형 제어시스템 개발
 - 제품신뢰성 확보를 위한 환경내구성 평가 및 실증시험에 의한 실 사용환경에서의 내구성 및 성능안정화 기술개발
 - 양산화를 위한 자중주행관령 시스템 및 센서 모듈화 기술개발
- 개발기술의 상용화를 위한 추가 기술개발 소요검토 및 과제도출
 - 자율주행 제어기 상용화를 위한 모듈화 및 자체표준화 제품 기술 개발
 - 사용자 UI적용기술개발에 의한 상용화 제품 기술개발
 - 무인화 제초로봇의 객관적 성능평가를 위한 주행 및 작업기부 성능평가 표준화 모델 개발
- 개발기술의 사업화를 위한 시장제품의 원가분석 및 제품다양화 방안 검토
 - 제품의 상용화를 위한 원가분석 및 손익분기점 산정에 의한 구체적 사업화 모델 수립
 - 생산 및 개발 단계별 사업화 대비 부품수급의 안정을 위한 협력업체 모색 강화노력
 - 센서 및 제어기류 부품에 대한 제품원가비중 저감을 위한 기술적용 노력 강화



항 목		제 원	
기체외관 [mm / kg]		1,780 X 1,580 X 1,610 / 580	
모 터	주 행	48 Vdc / 2kW / 3,000rpm (2ea)	
	제 초	24 Vdc / 0.7kW / 2,000rpm (2ea)	
성 능	주 행	5km/hr - 8hr이상	
	작 업	2.5km/hr - 16.2min/10a	
제 어 기	주 행	센 서	자율주행 : GPS + LiDar / 두독추종 : LiDar
		제 어	PC기반 / CAN 2.0B
	작 업	센 서	Cam [13MP cmos Image sensor
		제 어	PC기반 / CAN 2.0B



기계화 농재배양식에 의한 두독성형 규격
두독 재배시 두독폭 1,400mm 및 조간 70cm 유지

그림 47. 본 과제의 개발에 의한 제품사양

- 과수, 노지 등 다양한 환경에서의 작업이 가능한 다목적 형태의 제품기술개발 및 사업화 기술 개발

나) 연구개발성과의 활용계획

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE		1		1	
	비SCIE					
국내논문	SCIE			1		1
	비SCIE					
특허출원	국내		1			
	국외					
특허등록	국내				1	
	국외					
인력양성	학사					
	석사		1			
	박사					
사업화	시제품개발	1				
	상품출시	1	1			
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	42,500	170,000	212,500	255,000	297,500
	기술료(단위 : 천원)	1,593	6,374	7,967	9,561	11,154
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3)
2.	1)
	2)

제 M-21-01227호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : ㈜한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-603

4. 시험성적 : 불임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시 험 성 적

1. 기 종 명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-603
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



5.1.6. 제동장치

- 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

- 제초폭

109 cm

- 제초날 축 구조

수직축

- 제초날 축 개수

2 개

- 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

- 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

- 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

- 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지㈜

- 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

- 형식명

(완속) FCF15-A-4820

(급속) FA20-4830-AL21

- 제조사

㈜에프티글로벌

- 입력전압

AC 220 V

- 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A

(급속) DC 48 V, 30 A

6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제초폭은 109 cm 이고 변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단임



7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원
김관우

김관우

전임연구원
성종분

성종분



제 M-21-01229호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : ㈜한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-604

4. 시험성적 : 붙임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시 험 성 적

1. 기 종 명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-604
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



5.1.6. 제동장치

- 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

- 제초폭

109 cm

- 제초날 축 구조

수직축

- 제초날 축 개수

2 개

- 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

- 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

- 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

- 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지(주)

- 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

- 형식명

(완속) FCF15-A-4820

(급속) FA20-4830-AL21

- 제조사

(주)에프티글로벌

- 입력전압

AC 220 V

- 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A

(급속) DC 48 V, 30 A

5.2. 등판능력시험

시험조건

- 시험노면

콘크리트

시험성적

- 등판시험결과

경사도 30 %에서 등판 가능하였음



6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제초폭은 109 cm 이고 변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 경사도 30 %에서 등판 가능함

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원
김관우

김관우

전문연구원
심종열

심종열



제 M-21-01230호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : (주)한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-605

4. 시험성적 : 붙임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시 험 성 적

1. 기 종 명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-605
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



5.1.6. 제동장치

- 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

- 제초폭

109 cm

- 제초날 축 구조

수직축

- 제초날 축 개수

2 개

- 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

- 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

- 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

- 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지(주)

- 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

- 형식명

(완속) FCF15-A-4820

(급속) FA20-4830-AL21

- 제조사

㈜에프티글로벌

- 입력전압

AC 220 V

- 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A

(급속) DC 48 V, 30 A

5.2. 연속운전시험

시험조건

- 시험노면

콘크리트

시험성적

- 연속운전 시험결과

콘크리트에서 연속운전 시험결과
이상 없었음

- 1회 충전 시 주행시간 및 주행거리 2시간 이상, 10.4 km 이상 연속운전 가능하였음

6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제초폭은 109 cm 이고 변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 1회 충전시 2시이상 10.4 km 이상 연속운전이 가능하였음

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원 김관우	김관우	|	전문연구원 심종열	심종열	|
--------------	-----	--	--------------	-----	--



제 M-21-01231호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : (주)한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-606

4. 시험성적 : 불임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시 험 성 적

1. 기 종 명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-606
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



5.1.6. 제동장치

- 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

- 제초폭

109 cm

- 제초날 축 구조

수직축

- 제초날 축 개수

2 개

- 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

- 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

- 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

- 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지㈜

- 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

- 형식명

(완속) FCF15-A-4820

(급속) FA20-4830-AL21

- 제조사

㈜에프티글로벌

- 입력전압

AC 220 V

- 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A

(급속) DC 48 V, 30 A

5.2. 충전능력시험

시험조건

- 입력전압

AC 220 V

- 충전소진

5 % 이하

- 충전완충

92 % 이상



시험결과

· 충전시간

5 h 53 min

6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제조폭은 109 cm 이고 변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 충전시간은 5 h 53 min임

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원
김관우

김관우

전임연구원
심종열

심종열



제 M-21-01232호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : ㈜한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-607

4. 시험성적 : 불임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시 험 성 적

1. 기 종 명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-607
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



5.1.6. 제동장치

- 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

- 제초폭

109 cm

- 제초날 축 구조

수직축

- 제초날 축 개수

2 개

- 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

- 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

- 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

- 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지(주)

- 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

- 형식명

(완속) FCF15-A-4820
(급속) FA20-4830-AL21

- 제조사

(주)에프티글로벌

- 입력전압

AC 220 V

- 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A
(급속) DC 48 V, 30 A

5.2. 선회반경시험

시험조건

- 시험노면

아스팔트

- 선회반경 측정속도

2.3 km/h

시험성적

- 최소선회반경

(좌) 710 mm (우) 712 mm

· 최외측선회반경

(좌) 810 mm (우) 812 mm

6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제조폭은 109 cm 이고 변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 최소선회반경은 (좌) 710 mm (우) 712 mm 임

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원
김관우

김관우

책임연구원
심종열

심종열



제 M-21-01233호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
라. 상호 : ㈜한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
나. 형식명 : KTA-WC1400
다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-608

4. 시험성적 : 불입

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시 험 성 적

1. 기 종 명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-608
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



5.1.6. 제동장치

- 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

- 제초폭

109 cm

- 제초날 축 구조

수직축

- 제초날 축 개수

2 개

- 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

- 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

- 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

- 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지(주)

- 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

- 형식명

(완속) FCF15-A-4820

(급속) FA20-4830-AL21

- 제조사

(주)에프티글로벌

- 입력전압

AC 220 V

- 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A

(급속) DC 48 V, 30 A

5.2. 주행시험

시험조건

- 시험노면

아스팔트

시험성적

- 최고주행속도

(전·후진) 5.2 km/h



6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제초폭은 109 cm 이고
변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 최고주행속도는 전 후진 5.2 km/h 임

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의
규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원
김관우

김관우

전문연구원
심종연

심종연



제 M-21-01234호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : ㈜한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-609

4. 시험성적 : 불임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시 험 성 적

1. 기 종 명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-609
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



3-1

5.1.6. 제동장치

- 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

- 제초폭

109 cm

- 제초날 축 구조

수직축

- 제초날 축 개수

2 개

- 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

- 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

- 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

- 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지(주)

- 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

- 형식명

(완속) FCF15-A-4820

(급속) FA20-4830-AL21

- 제조사

쥬에프티글로벌

- 입력전압

AC 220 V

- 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A

(급속) DC 48 V, 30 A

5.2. 경심제초 작업능률시험

시험조건

- 포장조건

종류

밭

두둑높이

25 cm

두둑폭

110 cm (골폭 20 cm)



시험성적

· 경심제초 작업능률

16.2 min/10a

6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제초폭은 109 cm 이고
변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 경심제초 작업능률은 16.2 min/10a임

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의
규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원
김관우

김관우

전임연구원
심종면

심종면



제 M-21-01235호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : ㈜한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-610

4. 시험성적 : 불임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한 기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시험 성적

1. 기종명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-610
3. 형식명: KTA-WC1400
4. 형식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm

5.1.6. 제동장치



· 주·정차제동장치	
형식	전자브레이크식
작동방식	무선조종레버 중립시 작동
5.1.7. 제초장치	
· 제초폭	109 cm
· 제초날 축 구조	수직축
· 제초날 축 개수	2 개
· 제초날	
형상	일자형(직사각형)
날의 치수(길이×폭×두께), 개수	(170 × 35 × 5) mm, 2 개
회전반경	(좌·우) 35 cm
제초높이 조절방식	전동실린더
제초높이 조절범위	(14 ~ 41) cm
5.1.8. 전동기 및 축전지	
· 전동기 형식명 및 제조사	BLDL-4K30A2000 / MD로봇
· 전동기 출력 및 개수	2 kW (2 개) / DC 48 V
· 축전지 형식명 및 제조사	SGLP-G-048-120 / 세방전지㈜
· 축전지 용량 및 개수	40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V
5.1.9. 충전기	
· 형식명	(완속) FCF15-A-4820 (급속) FA20-4830-AL21
· 제조사	㈜에프티글로벌
· 입력전압	AC 220 V
· 출력전압	(완속) DC 54 V, 20 A (급속) DC 48 V, 30 A
5.2. 경심제초 작업속도	
시험조건	
· 포장조건	
종류	밭
두둑높이	25 cm
두둑폭	110 cm (골폭 20 cm)
시험성적	
· 작업속도	2.9 km/h

6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제초폭은 109 cm 이고 변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 작업속도는 2.9 km/h 임

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원
김권우

김 권 우

전임연구원
심종열

심 종 열



제 M-21-01236호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : ㈜한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-611

4. 시험성적 : 붙임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시 험 성 적

1. 기 종 명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-611
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



5.1.6. 제동장치

· 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

· 제초폭

109 cm

· 제초날 축 구조

수직축

· 제초날 축 개수

2 개

· 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

· 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

· 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

· 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지(주)

· 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

· 형식명

(완속) FCF15-A-4820

(급속) FA20-4830-AL21

· 제조사

(주)에프티글로벌

· 입력전압

AC 220 V

· 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A

(급속) DC 48 V, 30 A

5.2. 중경깊이

시험조건

· 포장조건

종류

밭

두둑높이

25 cm

두둑폭

110 cm (갈폭 20 cm)

시험성적

· 중경깊이

3 cm

6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제조폭은 109 cm 이고 변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 중경깊이는 3 cm 임

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원
김관우

김관우

전임연구원
심종열

심종열

제 M-21-01237호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
- 나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
- 다. 주소 : 전남 장성군 동화면 원남평길 15-21
- 라. 상호 : ㈜한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
- 나. 형식명 : KTA-WC1400
- 다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식

3. 시험번호 : 21-FACTMP-612

4. 시험성적 : 붙임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2021년 11월 22일

농업기술실용화재단 이사장



시험성적

1. 기종명: 동력제초기
2. 시험번호: 21-FACTMP-612
3. 형식명: KTA-WC1400
4. 형식: 원격조종형 수직축구동식



5. 시험성적

5.1. 구조

5.1.1. 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 810 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	585 kg

5.1.2. 최저지상고

· 최저지상고	410 mm
---------	--------

5.1.3. 동력전달장치

· 주클러치 형식	없는 구조임
· 변속방식	전량제어식
· 변속단수	(전·후진)무단

5.1.4. 조향장치

· 조향형식	좌·우 바퀴 전류량제어식
· 조향방식	(무선조종장치)레버식

5.1.5. 주행장치

· 차륜의 종류	무한궤도
· 무한궤도의 규격(폭×피치, 피치수)	(180 × 72) mm, 49개
· 무한궤도 접지길이	800 mm
· 무한궤도 중심간 거리	1 400 mm



5.1.6. 제동장치

- 주·정차제동장치

형식

전자브레이크식

작동방식

무선조종레버 중립시 작동

5.1.7. 제초장치

- 제초폭

109 cm

- 제초날 축 구조

수직축

- 제초날 축 개수

2 개

- 제초날

형상

일자형(직사각형)

날의 치수(길이×폭×두께), 개수

(170 × 35 × 5) mm, 2 개

회전반경

(좌·우) 35 cm

제초높이 조절방식

전동실린더

제초높이 조절범위

(14 ~ 41) cm

5.1.8. 전동기 및 축전지

- 전동기 형식명 및 제조사

BLDL-4K30A2000 / MD로봇

- 전동기 출력 및 개수

2 kW (2 개) / DC 48 V

- 축전지 형식명 및 제조사

SGLP-G-048-120 / 세방전지㈜

- 축전지 용량 및 개수

40 V 120 Ah (2 개) / DC 48 V

5.1.9. 충전기

- 형식명

(완속) FCF15-A-4820

(급속) FA20-4830-AL21

- 제조사

㈜에프티글로벌

- 입력전압

AC 220 V

- 출력전압

(완속) DC 54 V, 20 A

(급속) DC 48 V, 30 A

5.2. 제초율

시험조건

- 포장조건

종류

바랭이

제초높이

8 cm

시험성적



· 제초율 95.5 %

6. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 제초폭은 109 cm 이고 변속방식은 전량제어식, 변속단수는 무단이며 제초율은 95.5 % 임

7. 시험결과

본 시험성적은 농업기술실용화재단 「분석시험 의뢰 및 처리규칙」 제5조 제2항의 규정에 따라 의뢰자가 요구한 시험방법을 적용하여 실시된 성능시험 성적임

책임연구원 김관우	김관우	전임연구원 심종열	심종열
--------------	-----	--------------	-----



당신의 청렴지수 고객의 감동지수



한국농업기술진흥원

수신 (주)한국쓰리축 대표이사 유구현 귀하
(경유)

제목 동력제초기 성능시험 결과 알림

'22. 12. 22. 및 '22. 12. 30. 자로 귀사에서 신청한 농업기계의 시험결과를 붙임과 같이 알려드립니다.

기종명	형식명	형 식	규 격	시험번호
동력제초기	KTA-WC1400	원격조종형 수직축구동식	-	22-KOATMP-894
				22-KOATMP-950

붙임 농업기계 성능시험 성적서 각 1부. 끝.

한국농업기술진흥원장



연구원 조재근 선임연구원 유재철 농기계검정팀 전결 2023. 1. 11.
장 한태호

협조자

시행 농기계검정팀-71 (2023. 1. 11.) 접수

우 54667 전라북도 익산시 평동로 457, 한국농업기술진흥원 (송학동) / www.koat.or.kr

전화번호 063-919-1743 팩스번호 063-919-1589 / worms295@koat.or.kr / 비공개(7)

기술기반 미래 농산업 선도, 공정·소통 중심의 경영효율 제고

제 M-22-01783호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
다. 주소 : 전라남도 장성군 동화면 원남평길 15-21
라. 상호 : (주)한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
나. 형식명 : KTA-WC1400
다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식, -

3. 시험번호 : 22-KOATMP-894

4. 시험성적 : 불임

「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2023년 01월 11일

한국농업기술진흥원의 장



시 험 성 적

1. 기 중 명: 동력제초기
2. 시험번호: 22-KOATMP-894
3. 형 식 명: KTA-WC1400
4. 형 식: 원격조종형 수직축구동식
5. 규 격: -
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 715 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	648 kg

6.2 성능시험

6.2.1 주행시험

· 최고주행속도	6.2 km/h
----------	----------

7. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 최고주행속도는 6.2 km/h 임

8. 시험결과

본 시험성적은 「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

선임연구원
유재철

유재철

연구원
조재근

조재근

제 M-22-01783호

농업기계 성능시험 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 유구현
나. 사업자 등록번호 : 410-81-88992
다. 주소 : 전라남도 장성군 동화면 원남평길 15-21
라. 상호 : (주)한국쓰리축

2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력제초기
나. 형식명 : KTA-WC1400
다. 형식 및 규격 : 원격조종형 수직축구동식, -

3. 시험번호 : 22-KOATMP-950

4. 시험성적 : 붙임

「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제4조 제2항에 따라 시험 신청한
기대에 대한 성능시험 성적입니다.

2023년 01월 11일

한국농업기술진흥원의 장



시 험 성 적

1. 기 종 명 : 동력제초기
2. 시험번호 : 22-KOATMP-950
3. 형 식 명 : KTA-WC1400
4. 형 식 : 원격조종형 수직축구동식
5. 규 격 : -
6. 시험성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

· 길이	1 780 mm
· 폭	1 715 mm
· 높이	1 610 mm
· 중량	648 kg

6.2 성능시험

6.2.1 연속운전시험

시험조건

· 시험노면	콘크리트(야외시험장)
· 평균주행속도	2.3 km/h

시험성적

· 연속운전 시험결과	3시간이상 연속운전 가능하였음
-------------	------------------

7. 시험제품 개요

본 기대는 원격조종형 수직축구동식 동력제초기로 평균주행속도 2.3 km/h(작업속도)로 3시간 이상 연속운전 가능한 구조임

8. 시험결과

본 시험성적은 「한국농업기술진흥원 분석시험의뢰 및 처리규칙」 제5조제2항의 규정에 따라 실시한 성능시험 성적으로 신청자와 협의하여 정한 시험방법으로 실시되었음

선임연구원
유재철

유재철

연구원
조재근

조재근



시험 성적서

(Test Report)

1. 성적서 번호	: C22N920042-01-01-(00-00)
2. 의뢰자	: 충남대학교산학협력단 대전 유성구 대학로 99 (공동,충남대학교)
3. 시험기간	: 2022-11-09 ~ 2022-11-10
4. 용도	: 시험분석
5. 품목/시료명	: 제조로봇 작물 인식 시스템 * 시험의뢰자가 제공한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
6. 시험방법	: 제조로봇 작물 인식 시스템 성능시험
7. 시험결과	: 다음 페이지 참조
8. 시험장소	: 충남대학교 시험포장지

	시험자	기술책임자
확인	성명 : 박진선 연락처 : jspark00@kitech.re.kr	성명 : 김정길 연락처 : kjg14@kitech.re.kr

2022년 11월 15일

한국생산기술연구원



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





시 험 결 과

< 시험결과 요약 >

시험항목	단위	평가기준	시험결과	비 고
대상인식율	%	75이상	98.1	
작물 회피 성공률	%	90이상	98.6	



< 콩 영역 인식 장치 대상인식 결과 >





1. 시험조건

- 시험 대상 : 제초로봇 작물(콩 영역) 인식 시스템
- 시험 장소 : 충남대학교 시험포장

1) 평가기준

< 대상인식율의 평가기준 >

시험항목	단위	평가기준	비고
대상인식율	%	75이상	콩 영역 대상의 2진 분류
작물 회피 성공률	%	90이상	작물 손상없이 제초날 회전

2. 시험 내용

2.1 콩 영역 인식 장치 대상인식율 및 작물 회피 성공율

1) 시험 장비 구성 및 사양

- 제초로봇



< 제초로봇 >

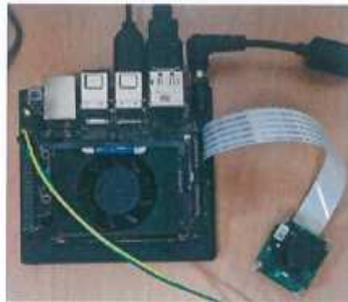




< 제초로봇 주요 사양 >

구분		규격사항	
기체외관 [mm/kg]		1,780 X 1,580 X 1,610 / 580	
모터 성능	주행	48 Vdc / 2kW / 3,000rpm (2ea)	
	제초	24 Vdc / 0.7kW / 2,000rpm (2ea)	
	주행	5km/hr - 8hr이상	
	작업	2.5km/hr - 16.2min/10a	
제어기	주행	센서	자율주행 : GPS + LiDar / 두둑추종: LiDar
		제어	PC기반 / CAN 2.0B
	작업	센서	Cam [13MPcmos Image sensor
		제어	PC기반 / CAN 2.0B

- 콩 영역 인식 장치



카메라 (비디오 파일)

콩 발 영상 (Top view)

영상 전처리

콩 영역 인식

주요 결과 처리

< 콩 영역 인식 장치 및 기술 구성도 >

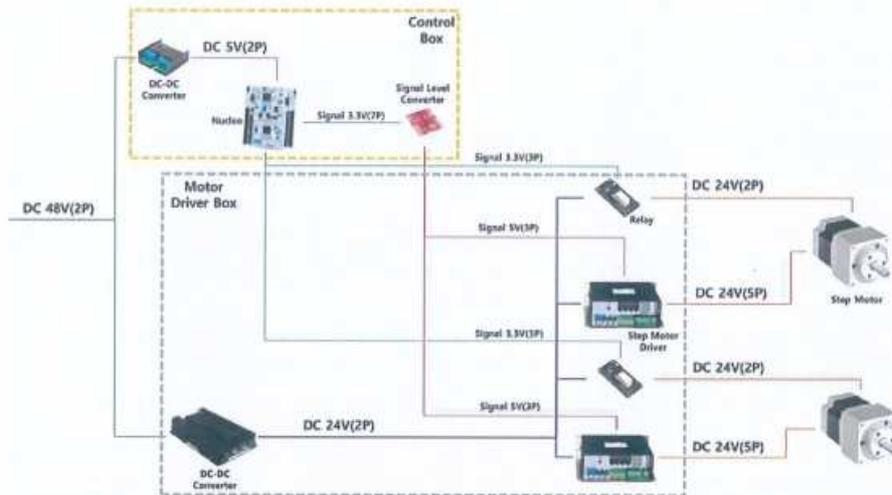




< 콩 영역 인식 장치 주요 사양 >

구분	규격사항	
Camera	Sensor	AR0521 from ON Semiconductor
	Resolution	FHD (1920 × 1080)
	DFOV	5MP - 140.5° (with the lens provided by e-con)
	Focus Type	Fixed focus
Single PC board	CPU	6-core NVIDIA Camel ARM®v8.2 64 bit CPU 6 MB L2 + 4 MB L3
	GPU	NVIDIA Volta architecture with 384 NVIDIA CUDA® cores and 48 Tensor cores
	Memory	8 GB 128-bit LPDDR4x @ 51.2 GB/s
	Dimension	103 mm × 90.5 mm × 34.66 mm
	Power	10-15 W (9~19 V)

- 콩 영역 회피 제조부



< 콩 작물 회피를 위한 제조부의 제어 구성도 >





< 콩 작물 회피를 위한 제초부 >

< 콩 작물 회피를 위한 제초부 주요 사양 >

구분	규격사항
Controller (STM32-Nucleo)	- CPU frequency : 84 MHz - MCU operating voltage : 1.7 to 3.6 V - GPIO pins : 50 - ADC : 12-bit 16 channel
Motor (A200K-M599-GB10)	- 5 phase geared stepping motor (reduction 1:10, 0-180 rpm) - Break function - Max. torque : 200kgfcm - Rated current : 1.4 A/Phase
Motor driver (MD5-HD14)	- Bipolar constant current pentagon drive type - 20-35 DC power voltage - Max. driving voltage : 1.4A/Phase (3A)

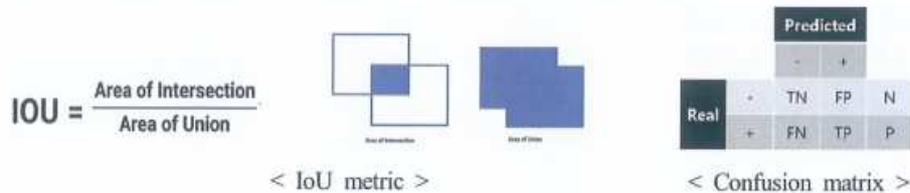
2) 시험 방법 및 조건

- 시험은 충남대학교 내 위치한 포장지에서 실시하였으며, 실제 제초로봇을 이용하여 시험을 수행한 후 저장된 결과영상을 이용하여 대상인식율을 계산하고, 회피 성공률은 작업 후 위치를 이탈한 작물을 계수하였음
- 포장지에서 10m 길이의 두둑을 형성하여 양쪽에 콩 작물(모형)을 0.3 m 간격을 심었으며,





- 좌, 우 각각 30개의 작물 모형을 배치하였음
- 원격 제어를 이용하여 제조로봇을 두둑 위로 주행 및 직진 작업 동안 10 fps 속도로 촬영되었으며(영상크기 960×540 pixels), 이 중 작업영상 필터 및 샘플링을 통해 총 714개 샘플을 시험에 사용함
 - 결과영상 프레임의 하단 좌, 우 160×160 크기에 검출된 작물 인식을 결과를 이용하여 인식율을 계산하였으며, 이때 대상인식율은 사전에 정의된 목표영역과 검출된 영역의 겹침정도를 비교하며, IoU (intersection of union) > 0.5 이상을 기준으로 confusion matrix를 작성한 후 분류 정확도(classification accuracy)를 계산하였음
 - Confusion matrix 각각의 항목은 TP (true-positive), TN (true-negative), FP (false-positive), FN(false-negative)이며, 이때 TP는 목표부류(target class)를 정확히 인식한 경우, TN은 목표 외 부류를 각각에 해당하는 부류로 정확히 인식한 경우, FP는 목표부류를 다른 부류로 인식한 경우, FN은 목표 외 부류를 목표부로 인식한 경우의 수를 나타냄
 - 직진작업 중 작물 회피 성공율은 직진 작업 완료 후 위치가 이탈된 작물을 계수하여 전체 수에 대한 비율로 계산하였으며, 총 5회 반복 실험의 평균을 계산함



$$\text{대상인식율(분류 정확도), \%} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100$$



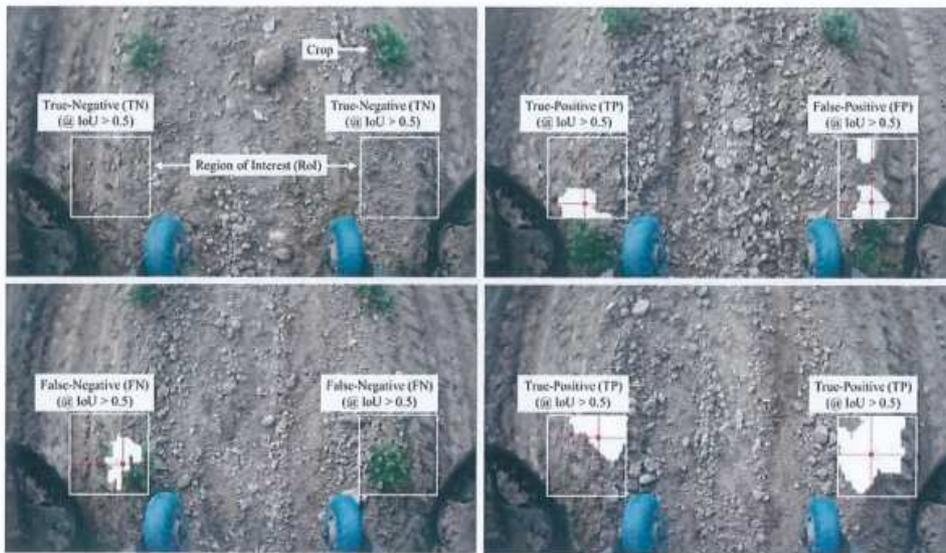


3. 시험 결과

3.1 콩 영역 대상인식율

< 콩 영역 대상인식율 성능시험결과 >

시험항목	단위	평가기준	시험결과	비고
대상인식율	%	75이상	98.1	



< 콩 영역 대상인식율 성능시험 형상 >

< Confusion matrix >

		Prediction	
		N(-)	P(+)
Real	N(-)	TN = 571	FP = 8
	P(+)	FN = 5	TP = 130

$$\begin{aligned} \text{대상인식율 (분류 정확도), \%} &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100 \\ &= \frac{130 + 571}{130 + 571 + 8 + 5} \times 100 = 98.1 \end{aligned}$$





3.2 콩 영역 회피 성공율

< 콩 영역 회피 성공율 성능시험결과 >

시험항목	단위	평가기준	시험결과	비고
작물 회피 성공률	%	90이상	98.6	



< 콩 작물 회피 성공 >



< 콩 작물 회피 실패 >

< 콩 영역 회피 성공율 성능시험 형상 >

< 작물 회피 결과 >

	1회	2회	3회	4회	5회	총
샘플 수	60	60	60	60	60	300
회피 샘플 수	59	60	60	58	59	296
파손 샘플 수	1	0	0	2	1	4
성공률(%)	98.3	100	100	96.7	98.3	98.6





시험 성적서

(Test Report)

- 1. 성적서 번호 : C22N920007-01-01-(00-00)
- 2. 의뢰자 : 충남대학교산학협력단
대전 유성구 대학로 99 (궁동,충남대학교)
- 3. 시험기간 : 2022-05-24 ~ 2022-05-24
- 4. 용도 : 시험분석
- 5. 품목/시료명 : 제조로봇 대상인식물
* 시험의뢰자가 제공한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
- 6. 시험방법 : 제조로봇 대상인식물
- 7. 시험결과 : 다음 페이지 참조
- 8. 시험장소 : 전라남도 장성군 동화면 원남평길 15-25, 한국스리축

	시험자	기술책임자
확인	성명 : 박진선 	성명 : 김정길 
	연락처 : jspark00@kitech.re.kr	연락처 : kjg14@kitech.re.kr

2022년 05월 26일

한국생산기술연구원



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

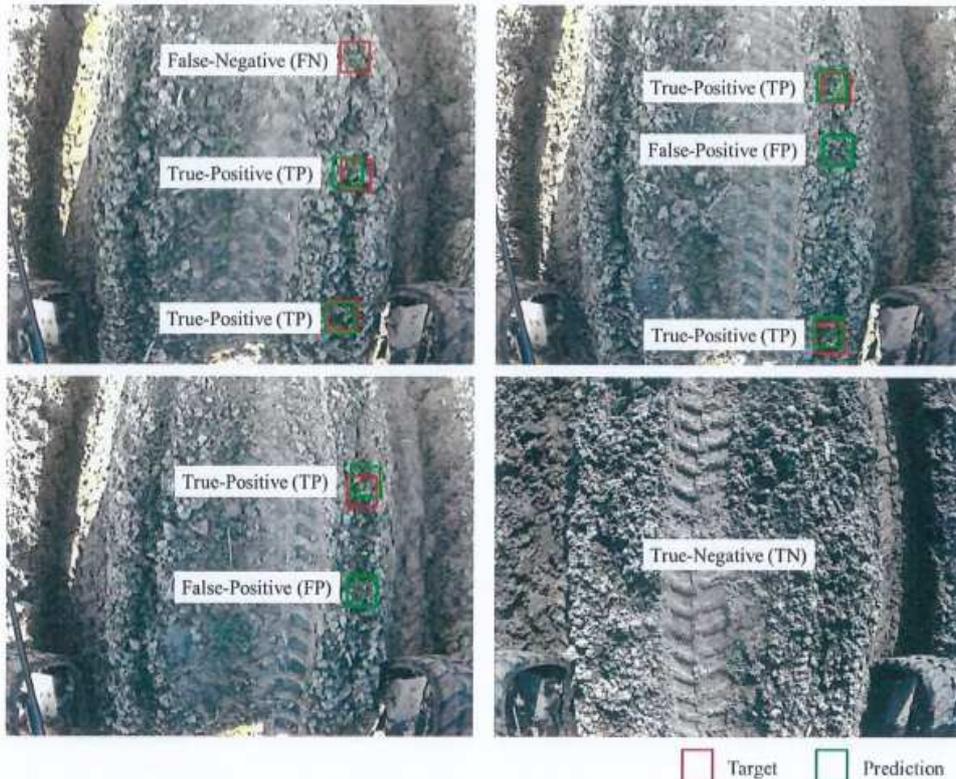




시험결과

< 시험결과 요약 >

시험항목	단위	평가기준	시험결과	비고
대상인식율	%	50이상	85.2	



< 대표적인 결과 예시 >





< Confusion matrix >

		Prediction	
		N(-)	P(+)
Real	N(-)	TN = 493	FP = 86
	P(+)	FN = 19	TP = 116

$$\begin{aligned}
 \text{대상인식율(분류 정확도), \%} &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100 \\
 &= \frac{116 + 493}{116 + 493 + 86 + 19} \times 100 \\
 &= 85.2
 \end{aligned}$$





1. 시험조건

- 시험 대상 : 제초로봇 작물(콩 영역) 인식 시스템
- 시험 장소 : 충남대학교

1) 평가기준

< 대상인식율의 평가기준 >

시험항목	단위	평가기준	비 고
대상인식율	%	50이상	콩 영역 대상의 2진 분류

2. 시험 내용

2.1 콩 영역 인식 장치 대상인식율

1) 시험 장비 구성 및 사양

- 콩 영역 인식 장치 및 기술 구성



카메라 (비디오 파일)

콩 발 영상 (Top view)

영상 전처리

콩 영역 인식

주요 결과 처리

< 콩 영역 인식 장치 및 기술 구성도 >



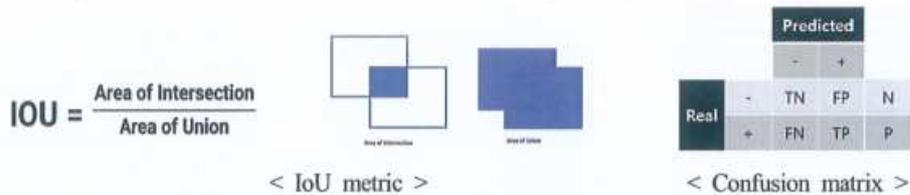


< 쿵 영역 인식 장치 주요 사양 >

구분	규격사항	
Camera	Sensor	AR0521 from ON Semiconductor
	Resolution	FHD (1920 × 1080)
	DFOV	5MP - 140.5° (with the lens provided by e-con)
	Focus Type	Fixed focus
Single PC board	CPU	6-core NVIDIA Camel ARM®x8.2 64 bit CPU 6 MB L2 + 4 MB L3
	GPU	NVIDIA Volta architecture with 384 NVIDIA CUDA® cores and 48 Tensor cores
	Memory	8 GB 128-bit LPDDR4x @ 51.2 GB/s
	Dimension	103 mm × 90.5 mm × 34.66 mm
	Power	10-15 W (9~19 V)

2) 시험 방법 및 조건

- 시험은 실제 환경에서 녹화된 영상을 사용하며 영상은 쿵 발 1회 왕복 직진 작업 동안 10 fps 속도로 촬영되었으며(영상크기 640×480 pixels, 총 프레임 수: 2625), 이 중 작업영상 필터 및 샘플링을 통해 총 357개 샘플을 시험에 사용함
- 녹화영상 프레임의 하단 좌, 우 160×160 크기를 추출하여(제초부 제어를 위한 관심영역) 순차적, 연속적으로 입력하여 영역인식을 수행하며 대상인식율을 계산함
- 대상인식율은 사전에 정의된 목표영역과 검출된 영역의 겹침정도를 비교하며, IoU (intersection of union) > 0.5 이상을 기준으로 confusion matrix를 작성한 후 분류 정확도 (classification accuracy)를 계산함
- Confusion matrix 각각의 항목은 TP (true-positive), TN (true-negative), FP (false-positive), FN(false-negative)이며, 이때 TP는 목표부류(target class)를 정확히 인식한 경우, TN은 목표 외 부류를 각각에 해당하는 부류로 정확히 인식한 경우, FP는 목표부류를 다른 부류로 인식한 경우, FN은 목표 외 부류를 목표부로 인식한 경우의 수를 나타냄



$$\text{대상인식율(분류 정확도), \%} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100$$



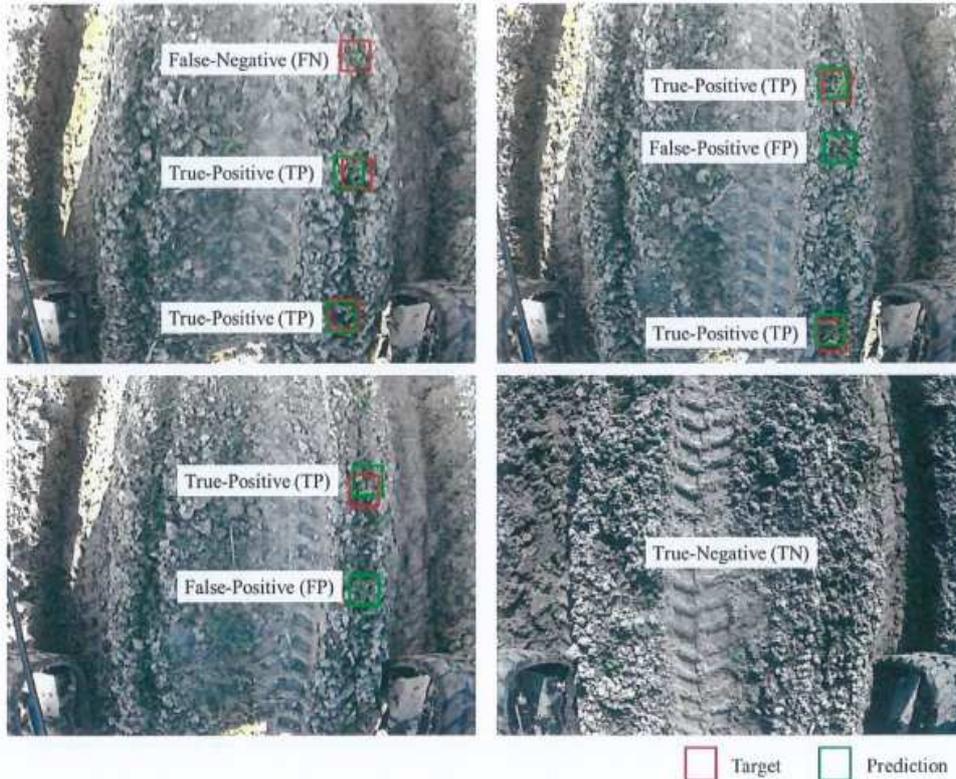


3. 시험 결과

3.1 콩 영역 대상인식율

< 콩 영역 대상인식율 성능시험결과 >

시험항목	단위	평가기준	시험결과
대상인식율	%	50이상	85.2



< 대표적인 결과 예시 >





< Confusion matrix >

		Prediction	
		N(-)	P(+)
Real	N(-)	TN = 493	FP = 86
	P(+)	FN = 19	TP = 116

$$\begin{aligned} \text{대상인식율(분류 정확도), \%} &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100 \\ &= \frac{116 + 493}{116 + 493 + 86 + 19} \times 100 \\ &= 85.2 \end{aligned}$$



Article

Weakly Supervised Crop Area Segmentation for an Autonomous Combine Harvester

Wan-Soo Kim ¹, Dae-Hyun Lee ^{2,*}, Taehyeong Kim ³, Hyunggun Kim ^{4,*}, Taeyong Sim ⁵ and Yong-Joo Kim ^{2,6}

¹ Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea; wskim0726@gmail.com

² Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea; babina@cnu.ac.kr

³ Interdisciplinary Program in Cognitive Science, Seoul National University, Seoul 08826, Korea; taehyeong.kim@lge.com

⁴ Department of Biomechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea

⁵ Department of Artificial Intelligence, Sejong University, Seoul 05005, Korea; tysim@sejong.ac.kr

⁶ Department of Smart Agricultural Systems, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

* Correspondence: leedh7@cnu.ac.kr (D.-H.L.); hkim.bme@skku.edu (H.K.);

Tel.: +82-42-821-6717 (D.-H.L.); +82-31-290-7821 (H.K.)

Abstract: Machine vision with deep learning is a promising type of automatic visual perception for detecting and segmenting an object effectively; however, the scarcity of labelled datasets in agricultural fields prevents the application of deep learning to agriculture. For this reason, this study proposes weakly supervised crop area segmentation (WSCAS) to identify the uncut crop area efficiently for path guidance. Weakly supervised learning has advantage for training models because it entails less laborious annotation. The proposed method trains the classification model using area-specific images so that the target area can be segmented from the input image based on implicitly learned localization. This way makes the model implementation easy even with a small data scale. The performance of the proposed method was evaluated using recorded video frames that were then compared with previous deep-learning-based segmentation methods. The results showed that the proposed method can be conducted with the lowest inference time and that the crop area can be localized with an intersection over union of approximately 0.94. Additionally, the uncut crop edge could be detected for practical use based on the segmentation results with post-image processing such as with a Canny edge detector and Hough transformation. The proposed method showed the significant ability of using automatic perception in agricultural navigation to infer the crop area with real-time level speed and have localization comparable to existing semantic segmentation methods. It is expected that our method will be used as essential tool for the automatic path guidance system of a combine harvester.

Keywords: combine harvester; weakly supervised; semantic segmentation; uncut crop edge; path guidance



Citation: Kim, W.S.; Lee, D.-H.; Kim, T.; Kim, H.; Sim, T.; Kim, Y.-J. Weakly Supervised Crop Area Segmentation for an Autonomous Combine Harvester. *Sensors* **2021**, *21*, 4801. <https://doi.org/10.3390/s21144801>

Academic Editor: Wai Lok Woo

Received: 3 June 2021

Accepted: 9 July 2021

Published: 14 July 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Machine vision is an attractive technology that is widely used to perceive local environments for autonomous navigation in agriculture. It has several advantages compared to GPS-based navigation in that it can provide local guidance in real time without a prior map of the target area and easily integrate other essential features such as obstacle avoidance [1]. Even if the machine is not fully automated, visual perception can assist the operator by reducing the fatigue that comes with performing tedious and monotonous visual tasks. For example, the combine harvester, which has made a huge contribution to improving agricultural productivity [2], is used for harvesting field crops, and the operator has to constantly observe uncut crop edges to determine the path and control steering [3,4].

ENGINEERING

Performance simulation of an electric multi-purpose cultivator according to rotary tillage

Seung-Yun Baek¹, Wan-Soo Kim², Seung-Min Baek¹, Hyeon-Ho Jeon¹, Jun-Ho Lee², Dae-Hyun Lee², Kyu-Hong Choi³, Yong-Joo Kim^{1,2*}, Seung-Muk Choi^{4*}

¹Department of Smart Agricultural Systems, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

³Department of Smart Agriculture, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

⁴Agricultural Machinery & Equipment Policy Team, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong 30110, Korea

*Corresponding author: babina@xnu.ac.kr, csmuk12@koreakr

Abstract

This study aims to evaluate the performance of an electric multi-purpose cultivator through a simulation analysis. The simulation model was developed using commercial software, Simulation X, by applying the specifications of certain parts, such as an electric motor, a battery, and so on. The input parameter of the simulation was the engine load data according to the rotary tillage level using a conventional multi-purpose cultivator. The data were collected by configuring a load measurement system, and the load cycle was developed by repeating the data collection process under the most severe conditions. The average output engine torque values of conventional multi-purpose cultivator were 10.7, 13.0, 9.4, and 11.2 Nm in the D1P1, D1P2, D2P1, and D2P2 conditions, respectively. As a result of the simulation, the maximum values of the motor torque, rotational speed, and power of the electric multi-purpose cultivator were 16.8 Nm, 2,033.3 rpm, and 3.3 kW, respectively, and the motor was driven in sections within 70, 68, and 45% of the maximum output range. The rate of decrease of the battery state of charge (SOC) level per minute was approximately 0.6%, and it was possible to supply electric power to the motor for 9,550 sec. In the future study, research to verify and improve simulation models of electric multi-purpose cultivators should be conducted.

Keywords: electric multi-purpose cultivator, rotary tillage, simulation model, workload cycle

Introduction

다목적 관리기는 로터리, 구굴, 배토 등의 다양한 농작업을 수행하는 농업기계이며, 특히 협소한 토지, 온실 등과 같이 기존 농업기계의 활용이 제한되는 환경에서 주로 사용된다. 국내 다목적 관리기의 공급대수는 2018년 기준 전년도 대비 약 80% 증가한 621대로 조사되었 으며(KAMICO and KSAM, 2019), 고령화에 의해 편의성이 높은 소형 농기계에 대한 수요 증 가에 따라 시장 규모 또한 지속적으로 증가할 것으로 전망된다(Kang et al., 2013).



OPEN ACCESS

Citation: Baek SY, Kim WS, Baek SM, Jeon HH, Lee JH, Lee DH, Choi KH, Kim YJ, Choi SM. Performance simulation of an electric multi-purpose cultivator according to rotary tillage. Korean Journal of Agricultural Science 48:1027-1037. <https://doi.org/10.7744/kjpas.2021.0087>

Received: October 13, 2021

Revised: November 24, 2021

Accepted: November 29, 2021

Copyright: © 2021 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Solid-State LiDAR 기반 밭 농업용 자율주행 로봇의 두둑 감지를 통한 실시간 주행 경로 생성 알고리즘

Real-time Path Planning Algorithm based on Ridge Detection for Solid-State LiDAR-based Autonomous Agricultural Robot

백 승 범¹, 김 봉 상¹, 이재 옥¹, 문 희 창²

(Seungbeom Baek¹, Bongsang Kim¹, Jaewook Lee¹, and Heechang Moon²)

¹Industrial Convergence Interdepartmental Program Autonomous Vehicle-Intelligent Robotics, The Graduate School of Hongik University

²Mechanical & System Design Engineering, Hongik University

Abstract: Autonomous robots driving in agricultural environments need to create accurate routes to prevent damaging farmland. Herein, a real-time path planning algorithm based on ridge detection using the Livox Mid70 LiDAR is proposed. The field has a steep slope between the furrow and the ridge, and we find data corresponding to this slope from the lidar data. Using two Mid70 LiDARs, we collect the left and right slope data and linearly fit the slope data using the RANSAC algorithm. Finally, the driving route is obtained from the average of the two straight lines. To verify the algorithm, the steering angle needed to follow the driving path was calculated, and an autonomous driving test was conducted in the actual field environment; it was observed that the robot drove stably. Additional tests will be conducted in more rugged terrain.

Keywords: agricultural robotics, Autonomous driving, Solid-State LiDAR, local path planning

1 서론

농업의 노동력 부족 및 미래 식량 부족 문제의 대안으로 농업용 자율주행 로봇에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 파종, 제초, 수확 등을 목적으로 하는 농업용 자율주행 로봇들이 개발되었으며[2], 이러한 로봇에는 일반적인 자율주행에 사용되는 인지, 판단, 제어 기술이 농작업과 연관되어 사용된다. 이 중에서 농업 환경을 해치지 않기 위해 로봇의 경로를 정확하게 생성하고 제어하는 기술은 필수적으로 요구된다[3].

농업 환경에서 경로 생성의 경우 GPS(Global Positioning System)를 이용한 방법이 많이 사용되며 위치 인식 정확도를 높이기 위해 RTK-GPS 및 GPS/INS 시스템이 사용된다[4-8]. 이 방법은 사전에 전역 경로를 생성한 뒤 GPS를 이용해 로봇의 현재 위치를 추정하고 현재 위치의 주변 경로를 가져오는 방식으로 작동한다. 하지만 음영지역에서 낮은 위치 인식을 가진다는 단점이 존재한다[9-11].

이러한 문제의 대안으로 카메라를 이용한 농업 환경 탐지 기술이 개발되었으며, 평면 피딩을 통해 RGB 데이터를 이분화하고 RANSAC(Random Sample Consensus) 알고리즘을 통해 밭의 수평선을 감지하는 방법[12], 영상 처리 기법

을 통해 특징점을 추출하고 Hough Transform을 사용하여 작물의 행을 감지하는 방법이 개발되었다[13]. 또한 Visual Servoing 기술을 이용하여 전역적인 위치 인식을 수행하지 않고 로봇을 제어하는 방법도 개발되었다[14]. 하지만 카메라 기반 주변 환경 탐지 기술은 조명 조건에 민감하다는 단점이 존재한다[15].

LiDAR(Light Detection And Ranging)를 이용한 농업 환경에서의 주행 경로 생성 방법도 개발되었으며, 주로 지면으로부터 높이가 큰 작물을 감지하여 경로를 생성하는 방법이 연구되었다[16-18]. LiDAR는 조명 조건에 영향을 받지 않으며 거리 측정 정확도 및 정밀도가 높고, 넓은 FOV(Field Of View)를 가진다. 또한 최근 기계식 LiDAR에 비해 저렴한 고성능의 Solid-State LiDAR가 상용화되어 가격에 대한 부담이 줄어들었다[19]. Solid-State LiDAR는 비교적 좁은 FOV를 가지고 있지만 좁은 영역을 자세히 관측하기 위한 용도로 좋은 성능을 낼 수 있다.

본 논문에서는 Solid-State LiDAR를 이용한 두둑 감지 및 경로 생성 알고리즘을 제안한다. 밭은 두둑과 고랑 사이에 가파른 경사가 존재하고, 이러한 기하학적 형상을 통해 두둑을 감지한다. 2장에서 연구에 사용한 제조로봇 및 라이더

*Corresponding Author

Manuscript received November 16, 2021; revised December 28, 2021; accepted January 6, 2022

백승범: 홍익대학교 산업융합협동과정 자율주행·지능로봇전공 석사과정(baek001v@mail.hongik.ac.kr, ORCID[®] 0000-0002-4493-7802)

김봉상: 홍익대학교 산업융합협동과정 자율주행·지능로봇전공 박사과정(bongsai@mail.hongik.ac.kr, ORCID[®] 0000-0002-3597-4628)

이재옥: 홍익대학교 산업융합협동과정 자율주행·지능로봇전공 석사과정(www17@mail.hongik.ac.kr, ORCID[®] 0000-0002-9007-0939)

문희창: 홍익대학교 기계시스템디자인공학과 부교수(hmoon@hongik.ac.kr, ORCID[®] 0000-0001-6779-603X)

※ 본 논문은 2017학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 연구된 것임.

Copyright © ICRC 2022

Solid-State LiDAR 기반 밭 농업용 자율주행 로봇의 두둑 감지를 통한 실시간 주행 경로 생성 알고리즘

Real-time Path Planning Algorithm based on Ridge Detection for Solid-State LiDAR-based Autonomous Agricultural Robot

백 승 범¹, 김 봉 상¹, 이 재 목¹, 문 희 창^{2*}

(Seungboom Baek¹, Bongsang Kim¹, Jaewook Lee¹, and Heechang Moon^{2*})

¹Industrial Convergence Interdepartmental Program Autonomous Vehicle-Intelligent Robotics, The Graduate School of Hongik University

²Mechanical & System Design Engineering, Hongik University

Abstract: Autonomous robots driving in agricultural environments need to create accurate routes to prevent damaging farmland. Herein, a real-time path planning algorithm based on ridge detection using the Livox Mid70 LiDAR is proposed. The field has a steep slope between the furrow and the ridge, and we find data corresponding to this slope from the lidar data. Using two Mid70 LiDARs, we collect the left and right slope data and linearly fit the slope data using the RANSAC algorithm. Finally, the driving route is obtained from the average of the two straight lines. To verify the algorithm, the steering angle needed to follow the driving path was calculated, and an autonomous driving test was conducted in the actual field environment: it was observed that the robot drove stably. Additional tests will be conducted in more rugged terrain.

Keywords: agricultural robotics, Autonomous driving, Solid-State LiDAR, local path planning

1 서론

농업의 노동력 부족 및 미래 식량 부족 문제의 대안으로 농업용 자율주행 로봇에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 파종, 제초, 수확 등을 목적으로 하는 농업용 자율주행 로봇들이 개발되었으며[2], 이러한 로봇에는 일반적인 자율주행에 사용되는 인지, 판단, 제어 기술이 농작업과 연관되어 사용된다. 이 중에서 농업 환경을 헤치기 위해 로봇의 경로를 정확하게 생성하고 제어하는 기술은 필수적으로 요구된다[3].

농업 환경에서 경로 생성의 경우 GPS(Global Positioning System)를 이용한 방법이 많이 사용되며 위치 인식 정확도를 높이기 위해 RTK-GPS 및 GPSINS 시스템이 사용된다[4-8]. 이 방법은 사전에 전역 경로를 생성한 뒤 GPS를 이용해 로봇의 현재 위치를 추정하고 현재 위치의 주변 경로를 가져오는 방식으로 작동한다. 하지만 음영지역에서 낮은 위치 인식률을 가진다는 단점이 존재한다[9-11].

이러한 문제의 대안으로 카메라를 이용한 농업 환경 탐지 기술이 개발되었으며, 평면 피딩을 통해 RGB 데이터를 이분화하고 RANSAC(Random Sample Consensus) 알고리즘을 통해 밭의 수평선을 감지하는 방법[12], 영상 처리 기법

을 통해 특징점을 추출하고 Hough Transform을 사용하여 작물의 행을 감지하는 방법이 개발되었다[13]. 또한 Visual Servoing 기술을 이용하여 전역적인 위치 인식을 수행하지 않고 로봇을 제어하는 방법도 개발되었다[14]. 하지만 카메라 기반 주변 환경 탐지 기술은 조명 조건에 민감하다는 단점이 존재한다[15].

LiDAR(Light Detection And Ranging)를 이용한 농업 환경에서의 주행 경로 생성 방법도 개발되었으며, 주로 지면으로부터 높이가 큰 작물을 감지하여 경로를 생성하는 방법이 연구되었다[16-18]. LiDAR는 조명 조건에 영향을 받지 않으며 거리 측정 정확도 및 정밀도가 높고, 넓은 FOM(Field Of View)를 가진다. 또한 최근 기계식 LiDAR에 비해 저렴한 고성능의 Solid-State LiDAR가 상용화되어 가격에 대한 부담이 줄어들었다[19]. Solid-State LiDAR는 비교적 좁은 FOV를 가지고 있지만 좁은 영역을 자세히 관측하기 위한 용도로 좋은 성능을 낼 수 있다.

본 논문에서는 Solid-State LiDAR를 이용한 두둑 감지 및 경로 생성 알고리즘을 제안한다. 밭은 두둑과 고랑 사이에 가파른 경사가 존재하고, 이러한 기하학적 형상을 통해 두둑을 감지한다. 2장에서 연구에 사용한 제조로봇 및 라이더

*Corresponding Author

Manuscript received November 16, 2021; revised December 28, 2021; accepted January 6, 2022

백승범: 홍익대학교 산업융합원동과정 자율주행·지능로봇전공 석사과정(q001v@mail.hongik.ac.kr, ORCID[®] 0000-0002-4493-7802)

김봉상: 홍익대학교 산업융합원동과정 자율주행·지능로봇전공 박사과정(bongsai@mail.hongik.ac.kr, ORCID[®] 0000-0002-3597-4628)

이재목: 홍익대학교 산업융합원동과정 자율주행·지능로봇전공 석사과정(jwwwf7@mail.hongik.ac.kr, ORCID[®] 0000-0002-9007-0939)

문희창: 홍익대학교 기계시스템디자인공학과 부교수(hcmoon@hongik.ac.kr, ORCID[®] 0000-0001-6734-033X)

※ 본 논문은 2017학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 연구된 것임.

Copyright© ICROS 2022

Article

Optimal Design of Permanent Magnet Synchronous Machine Based on Random Walk Method and Semi 3D Magnetic Equivalent Circuit Considering Overhang Effect

Su-min Kim ¹, Woo-Sung Jung ¹, Woo-Hyeon Kim ², Tae-Kyoung Bang ³, Dae-Hyun Lee ⁴, Yong-Joo Kim ⁴ and Jang-Young Choi ^{1,*}

¹ Department of Electrical Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

² R&D Traction Machine Development Team, Hyundai Elevator, Chungju 27329, Korea

³ Advanced Brake System Engineering Cell, Hyundai Mobis, Yongin 16891, Korea

⁴ Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

* Correspondence: choi_jy@cnu.ac.kr



Citation: Kim, S.-m.; Jung, W.-S.; Kim, W.-H.; Bang, T.-K.; Lee, D.-H.; Kim, Y.-J.; Choi, J.-Y. Optimal Design of Permanent Magnet Synchronous Machine Based on Random Walk Method and Semi 3D Magnetic Equivalent Circuit Considering Overhang Effect. *Energies* **2022**, *15*, 7852. <https://doi.org/10.3390/en15217852>

Academic Editor: Zisis Samaras

Received: 1 September 2022

Accepted: 21 October 2022

Published: 23 October 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Permanent magnet synchronous machines (PMSMs) with an overhang structure can increase power density by compensating for the increased magnetic energy of permanent magnets. To analyze the overhang structure, a three-dimensional (3D) analysis of PMSMs is essential. However, 3D analysis takes a long time and the modeling process is complicated in the initial design stage. To overcome these problems, a magnetic equivalent circuit technique is applied to the 2D model. In this paper, an optimal design method for PMSMs with an overhang structure is proposed based on the semi 3D magnetic equivalent circuit (MEC) and random walk method. By using semi 3D MEC, it is possible to quickly analyze PMSM and obtain accurate electromagnetic analysis results considering the overhang effect. Moreover, the volume and weight of PMSM can be minimized by optimizing the rotor's four design parameters using a random walk algorithm. To obtain high efficiency, the objective function is selected so that copper loss is minimized under the same constraints. The validity of the proposed design technique is verified by comparing the analysis results of semi 3D MEC and 3D finite element method for the derived optimal model.

Keywords: optimization techniques; semi 3D magnetic equivalent circuit; design method; overhang structure; random walk algorithms; permanent magnet synchronous motor

1. Introduction

Permanent magnet synchronous motors (PMSMs) with high energy density can improve system performance with high efficiency and high power density. To compensate for leakage flux such as the fringing effect and achieve high power density, an overhang design technique in which the rotor is designed to be relatively thicker than the thickness of the stator that is applied to PMSM. The three-dimensional (3D) finite element method (FEM) is essential to analyze the overhang structure. The 3DFEM has reliable analysis results but requires a lot of analysis time. Therefore, in the initial design and optimal design of PMSM with numerous design variables, analysis using FEM is time-consuming and insufficient to obtain insight between design variables and performance.

To efficiently design PMSM to solve these problems, it is necessary to study accurate and fast analysis techniques. Various studies on the electromagnetic analysis of PMSM with an overhang structure have been conducted [1–3].

Two methods are mainly applied to the electromagnetic analysis of the overhang structure: 3D FEM and magnetic equivalent circuit (MEC). Although the MEC is less accurate than the 3D FEM, it can obtain numerous results over a short period through fast analysis. With these advantages, electromagnetic analysis can be quickly performed in the initial design process.

BK21FOUR 전주기적 스마트농업 혁신기술 융복합 인재양성 교육연구단

2021년 국제학술대회(NAEIST) 개최

- 학 회 명 : New Agricultural Environment Innovated by Smart Technologies
- 일 시 : 2021. 7. 15.(목) 13:00 ~
- 장 소 : 충남대학교 농업생명과학대학 2호관 2205호
- 진행방법 : 실시간 온라인 줌(Zoom) 강의 및 오프라인 발표
- 행사일정

시 간	내 용		비 고
13:00~13:10	개회사		이승현 교수
13:10~13:25	축사		최종명 교수
13:25~13:30	사진촬영		
13:40~14:10	초청강의 1 (해외)		온라인
14:10~14:40	초청강의 2 (해외)		
14:40~15:10	초청강의 3 (해외)		
15:10~15:40	초청강의 4 (국내)		
15:40~16:10	초청강의 5 (국내)		
16:10~16:40	Break Time		휴식 및 이동
16:40~17:30	Session I '스마트농업 자원 및 기술' 구두발표 1~5 (농대 1호관 1208호)	Session II '스마트농업 기계시스템' 구두발표 6~10 (농대 2호관 2205호)	오프라인
17:30~17:40	폐회사		

Oral Presentation

Sesstion I : Smart Agricultural Resources and Technologies (E10-1 room.1208)

No	NAME	TITLE OF THESIS
1	Donghyun Jeon	Identification of SNPs and candidate genes associated with salt stress response of two Sorghum bicolor L. genotypes through RNA-seq analysis and evaluation of physiological response to salt stress
2	Hye-Min Byun	Taxonomic study of the subfamily Tortricinae (Lepidoptera: Tortricidae) from Korea
3	Bao Van Nguyen	Metabolic Engineering of Phenylpropanoid Biosynthesis in Hairy Root of Buckwheat (Fagopyrum spp.)
4	Zhengxing Song	Developing Radish mosaic virus viral vector based on its infectious clones to express CRISPR/Cas system for genome editing
5	Fanzhuang Yan	Genetic Engineering for Allergen-Free Tomatoes: Silencing of allergen alleles using CRISPR/Cas9 based Genome Editing System

Sesstion II : Smart Agricultural Mechanical Systems (E10-2 room.2205)

No	NAME	TITLE OF THESIS
1	Se-Hyun Kim	Ensemble species distribution modeling to predict the potential risk area of Vespa velutina nigrithorax (Hymenoptera:Vespidae)
2	Jun Hwi So	Numerical Analysis of Temperature Distribution in Refrigerated Truck Container Filled with Different Loading Pattern
3	Shafik Kiraga	Potential of weight measurement of individual Chinese cabbage using an impact sensor for real-time yield monitoring
4	Hary Kurniawan	Application of Dual Imaging Technique for Online Detection of Foreign Object in Fresh-cut Vegetables
5	Seung-Yun Baek	Analysis of Traction Performance for the Electric All-Wheel-Drive Tractor

Analysis of Traction Performance for the Electric All-Wheel-Drive Tractor

Seung-Yun Baek¹, Yong-Joo Kim^{1,2,*}

¹Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

²Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

*Correspondence: Yong-Joo Kim(babina@cnu.ac.kr)

Abstract

This study aimed to design and develop an electric all-wheel-drive (AWD) tractor and to evaluate its traction performance based on the power transmission (electric motor, helical gear reducer, planetary gear reducer, and wheels) and electric (battery pack and charging unit) systems. The load measurement system consisted of analog (current) and digital (battery voltage and rotational speed of the electric motor) components measured using a controller area network bus. Traction test was performed with a traction performance test device. The output torque of the motor during traction test is calculated using the current and torque curves provided by the company. The agricultural work performance was verified by comparing the torque and rpm curve of the motor with the reduction ratio applied. Traction was calculated using torque and specifications of the wheel, and traction performance was evaluated using tractive efficiency and dynamic ratio. The electric motor protected itself from damage by limiting output when slip occurred. These results suggest that comparing the conventional tractor with the electric AWD tractor in terms of agricultural performance and traction performance can elucidate the direction in which efforts should be made to improve the electric drive system in agriculture.

Keywords

Electric AWD tractor, Traction performance, Traction test, Load measurement system

Acknowledgments

This research was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry(IPET) through Advanced Agricultural Machinery Industrialization Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(321061-02)

Certificate of Participation

New Agricultural Environment Innovated by Smart Technologies

I. Smart technologies for plant production

This is to certify that Seung-Yun Baek has made oral presentation titled "Analysis of Traction Performance for the Electric All-Wheel-Drive Tractor" at the New Agricultural Environment Innovated by Smart Technologies.

July 15, 2021

Head of the Department of Smart Agriculture
Systems, Chungnam National University

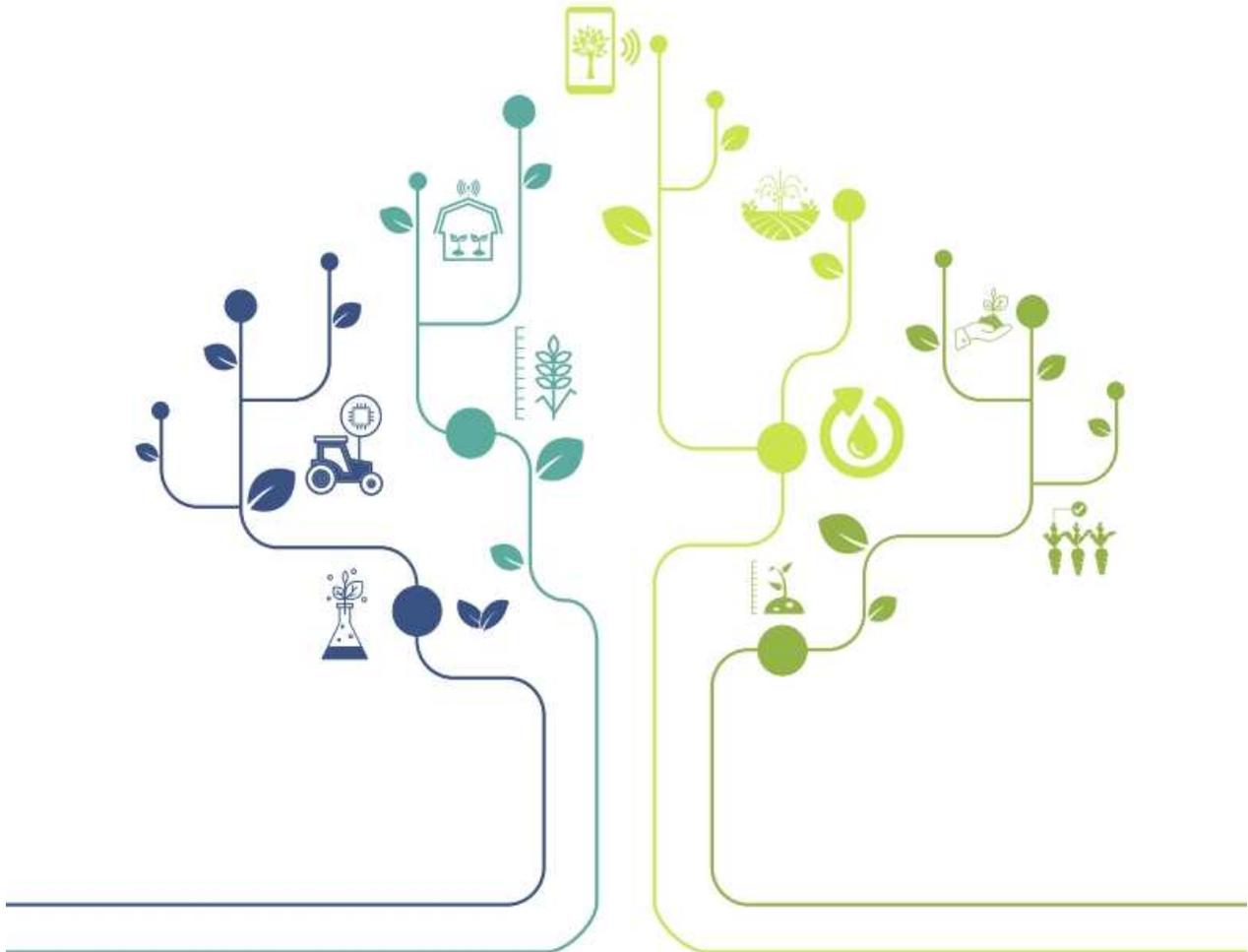
Byoung-Kwon Cho



(사)한국농업기계화정책연구원

2021 동계 학술대회 초록집

2021. 12. 29. (수)
[온라인 학술대회]



주관 **KAMPI** Korea Agricultural Mechanization Policy Institute

2021 동계 학술대회 발표 일정

구두발표 : 발표(12분), 질의(3분)

- 1 트랙터 유압펌프 내구성 평가방법 개발
한태호(농업기술실용화재단), 임류갑(농업기술실용화재단)
- 2 농작업에 따른 3점히치 시뮬레이션 모델 개발
김연수(한국생산기술연구원), 이상대(한국생산기술연구원)
- 3 마늘 수확 작업 시 트랙터 소요 동력 분석
강영선(한국농업기계화정책연구원), 이기택(한국농업기계화정책연구원)
- 4 견인시험 장치를 이용한 전기구동 AWD 플랫폼의 견인효율 및 견인계수 분석
정희종(주한국쓰리축)
- 5 경운작업에 따른 트랙터 평균출력비율 분석
김남혁(국제종합기계), 손모아(충남대학교)
- 6 자주식 무수확기의 계측 시스템 개발 및 부하 데이터 분석
이해나(희망농업기계), 강명수(충남대학교)
- 7 제조로봇 플랫폼의 프레임 구조해석 시뮬레이션 모델 개발
정희종(주한국쓰리축), 신석민(충남대학교)

2021 동계 학술대회 발표 일정

구두발표 : 발표(12분), 질의(3분)

- | | |
|----|---|
| 8 | 시뮬레이션을 통한 다목적 전기관리기 농작업 성능 평가
김택진(㈜티와이엠), 송예인(충남대학교) |
| 9 | 다목적 농작업 플랫폼의 동력전달 시뮬레이션 모델 해석
김택진(㈜티와이엠), 윤수영(충남대학교) |
| 10 | 트랙터 배기가스 계측 시스템 개발
김태범(디젤서비스코리아), 장준호(충남대학교) |
| 11 | 트랙터용 비례제어밸브 시뮬레이션 모델 개발
최지원(충남대학교), 김완수(충남대학교) |
| 12 | MFBD 방법을 이용한 트랙터 Frame-type ROPS의 FEA 분석
임류갑(농업기술실용화재단) |
| 13 | 유한요소법을 이용한 전기 추진 트랙터용 전동기의 설계 타당성 연구
방태경(충남대학교), 신호섭(충남대학교), 이훈기(충남대학교), 우종현(충남대학교),
최장영(충남대학교) |

제초로봇 플랫폼의 프레임 구조해석 시뮬레이션 모델 개발 Development of Frame Structure Analysis Simulation Model of Weeding Robot Platform

정희중^{1*}
cMKJ문g(CeMg)^{1*}

신석민²
S2문gP K문 Se문

¹(주)한국쓰리축사 구축구소

¹R&D사A문문KP 문g사 문g대KP.문문.WGwOA2j술b2c(7MKP문g)

²충남대학교사이오시중팀) 정공학과

²D문g문 학문PM문C문g C집01화문문A2 문문A2WK문A2A0i 사N0문A0대JA문문문WDO문gPA사C(3cWKP문g)

* E-i 0문g사A술20209- A0v문gPi

초록(Abstract)

본사석구는사제초로봇플랫폼의사선회작기에서따른사프정임사무조해석사시물정이선사모델을사개발하여사취약부사평가를사수행하였다.사시물정이선사모델g 사해사상농사소프트웨어인사AIC사 8.2사A문g2020W문ACIOMUS화)를사활용하여사개발되었으며사석결부사C 사프정임만을사태상으로서택적해석을사진행하였다.사브라켓사C 사프정임의사업질g 사5호PHcc0으로서설책하였고사A집학화집학문Pd는사해사DPI 문OA문 사설책하였으며사A집학화)는사A집0사E대) 학문5문문와사A집사E대) 학문5문문를사각각사0사 i i W사 i 로사설책하여사시물정이선)를사수행하였다.사하중사조건g 사제초로봇이사압사(사N의사힘으로서선회하는사동작으로서) 설책하였다.사시물정이선사결과)는사브라켓의사내측면에서사α .c7사A집P0으로서회대사응J 이)사나타났으며사외측면보다사내측면에서사압사3c배의사압힘응J 이)사작용하였다.사또한사시물정이선사결과)사해당사모델g 사압사f.f사N이상의사회전J 이)사발생하는사환경에서사브라켓사손이)사발생될)것으로서)사예측된다.사본사석구를사통해서제초로봇플랫폼의사선회작기에서)사다른사회대응J 이)사발생하는사부위는사브라켓의사내측면으로서)사평가되었고사WPI를사토대로사제초로봇사C 사선회작기에서)사회적설)정)사방)안을)사제)시)할)사)있)을)사)것)으로서)사)판)계)된다.

사사(Acknowledgement)

본)사)문)g 사)농)립)축)산)식)품)부)의)사)업)원)으로서)사)농)립)식)품) 구) 획)평)가)원)의)사)협)계)능) 정)산)기)연) 구)개)발)사)기)의)사)지)원)을)사)받)아)사)석)구)되)었)음)32(0α -02)

키워드(Keywords)

제초로봇W농작기W무조해석W유한요소해석W선회작기



궤도형 자율주행 로봇의 경로 추종 성능 향상을 위한 Speed-Planning과 Pure-Pursuit의 융합 알고리즘 연구

A Study on the Convergence of Speed Planning and Pure-Pursuit Algorithms to Improve Path-Following Performance of Autonomous Tracked Robots

제2회
국방로봇학회
학술대회
(22.9.5-7)

김봉상¹, 이규호¹, 문희창^{2*}

1) 홍익대학교 산업융합협동과정 자율주행 지능로봇 2) 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

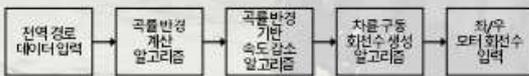
1. 서론

- 궤도로봇과 같은 차륜 구동(Differential drive)형태의 플랫폼 주행 시 목표 경로를 추종하기 위해 선속도 성분(v)과 각속도 성분(w)을 바탕으로 좌/우 모터의 회전수(rpm)으로 출력되며, 주행 및 조향을 모두 회전수 값으로만 제어한다.
- 궤도로봇과 같은 비정형 환경 주행이 목적인 로봇의 기구학적 모델이 단순하고 환경적인 외부 요인에 강한 Pure-pursuit 조합식 생성 알고리즘을 사용한다.
- 하지만 Pure-pursuit 알고리즘은 현재 로봇의 위치와 다음 목표 경로점 사이의 조향각만 생성하고 속도성분은 고려하지 않기 때문에 성밀한 경로 추종을 위해 개선이 필요하다.
- 본 연구에서는 전역 경로의 경로점(Waypoint)을 바탕으로 현재 로봇의 위치와 목표 경로점 사이의 곡률 반경을 이용하여 곡률에 따른 주행 속도를 계획하고 계획된 속도 값과 Pure-pursuit 제이기의 조향각을 융합하여 궤도형 로봇 플랫폼에 적합한 주행 알고리즘을 제안한다.

2. 구현 및 방법

2.1 개선된 궤도형 로봇 주행 알고리즘 구성

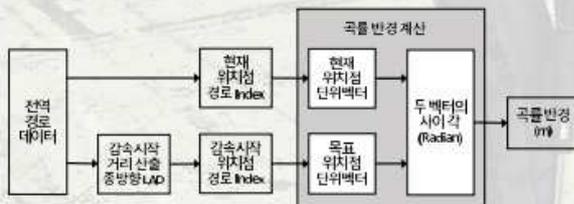
- 전역 경로의 경로점을 바탕으로 현재 로봇의 위치와 경로 목표점의 단위 벡터를 이용한 곡률 반경(m) 생성 알고리즘 구현
- 곡률 반경 값을 이용하여 곡률 반경 기반 주행 속도 감소 알고리즘 구현
- 목표 주행속도 값 설정하며 이때 속도 값은 최고 속도의 기준으로 사용
- 곡률반경 속도 결과값과 Pure-pursuit 알고리즘으로 생성된 조향각을 융합하여 좌/우 모터 회전수 출력



< 개선된 궤도형 로봇 주행 알고리즘 구성도 >

2.2 곡률 반경 계산 알고리즘

- 곡률 반경 계산 알고리즘의 경로 목표점은 곡선 진입 시 로봇이 감속 또는 조향을 시작하는 위치이며 현재 로봇의 위치를 기준으로 종방향 LAD(Look ahead distance)를 정의하고 이 때 종방향 LAD는 속도에 따라 변경될 수 있음
- 전역 경로 데이터에서 종방향 LAD에서 계산된 감속시작 위치점 Index와 현재 위치점 Index를 추출하고 추출된 값에 단위벡터를 곱한 뒤 Sin 법칙을 이용하여 곡률 반경을 생성



< 곡률 반경 계산 알고리즘 구성도 >

2.3 곡률 반경 기반 속도 감소 알고리즘

- 곡률 반경 기반 속도 감소 알고리즘은 경로 주행 중에 곡선 경로를 진입하면 감속하고 직선 경로에서는 다시 원래의 속도로 복귀하는 것을 목표
- 주행 속도를 구하기 위해 경로에 따른 임계속도 계산식을 사용하였음

$$v = \sqrt{R \cdot 127A(i + f)}$$

v: 임계속도 (km/h)
R: 곡률 반경 (m)
i: 주행도로의 편상치
f: 횡방향 마찰계수

* 본 연구는 농림수산식품부 첨단농기계산업기술개발사업의 '광 동 발 농작업 보조용 친환경중소형 제초로봇 개발(과제번호: 321051-22)'에 지원으로 연구되었음.

3. 실험 및 결과

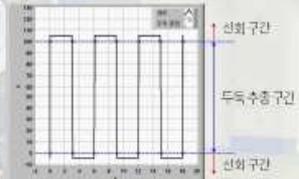
3.1 실험 환경

- 테스트 주행 플랫폼 사양



구분	단위	내용	
구동방식	-	전동식궤도 주행형	
외관 (상x폭x고)	mm	1500x1480x1650	
주행 모터	kW/ea	2/2ea(식 구동용)	
구동용 직경	km/tyea	2/2ea	
배터리	min	300(SOC 80%)	
가져 시양	주행속도(이동 착압)	kph	52/23
가져 중량	kg	500	
등반 능력	deg	20	
1회 충전시 이동거리	km	30 이상	

- 테스트 주행 환경: 공 발 노지(전북 김제시 광학면 신구암 404 첨단농기계실증단지)
- 두들 높이: 0.3 m / 두들 간 거리: 1.5 m
- 직선 주행 거리: 30 m / 선회 공간 거리: 3 m

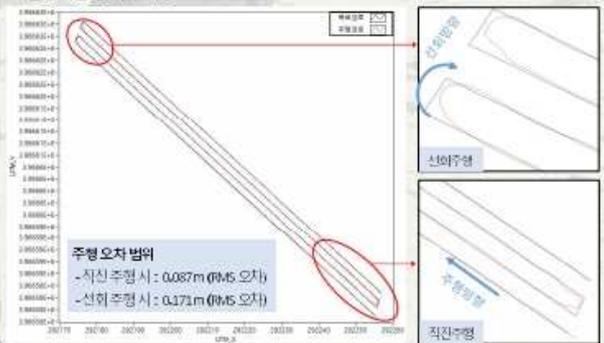


- 개선된 로봇 주행 알고리즘을 적용한 GPS 기반의 Waypoint 주행 테스트 설정
- 직선 주행 후 다음 두들로 선회하여 넘어가는 직각 사각 형태의 주행경로 생성
- 종방향 LAD: 1.5 m로 설정하였으며 두들 중심간 거리 1.5 m에 대해 선회 실시
- 주행 로봇은 선회 시 저시리회전을 하지 않고 연속주행 형태로 주행
- 입력 속도는 주행로봇의 착압 속도인 23 kph 이하
- 곡률 반경 기반 속도 알고리즘의 출력된 속도값의 최저값은 1 kph 미만으로 설정

- 테스트 주행 주행 결과

- 1) 알고리즘 미 적용 시
 - 직각 경로 추종할 때 선회 구간에서 감속하지 않아 선회 반경이 커짐
 - 현재 두들 중심에서 다음 두들의 중심으로의 선회가 불가능

- 2) 알고리즘 적용 시
 - 직각 경로 추종할 때 선회 구간 진입 시 감속 시작 (속도 범위는 1 ~ 23 kph)
 - Cutting Corner 현상이 발생하나 현재 두들 중심에서 다음 두들 중심으로 안정적인 선회가 가능



4. 결론

- 기존의 Pure-pursuit 알고리즘에서 속도계획을 추가한 것만으로도 주행 불가능한 현상을 선회 가능하도록 구현할 수 있었으며 이 연구에 대한 가능성을 확인함
- 종방향 LAD에 계수에 대한 것을 모델화하여 다양한 환경에서 적용할 수 있도록 보완
- 다양한 환경 및 조건에서 주행테스트를 진행하여 주행데이터를 확보하고 추후 로딩에 따른 횡방향 마찰계수 등 다양한 주행 환경성능을 반영하여 차륜 주행 로봇의 더욱 성밀한 경로 추종 알고리즘을 구현할 예정

Weakly Supervised Soy bean detection for Weeding robot

Soo-Hyun Cho¹, Seung-Woo Kang¹, Dae-Hyun Lee^{1*}

¹ Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

* Corresponding author. Email: leedh7@cnu.ac.kr

Abstract

This study was conducted to develop a weeding robot in upland, a major field cultivation crop in Korea. Images were collected in top view while traveling along the ridge, and a deep learning model was used to detect soybean from the background including soil, weed, etc. within the collected images. Weakly supervised learning was used to detect the soybean area in the image that can infer the target area implicitly with just classification training; thus, it has advantage for training models with less laborious annotation. In the test stage, soybean area was detected for each part of the entire image. The results show that, the loss was saturated after 100 iterations, and the inference time was 20fps that can detect the target soybean area in real time. The accuracy of soybean classification was found to be about 90% or more. Our approach shows high recognition rates in most areas, so it is good to be mounted on an unmanned weeding robot; however, further research is required on the partial accuracy degradation caused by distortion of real-time collected images and lack of reliability of some data.

Keywords: Weakly supervised learning, CAM, Soy Bean, Weeding Robot, Deep learning

1. Introduction

Agricultural robots are being researched and developed for various tasks. In particular, weed removal during Agricultural works takes a lot of labor and have to done repeatedly, so the introduction of Unmanned work is expected to have a high positive effect. For unmanned weeding work, it is most important to distinguish between crops and weeds, and fast and effective image recognition is required. Therefore, this study developed an weeding robot using a Weakly Supervised learning model that facilitates domain inference with little information and enables detection and learning with simple classification annotation for accuracy and speed of detection.

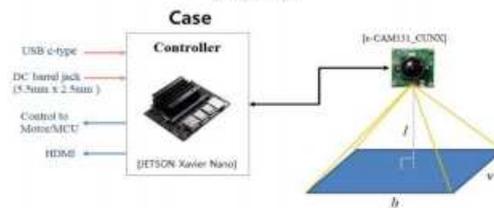
2. Materials and Methods

2.1. Collecting Image Data

Image data were collected in Gimje-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea, using a real-time data collection device (Figure 1). The main specifications of the data collection device were GPU-based Jetson boards (NX Xavier, NVIDIA, USA) for image learning for embedded computers, and e-CAMs (e-Con Systems, USA) for cameras with a maximum resolution of 13.0 MP and capable of image collection at speeds of 20 to 120 fps. The collected video was extracted based on a certain frame, divided into a crop area and other areas, and used for

learning.

Figure 1. Collection device structure for image data collection



2.2. Weakly Supervised learning-based area detection

In the case of object detection, since classes of objects must be classified and even location information must be detected, data containing detection targets must be separately configured for learning. However, in the case of crop area detection, it is difficult to accurately judge due to the complex shape or ambiguous boundary with the surroundings. Therefore, in this study, Weakly Supervised learning method that enables object detection only with the presence or absence of an object in an image was used, and the model structure can be seen in Figure 2. The final feature map information from the Conv-filter was connected to the Global Average Pooling (GAP) to learn the importance of each feature map and visualized through the CAM. Among the configuration of the learning parameters, Cross-Entropy was used as the loss function, Adam Optimizer was used as the optimizer, and L2 regularization was used to prevent overfitting while learning 500 times at a learning rate of 0.001.

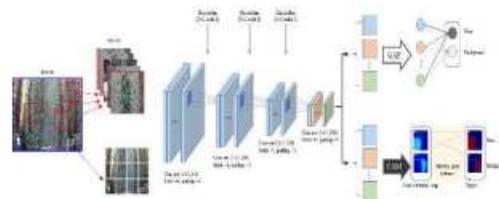


Figure 2. Structure of Crop Area Recognition Model Based on Ring Map Learning

2.3. Performance Evaluation

In the case of training data, it is important that all crops in the image are detected because the proportion of data in the background area is higher than that of the crop area. Precision and Recall are representative methods mainly used when the proportion of data is unbalanced. In this study, the detection of the area of the crop at the time of repetition of learning was evaluated using the Accuracy and Recall. In addition, the detection performance of the

crop area was evaluated by continuously inputting the images collected in real time as shown in Figure 3.



Figure 3. Visualize Soy Bean Area Recognition Results of Continuous Image Inputs

3. Results and Discussion

3.1. Results

In the learning of the Soy bean area detection model, the loss gradually decreased according to repetition(Figure 4a), through which it was possible to classify the soybean and surrounding areas. As a result of evaluating Soy bean area detection using the Recall(Figure 4b), the level was finally 0.85.

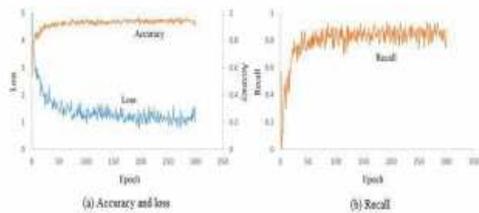


Figure 4. Losses and Accuracy and Reproducibility of Repeated Learning

The Soy bean area was recognized in real time through Weakly Supervised learning and CAM information, and the real-time collected images were continuously input through lightening of the economic recognition model to count frame per second (fps) processed from image input to completion of Soy bean area detection.(Figure 5)

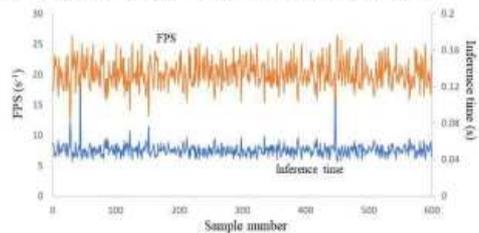


Figure 5. Performance of lightweight and optimized models

4. Conclusions

In this study, crop areas were recognized using Soy bean field images measured in real-time fields, and most of the areas were smoothly recognized and mounted on a herbicide to show practical applicability, but in some cases, accuracy was degraded due to lack of reliability of data labels. In addition, in the case of the image used for learning, it was confirmed that the detection accuracy was poor when the growth of soybeans and weeds was progressed to some extent because it was composed of only soybeans in the early stage of growth. In the future, it is judged that detection performance can be optimized by learning various distributions of image data, and it is necessary to develop technologies to expand FOV and improve absolute position prediction accuracy over time.

Acknowledgements

This result was studied by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs with the support of the Advanced Agricultural Machinery Industrialization Technology Development Project (Task No. 321061-2) of the Agricultural Food Technology Planning and Evaluation Institute

References

Choi et al., 2015. Morphology-based guidance line extraction for an autonomous weeding robot in paddy fields. *Computers and Electronics in Agriculture* 113, 266-274.

Zhang et al., 2017. A visual navigation algorithm for paddy field weeding robot based on image understanding. *Computers and Electronics in Agriculture* 143, 66-78.

Zwen et al., 2015. Study review and analysis of high performance intra-row weeding robot. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 31(5), 1-8.

Proceedings of the KSAM 2022 Spring Conference

2022년 춘계 공동학술대회 초록집

Vol.27. No.1

2022.4.29(금) 국립농업과학원 농업공학부 강당(6층)



주최  (사)한국농업기계학회
Korea Society for Agricultural Machinery

 BK21 서울대학교 글로벌 스마트팜
혁신인재양성 교육연구단

 BK21 중남대학교 전주기적 스마트농업
혁신기술 융복합 인재양성 사업단

 BK21 IT-Bio융합시스템농업교육연구단
Center for IT-Bio Convergence System Agriculture

 I'M스마트팜
혁신인재양성 교육연구단

P5-16	272	식물 공장의 다양한 광 환경에서 식물 영상 분리를 위한 인덱스 성능 비교 Comparison of index for plant segmentation under various light environments of plant factories 신영현, 조우재
P5-17	273	약지도 학습 기반 완숙 토마토 영역 검출 Weakly supervised learning based ripe tomato localization 강승우, 조수현, 이대현
P5-18	274	인공지능 학습을 통한 벼 직황정보 예측 Predicting the Rice Production based on AI Machine Learning 주한식, 신주원, 김동은, 김태원, 김성민, 이동훈, 조용진
P5-19	275	인공지능을 사용한 등검은말벌집 탐색 기술 연구 Study on Asian predatory wasp nest search technology using artificial intelligence 정유석, 진문석, 김수배, 김동원, 유승화, 김경철, 이시영, 최은찬
P5-20	276	접촉 기구 설계에 대한 연구 A Study on the Design of the Contact Mechanism 김산형, 정성윤, 민병호
P5-21	277	제초 로봇을 위한 분할 영상 기반 작물 인식 Patch image-based crop detection for an weeding robot 조수현, 강승우, 이대현
P5-22	278	주요 농업기계별 사고 발생 현황 Occupational injuries and damages by type of agricultural machinery 이민지, 최동원, 김경수
P5-23	279	초분광 영상을 이용한 꿀벌과 꿀벌응애의 분광 특성 구명 A Study on the Spectral Characteristics of Honeybees and Varroa Jacobsoni Using Hyperspectral Images 한형우, 김민지, 이종규, 김수배, 이기영, 오창현
P5-24	280	축산시설 내부 환경 예측을 위한 머신러닝 적용 연구 Machine learning application for predicting internal environments of livestock houses 이상연, 김준규, 최경배, 정호희, 김슬미, 이인복
P5-25	281	캠의 형상설계 및 운동 해석 Analysis of Cam Shape Design and Motion 정성윤, 김산형, 민병호
P5-26	282	플라이휠의 형상설계 및 운동 해석 Analysis of Flywheel Shape Design and Motion 정성윤, 김산형, 민병호

제초 로봇을 위한 분할 영상 기반 작물 인식 Patch image-based crop detection for an weeding robot

조수현¹ 강승우¹ 이대현^{1*}
Soo-Hyun Cho¹ Saung-woo Kang¹ Dae-Hyun Lee^{1*}

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과

Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University,
Daejeon, Korea

초록(Abstract)

지속적인 농업 인구의 고령화 가속 문제 및 세계적인 인구증가에 따른 농업 생산량 확보의 어려움 등을 해결하기 위해서는 농업 노동력 확보가 중요하며 현실적인 대안으로 무인화, 자동화 등의 기술적 접근이 필요하다. 콩은 국내 주요 노지 재배 작물이며, 노동력의 대부분이 제초작업에 투입되므로 이를 무인화한다면 농업 문제 대응뿐만 아니라 기술 경쟁력 확보도 가능하다. 따라서, 본 연구에서는 콩 밭 제초로봇 개발을 위한 기초연구로 영상 내 콩 작물의 영역을 인식하였다. 콩 작물 인식을 위해 개발된 제초 로봇의 중심부에 영상 수집 장치를 설치하여 주행 중 실시간 콩 작물 영상을 수집하였으며, 영상 내 콩 작물 인식은 딥러닝 모델을 활용하였다. 딥러닝 모델 학습은 분류 학습으로 내재적인 영역 정보 추론이 가능한 약지도 방식을 이용하였으며, 학습 후 영역 검출은 전체 영상을 분할하며 CAM 작성 및 임계치 처리를 통해 좌표를 검출 후 다시 분할 영상을 통합하는 방법으로 수행되었다. 모델 학습 결과 손실함수는 100회 반복 이후 포화되었으며, 이때 기중치를 이용하여 콩 작물을 검출한 결과 정확도는 약 90% 이상으로 나타났다. 본 연구를 통해 개발된 콩 작물 인식 기술의 실제 시스템 적용을 위해서는 촬영된 영상의 왜곡 보정 및 좌표 변환을 통한 실제 좌표화 및 정확한 라벨링 기반의 학습모델 신뢰성 향상이 필요할 것으로 판단된다.

키워드(Keywords)

콩, 딥러닝, 제초로봇, 분할영상, 약지도 학습

사사(Acknowledgement)

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획기원의 첨단농기계산업화기술개발사업(과제번호:321061-2)의 지원을 받아 연구되었음

*교신지사: 이대현(leech7@cnu.ac.kr)

Proceedings of the KSAM & ARCs 2022 Autumn Conference

2022년 추계 공동학술대회 초록집

Vol.27. No.2

2022.11.2(수)~11.4(금) 대구 EXCO



주최  (사)한국농업기계학회
Korea Society for Agricultural Machinery

 스마트팜 연구센터
Smart Farm Research Center

 발농업기계개발연구센터
UPLAND-FIELD MACHINERY RESEARCH CENTER

[좌장 : 조우재 교수(경상국립대)]

- | | |
|-------------|--|
| 16:00~16:12 | 159 가변형 UAV 살포 제어기 개발을 위한 실내 비행 시뮬레이션 기반의 살포 분포 특성 평가
Evaluation of Spray Distribution Characteristics Based on Indoor Flight Simulation for Development of Variable UAV Spray Controller
이드하타 사이몬 하프, 한철우, 유승화, 한웅철 |
| 16:12~16:24 | 160 Cage-free broiler counting and analysis of feeding and watering behavior based on improved YOLOv5 and DeepSORT.
하시어사, 감우영, 이경환 |
| 16:24~16:36 | 162 Active Path Planning Algorithm for Autonomous Mobile Robot Moving in Indoor Environment
첸 티안, 조창현, 파블로, 이경환 |
| 16:36~16:48 | 163 Lyapunov Controller for an Agricultural Four-Wheel Independent Mobile Robot
파블로, 첸티안, 이경환 |
| 16:48~17:00 | 164 다목적 플랫폼의 유압 동력 전달 시스템 시뮬레이션 모델 개발
Development of hydraulic transmission system simulation model for multi-purpose platforms
서종민, 전현호, 백승민, 백승윤, 이준호, 김용주 |
| 17:00~17:12 | 165 아스팔트 및 노지 조건 내 전동 잡초 제거 로봇 주행 부하 분석
Load Analysis of Electric Driving System of Weeding Robot During Driving in Asphalt and Paddy Field Condition
최지원, 백승윤, Md Abu Ayub Siddique, 김용주 |
| 17:12~17:24 | 166 밭 농작업용 전기 플랫폼의 다물체 동역학 시뮬레이션 모델 개발
Development of Multi-Body Dynamics Simulation Model for Upland Electric Platform
윤수영, 박민중, 김용주 |
| 17:24~17:36 | 167 Volumetric yield prediction of Chinese cabbage using CCD camera
구란디즈 아스리푸자만, 카비르 사지드, 레자 나심, 알리 모하미드, 정선욱 |
| 17:36~17:48 | 169 Effect of boom height and operating pressure on spray uniformity and distribution under test bench experiment
카비르 사지드, 구란디즈 아스리푸자만, 레자 나심 |
| 17:48~18:00 | 170 Impact Of Variability In Dynamic And Solar Intensity On Ground Canopy Sensors Detecting Vegetation Indices
하에 아스리움, 레자 나심, 하비라자 알라메델, 강영호, 이경도, 정선욱 |

아스팔트 및 논지 조건 내 전동 잡초 제거 로봇 주행 부하 분석 Load Analysis of Electric Driving System of Weeding Robot During Driving in Asphalt and Paddy Field Condition

최시원¹
Se-Won Choi¹

백승윤²
Seung Yun Baek²

Md Abu Ayub
Siddique¹

김용주^{1,2*}
Yong-Joo Kim^{1,2*}

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과

¹Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University,
Daejeon, Korea

²충남대학교 스마트농업시스템학과

²Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Daejeon,
Korea

초록(Abstract)

본 연구는 전동 잡초 제거 로봇 개발을 위한 기초 연구로써 포장도로와 논지 주행 시 주행 장치의 부하를 측정하고 사용 가능성을 분석하였다. 주행 장치의 동력전달시스템은 모터, 감속기, 구동 스프로킷 휠로 구성되었다. 모터의 최대출력은 4 kW, 감속기의 기어비는 22.07, 스프로킷의 지름은 195 mm로 제원을 설정하였다. 주행 테스트는 전라북도 진주시 덕진구 농생명로 310(127°36.66", 35°49'44.67")에 위치한 주행시험장에서 실시하였다. 필드 테스트는 전라북도 김제시 평활면 창제리 1097-2(126°42'30.46", 35°49'22.66")에 위치한 밭에서 수행하였다. 전동 잡초 제거 로봇의 계측 데이터는 주행 및 필드 조건에서 모터 속도, 토크, 전류, 배터리 SOC이며, 실시간으로 데이터를 수집 및 분석하였다. 테스트 결과, 포장도로 주행 조건에서의 평균 모터 전류값과 모터 토크 값은 5.7 A, 3.5 Nm이며 논지 주행 조건에서의 평균 모터 전류값과 모터 토크값은 10 A, 5.4 Nm으로 나타났다. 데이터 추출 결과, 모터 전류값과 모터의 토크 값 그래프 개형이 유사하게 나타남을 확인하였다. 본 연구의 결과는 잡초 제거 로봇의 전동화에 기여할 수 있을 것으로 기대되며, 향후 농업기계 전동화 관련 연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

키워드(Keywords)

잡초 제거 로봇, 전기 파워트레인, 차축 토크

사사(Acknowledgement)

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 첨단농기계산업기술개발사업(321061-2) 및 기술사업화지원사업(821014-03)의 지원을 받아 연구되었음

*교신저자: 김용주(habina@cnu.ac.kr)



등록특허 10-2266826



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월18일

(11) 등록번호 10-2266826

(24) 등록일자 2021년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B62D 55/06 (2006.01) A01B 51/02 (2006.01)
B66F 7/06 (2006.01) B66F 7/28 (2006.01)

(52) CIP특허분류
B62D 55/06 (2013.01)
A01B 51/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0009840

(22) 출원일자 2021년01월25일

심사청구일자 2021년01월25일

(56) 선행기술조사문헌

JP04045108 U*

KR1020160033348 A*

KR1020190091651 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 한국쓰리축

광주광역시 광산구 평동로913번길 8 (월전동)

(72) 발명자

오용근

전라남도 장성군 동화면 원남평길 15-21

정희중

광주광역시 남구 회재로1186번길 52 현대아파트
101동 402호

(74) 대리인

이충한

진재 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 이광제

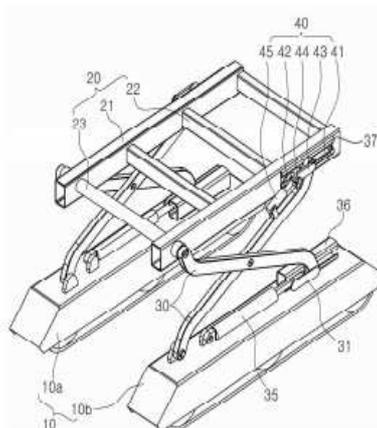
(54) 발명의 명칭 **능동형 차고조절장치가 구비된 농업용 케도차량**

(57) 요약

본 발명은 케도형 주행장치의 구동륜이 모터에 의해 작동되도록 함과 아울러 모터 구동원이 구비된 주행부 프레임이 유압 실린더에 의해 승강 가능하게 구성함으로써 작업 및 주행의 안정성을 확보하고 차고의 조절이 가능한 능동형 차고조절장치가 구비된 케도차량에 관한 것으로,

구동륜을 구동하기 위한 자체 구동원이 구비된 한 쌍의 케도형 주행장치; 작업을 위한 작업장치가 배치되는 주행부 프레임; 케도형 주행장치의 상부에 구성되어 주행부 프레임을 지지하는 프레임 지지대; 케도형 주행장치에 설치되는 X형 링크로 구성되어 주행부 프레임을 승강시키는 승강장치; 및 주행부 프레임의 측부에 설치되어 승강장치가 움직이지 않도록 고정하거나 고정을 해제하는 높낮이 고정수단;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) C/C특허분류

B66F 7/065 (2013.01)

B66F 7/28 (2013.01)

B60Y 2200/22 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1545023227
과제번호	321061021SB010
부처명	농림축산식품부
과제관리(전문)기관명	농림식품기술기획평가원
연구사업명	첨단 농기계 산업화 기술개발
연구과제명	콩 등 밭 농작업 보조용 친환경 중소형 제초 로봇 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)한국쓰리축
연구기간	2021.04.01 ~ 2022.12.31

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.09.07
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2021-0118755 (접수번호 1-1-2021-1032386-33)
(DAS접근코드16B9)
출원인명칭 충남대학교산학협력단(2-2004-008410-4)
대리인성명 이충한(9-2013-001988-2)
발명자성명 김용주 백승윤
발명의명칭 4륜 구동 트랙터의 수소연료전지 플랫폼

특 허 청 장

<< 안내 >>

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

2021-09-07

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【출원구분】	특허출원
【출원인】	
【명칭】	충남대학교산학협력단
【특허고객번호】	2-2004-008410-4
【대리인】	
【성명】	이충한
【대리인번호】	9-2013-001988-2
【포괄위임등록번호】	2021-057535-2
【발명의 국문명칭】	4륜 구동 트랙터의 수소연료전지 플랫폼
【발명의 영문명칭】	Hydrogen Fuel Cell Platform for Four Wheel Drive Tractors
【발명자】	
【성명】	김용주
【성명의 영문표기】	KIM, Yong Joo
【주민등록번호】	770301-1XXXXXX
【우편번호】	30147
【주소】	세종특별자치시 국책연구원1로 15 새생마을9단지 중흥리버 뷰1차 901동 303호
【발명자】	
【성명】	백승훈

28-1

28-25

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.12.21
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2021-0183823 (접수번호 1-1-2021-1480244-00)
(DAS접근코드94E9)
출원인명칭 주식회사 한국쓰리축(1-2009-002228-0)
대리인성명 일충한(9-2013-001988-2)
발명자성명 정희중 홍현호 정찬영
발명의명칭 구간조간제초유닛부를 포함하는 제초 로봇

특 허 청 장

<< 안내 >>

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

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.12.21
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2021-0183794 (접수번호 1-1-2021-1480116-64)
 (DAS접근코드3862)
 출원인명칭 주식회사 한국쓰리축(1-2009-002228-0)
 대리인성명 일충한(9-2013-001988-2)
 발명자성명 정희종 일충열 김경환 정설인
 발명의명칭 제조 로봇의 자율 주행 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

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

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.12.21
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2021-0183844 (접수번호 1-1-2021-1480357-50)
 (DAS접근코드6BE8)
 출원인명칭 주식회사 한국쓰리축(1-2009-002228-0)
 대리인성명 일충한(9-2013-001988-2)
 발명자성명 마세현 정희종 일법성
 발명의명칭 무한궤도형 주행부를 포함하는 제초 로봇

특 허 청 장

<< 안내 >>

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

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2022.06.21
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2022-0075398 (접수번호 1-1-2022-0645854-11)
 (DAS접근코드38B3)
 출원인명칭 유한회사 원진기계(1-2007-001331-0)
 대리인성명 일충한(9-2013-001988-2)
 발명자성명 박성제 최태룡
 발명의명칭 제조로봇용 제조장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

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



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월29일
(11) 등록번호 10-2483202
(24) 등록일자 2022년12월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01D 34/00 (2006.01) B25J 11/00 (2006.01)
B25J 13/08 (2006.01) B25J 19/02 (2006.01)
B25J 9/00 (2006.01) B25J 9/16 (2006.01)
A01D 101/00 (2006.01)
- (52) CIP특허분류
A01D 34/008 (2013.01)
A01D 34/001 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-0111691
- (22) 출원일자 2022년09월02일
심사청구일자 2022년09월02일
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020190031391 A*
(뒷면에 계속)
- (73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (공동, 충남대학교)
- (72) 발명자
김용주
대전광역시 서구 둔산로 155 크로비아아파트 109동 901호
백승민
대전광역시 유성구 온천로107번길 19, 해나래오피스텔 1305호
윤수영
충청남도 공주시 신금2길 17 현대원스튜디오아파트 507동 602호
- (74) 대리인
이창한

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 박형욱

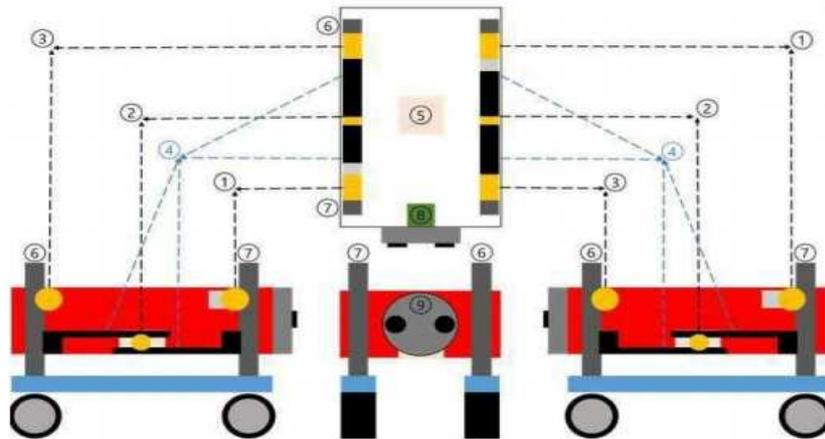
(54) 발명의 명칭 제조 로봇의 기계식 능동 리프팅 시스템

(57) 요약

본 발명은, 자세 측정 센서를 통해서 제조 로봇의 기울기를 측정하고, 측정된 기울기를 바탕으로 카메라 돌림판을 구동시켜, 한 쌍의 카메라를 작물과 수직하도록 위치시키며, 제조 로봇 전방에 설치된 한 쌍의 카메라를 이용하여 작물 높이를 계산하여, 계산된 작물 높이에 적절하게 모터에 연결된 리니언을 회전시켜 구동 레그를 상승

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



등록특허 10-2483202

하강시키며, 설정된 높이가 맞추어지면 잠금 장치인 피니언을 작동시켜 짐급 레크를 고정시키는 것에 의하여, 제조 로봇의 높이를 조절하는, 제조 로봇의 기계식 능동 리프팅 시스템에 관한 것으로, 제조 로봇의 내부에 장착되어, 지면에 대한 제조 로봇의 기울기(yaw)를 측정하는 자세 측정 센서(5)와, 제조 로봇의 전방에 장착되는 한 쌍의 카메라(10)를 갖는 카메라 돌림판(9)과, 상기 자세 측정 센서(5)에 의해 측정된 제조 로봇의 기울기(yaw)와 반대 기울기(yaw)로 상기 카메라 돌림판(9)을 회전시키는 돌림판 구동 모터(8)와, 상기 한 쌍의 카메라(10)에 의해 촬영된 영상에 의하여 설정되는 제조 로봇의 높이로, 상기 제조 로봇의 높이를 제어하는 높이 제어 모듈과, 상기 높이 제어 모듈을 구동 제어하는 모듈 제어 모터(비도시)로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 제조 로봇의 기계식 능동 리프팅 시스템에 관한 것이다.

(52) CIPC특허분류

B25J 11/00 (2013.01)
B25J 13/08 (2013.01)
B25J 19/02 (2013.01)
B25J 9/0009 (2013.01)
B25J 9/1664 (2013.01)
A01D 2101/00 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2006131207 A
 KR1020200095225 A
 KR102227167 B1
 KR1020110114975 A*
 US20210009219 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1545023227
과제번호	321061021SB010
부처명	농림축산식품부
과제관리(전문)기관명	농림식품기술기획평가원
연구사업명	첨단농기계산업화기술개발(R&D)
연구과제명	콩 등 밭 농작업 보조용 친환경 증소형 제조 로봇 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)한국쓰리축
연구기간	2021.04.01 ~ 2022.12.31

발송번호: 9-5-2022-025740873
발송일자: 2022.04.05.

수신 서울특별시 서초구 서초중앙로 52, 영진벤처빌딩 3층 (서초동)(라운국제특허법률사무소)

이충한 귀하(귀중)

06640

특 허 청 특허결정서

출원인	성명	주식회사 한국쓰리축 (특허고객번호: 120090022280)
	주소	광주광역시 광산구 평동로913번길 8 (월전동)
대리인	성명	이충한
	주소	서울특별시 서초구 서초중앙로 52, 영진벤처빌딩 3층 (서초동)(라운국제특허법률사무소)
발명자	성명	정희중
	주소	광주광역시 남구 회재로1186번길 52 현대아파트 101동 402호
발명자	성명	홍현호
	주소	광주광역시 남구 대남대로223번길 10, 주월양우내안애 프레스티지 101동 704
발명자	성명	정찬영
	주소	전라남도 나주시 한빛로 91, 이노시티애시앙1단지 1112동 603호
출원번호	호	10-2021-0183823
발명의 명칭	청구항	주간조간제초유닛부를 포함하는 제초 로봇
	수	5

이 출원에 대하여 특허법 제66조에 따라 특허결정합니다.
(특허권은 특허료를 납부하여 특허법 제87조에 따라 설정등록을 받음으로써 발생하게 됩니다.)

[특기사항]

이 건 발명의 선출원에 대한 검색은 2022.04.01 까지 출원된 자료를 대상으로 하였으며, 이 날짜 이후 조약우선권 주장을 통해 진입하는 출원에 의한 특허법 제29조제3항 및 제4항 또는 제36조제1항 내지 제3항 위반 여부는 판단하지 아니하였습니다.

[참고문헌]

1. KR101153857 B1
2. KR100318115 B1
3. KR101938660 B1
4. KR1020070027152 A
5. KR101706061 B1 끝.

2022.04.05.

특허청

특허심사기획국

식품생물자원심사과

심사관 박형욱

박형욱 

<< 안내 >>

【 분할 출원 및 전자등록증 발급 】

1. 출원인은 이 특허결정서를 송달받은 날로부터 3개월 이내의 기간(다만, 특허법 제79조에 따른 설정등록을 받으려는 날이 3개월보다 짧은 경우에는 그 날까지의 기간)에 분할출원을 할 수 있습니다.
2. 2018. 7. 1. 설정 등록부터는 특허로(<http://www.patent.go.kr>)에서 「전자등록증 신청」을 사전에 하거나, 납부서(특허권 등의 등록령 시행규칙 별지 제25호 서식)에 등록증 수령 방법을 전자문서 수령으로 선택하면 「전자등록증 수신함」을 통해 전자등록증 파일을 내려 받을 수 있습니다. 만약, 전자등록증을 사전에 신청하지 않고 동봉된 납입고지서로 설정등록료를 납부하면 기존과 동일하게 서면 등록증으로 발급됩니다.

※ 위에서 안내한 후속 절차 또는 신청 서식 등에 관한 사항은 특허고객상담센터 ☎1544-8080로, 이 통지서 내용에 대한 사항은 특허청 ☎042-481-3407(담당심사관 박형욱)로 문의하시기 바랍니다.

※ 특허로(www.patent.go.kr) 또는 특허청(www.kipo.go.kr) 홈페이지를 방문하시면 심사 진행 상황, 서류 제출 및 절차에 관한 보다 많은 정보를 제공받을 수 있습니다.
(특허청) 우 35208 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)

발송번호: 9-5-2022-026427360

발송일자: 2022.04.07.

수신 서울특별시 서초구 서초중앙로 52, 영진벤처빌딩 3층 (서초동)(라온국제특허법률사무소)

이충한 귀하(귀중)

06640

특 허 청 특허결정서

출원인	성명	주식회사 한국쓰리축 (특허고객번호: 120090022280)
	주소	광주광역시 광산구 평동로913번길 8 (월전동)
대리인	성명	이충한
	주소	서울특별시 서초구 서초중앙로 52, 영진벤처빌딩 3층 (서초동)(라온국제특허법률사무소)
발명자	성명	정희중
	주소	광주광역시 남구 회재로1186번길 52 현대아파트 101동 402호
발명자	성명	이충열
	주소	광주광역시 서구 시청로 27 상우광명메이루즈 101동 402호
발명자	성명	김경환
	주소	광주광역시 북구 양산택지소로 20 양산지구현진에버빌 104동 901호
발명자	성명	정철인
	주소	전라남도 함평군 월야면 백야길 16-30
출원번호	호	10-2021-0183794
발명의 명칭	청구항	제초 로봇의 자율 주행 시스템
	항수	7

이 출원에 대하여 특허법 제66조에 따라 특허결정합니다.
(특허권은 특허료를 납부하여 특허법 제87조에 따라 설정등록을 받음으로써 발생하게 됩니다.)

[특기사항]

이 건 발명의 선출원에 대한 검색은 2022.04.06 까지 출원된 자료를 대상으로 하였으며, 이 날짜 이후 조약우선권 주장을 통해 진입하는 출원에 의한 특허법 제29조제3항 및 제4항 또는 제36조제1항 내지 제3항 위반 여부는 판단하지 아니하였습니다.

[참고문헌]

1. KR101938660 B1
2. KR100318115 B1
3. KR1020190108530 A
4. JP2021013337 A
5. US20200041601 A1

- 6. US09420741 B2
- 7. KR1020070027152 A 끝.

2022.04.07.

특허청

특허심사기획국

식품생물자원심사과

심사관 박형욱

박형욱 

<< 안내 >>

- 【 분할 출원 및 전자등록증 발급 】**
1. 출원인은 이 특허결정서를 송달받은 날로부터 3개월 이내의 기간(다만, 특허법 제79조에 따른 설정등록을 받으려는 날이 3개월보다 짧은 경우에는 그 날까지의 기간)에 분할출원을 할 수 있습니다.
 2. 2018. 7. 1. 설정 등록부터는 특허로(<http://www.patent.go.kr>)에서 「전자등록증 신청」을 사전에 하거나, 납부서(특허권 등의 등록령 시행규칙 별지 제25호 서식)에 등록증 수령 방법을 전자문서 수령으로 선택하면 「전자등록증 수신함」을 통해 전자등록증 파일을 내려 받을 수 있습니다. 만약, 전자등록증을 사전에 신청하지 않고 동봉된 납입고지서로 설정등록료를 납부하면 기존과 동일하게 서면 등록증으로 발급됩니다.
- ※ 위에서 안내한 후속 절차 또는 신청 서식 등에 관한 사항은 특허고객상담센터 ☎1544-8080로, 이 통지서 내용에 대한 사항은 특허청 ☎042-481-3407(담당심사관 박형욱)로 문의하시기 바랍니다.
- ※ 특허로(www.patent.go.kr) 또는 특허청(www.kipo.go.kr) 홈페이지를 방문하시면 심사 진행 상황, 서류 제출 및 절차에 관한 보다 많은 정보를 제공받을 수 있습니다.
(특허청) 우 35208 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)

발송번호: 9-5-2022-026427416
발송일자: 2022.04.07.

수신 서울특별시 서초구 서초중앙로 52, 영진벤처빌딩 3층 (서초동)(라온국제특허법률사무소)

이충한 귀하(귀중)

06640

특 허 청 특허결정서

출원인	성명	주식회사 한국쓰리축 (특허고객번호: 120090022280)
	주소	광주광역시 광산구 평동로913번길 8 (월전동)
대리인	성명	이충한
	주소	서울특별시 서초구 서초중앙로 52, 영진벤처빌딩 3층 (서초동)(라온국제특허법률사무소)
발명자	성명	마세현
	주소	경기도 화성시 동탄공원로 21-12 푸른마을포스코더샵2차 903동 2302호
발명자	성명	정희중
	주소	광주광역시 남구 회재로1186번길 52 현대아파트 101동 402호
발명자	성명	이법성
	주소	광주광역시 북구 임방울대로1041번길 15, 용두주공아파트 106동 1703호
출원번호	호	10-2021-0183844
발명의명칭	청구항수	무한궤도형 주행부를 포함하는 제조 로봇 2

이 출원에 대하여 특허법 제66조에 따라 특허결정합니다.
(특허권은 특허료를 납부하여 특허법 제87조에 따라 설정등록을 받음으로써 발생하게 됩니다.)

[특기사항]

이 건 발명의 선출원에 대한 검색은 2022.04.06 까지 출원된 자료를 대상으로 하였으며, 이 날짜 이후 조약우선권 주장을 통해 진입하는 출원에 의한 특허법 제29조제3항 및 제4항 또는 제36조제1항 내지 제3항 위반 여부는 판단하지 아니하였습니다.

[참고문헌]

1. KR1020170096412 A
2. JP2005198604 A
3. KR101153857 B1
4. KR1020150034996 A 끝.

기술실시 보고서						
(단위 : 원)						
연구개발과제 현황	사업명	첨단농기계산업기술개발사업		연구과제번호	320162-2	
	연구과제명	공 등 발 농작업 보조용 친환경 중소형 제초로봇 개발				
	연구개발기관 명	㈜한국쓰리축	연구책임자	정희종	참여기업명 (유)웅진기계	
	연구협약일	2021.04.01	연구기간	2021.04.01.~2022.12.31.(1년 9개월)		
	연구개발비	정부지원연구개발비 1,120,000,000원	기관부담연구개발비 176,800,000원	기타 (지자체) 300,000,000	계 1,596,800,000원	
기술실시계약 및 성과활용 현황	계약(활용)명	발 농작업 보조용 제초로봇				
	계약(활용)일	2023.01.01	실시(활용)기간	-		
	지재권 종류	특허등록	실시권 유형	직접실시		
	* 지재권이 특히(출원, 등 록)인 경우	명 칭				
		번 호				
	실시(활용)기관	기관명	㈜한국쓰리축		기관유형	소기업
		주 소	(62413) 광주 광산구 평동로913번길8		대 표 자	유구현
사업자번호		410-81-88992		전화번호	062-943-5460	
부서(담당자)		-		e-mail	-	
기 술 료	정액기술료		경상기술료		기타 조건	
	징수(예정)일	징수(예정)금액	착수기본료	징수(예정)일 징수(예정)금액		
			매출에 따 른 기술료	징수시작(예정)일	결산월	
				징수종료(예정)일	징수율	
	계				매출액의 ()%	
	기타특기사항					
<p>「농림축산식품 연구개발사업 관리기준」 제35조제3항에 따라 위와 같이 기술실시 내용을 보고 합니다.</p> <p>붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증빙자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부 (타기관으로 기술이전시), 3. 연구개발과제협약서 사본 1부(직접실시시).</p> <p style="text-align: center;">2022년 12월 28일</p> <p style="text-align: center;">주관연구개발기관 (주)한국쓰리축의 대표 유구현[직인]</p> <p>농림식품기술기획평가원장 귀하</p>						

[붙임 1]

□ 과제 개요 및 기술기여도

사 업 명	첨단농기계산업기술개발사업	과제번호	320162-2
연구개발과제명	콩 등 발 농작업 보조용 친환경 중소형 세초로봇 개발		
주관연구개발기관	(주)한국쓰리축	주관연구책임자	정 희 중
총 연구개발기간	2021.04.01 - 2021.12.31(1년9개월)	총 연구개발비	159.68백만원

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술 기여도	
								산정 근거	비율
콩 등 발 농작업 보조용 친환경 중소형 세초로봇 개발	A-1	한국쓰리축	중소기업 (영리)	706.8	530	0.7499	신규 기술개발	II-①	74.99%
	A-2	충남대학교 산학협력단	대학 (비영리)	190	190	1	신규 기술개발		-
	A-3	국립농업과학원	대학 (비영리)	200	200	1	신규 기술개발		-
	A-4	홍익대학교 산학협력단	대학 (비영리)	200	200	1	신규 기술개발		-
	A-5	(유)웅진기계	중소기업 (영리)	300	0	0	신규기술 개발		-
계				896.8	720	-	-	-	-

* 기술기여도는 산정방법(1p 가이드라인 참고) 및 산정방법에 따른 기여도를 작성하되, 기술기여도는 소수점 이하 셋째자리에서 반올림

* 단계·연차 종료시기에 관계없이 총 연구기간에 대한 총 연구개발비 및 정부지원연구개발비 작성

위 과제와 관련하여 기술기여도 산정근거를 상기와 같이 제출하며, 제출된 자료 일체 사실과 다름이 없음을 확인합니다.

2022년 12월 15일

주 관 연 구 기 관

(주)한국쓰리축

주관연구책임자

정희중 (인)

농림식품기술기획평가원장 귀하

<첨부3>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과제명	콩 등 밭 농작업 보조용 친환경 중소형 제초로봇 개발			
주관연구기관	(주)한국쓰리속	참여기관	(유)웅진기계, 국립농업과학원, 충남대학교산학협력단, 홍익대학교산학협력단	
연구책임자	정 희 종	연구기간	21년 04월 ~ 22년 12월(총 2년)	
총 정부출연금	720,000,000원			
해당 기술의 제품출시 유형				
신제품(제품출시 예정)	(0)	기존 제품 공정개선	()	
신제품(제품출시 완료)	()	기 타	()	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
농임용 무인 동력 제초기		두둑이 형성된 밭농임용 무인 동력제초기	23.03이내	74.99%
<p>• 첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수</p> <p style="text-align: center;">상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.</p>				

2022년 12월 27일

연구책임자 : 정 희 종 (서명  인)

교육 지도 확인서

교육 장소	전라북도 김제시 시험실증단지		
교육 및 건설탕명	제조로봇 자율주행 메카니즘 및 실사용교육		
참석자 (인적사항)	회사명	부서	성명
	김제시청 한국쓰리축	지역경제과 기술연구소	김경환 외 6명
	연락처	E-mail	교육 일시
			2022.09.19
교육 내용			
<p>(주)한국쓰리축에서 개발된 제조로봇에 대한 주행플랫폼의 자율주행 메카니즘과 센서의 배치 및 노지에서 자율주행 기법을 소개하였으며, 실제 GPS시스템에 의한 주행경로 데이터 산출과 경로주행 및 LiDar에 의한 두드인식 및 추종에 대한 소개교육을 실시함.</p> <p>또한 김제시청 지역경제과 업무담당자는 본 사업과제의 지지체비용을 지급한 주체로써 (유)용신기계의 제조유닛에 대한 성능평가와 대농민 보급을 위한 방안에 대한 현장 토의를 실시함.</p>			
증빙 사진			
			
			
기대 효과			
<p>본 교육을 통해 김제시청의 수행과제인 제조로봇에 대한 기술개발현황 및 수준에 대한 교육을 실시하였으며, 제품기능의 고도화 및 차후 대농민 보급을 위한 구체적 정책계획 수립의 기반을 마련한 것으로 판단됨.</p>			

본 교육은 농림축산식품부 첨단농기계산업기술개발사업(과제번호 : 321061-2)에 의해 수행되었음.

출 장 결 과 보 고

1. 고도화 관련사항 협의 출장

- 가. 출장일시 : 2022. 10. 31 (월) 1일간
 나. 출 장 자 : 정희중 부장
 다. 출장내용
 - 고도화 관련 주요소요사항

한국쓰리축	충남대학교	웅진기계
자율주행 제어 UI 다목적 작업기 탈착구조 - 제초, 방제, 운반등	영상인식 제어기 모듈화 구동모터 안정화 - 제초방식 변경	웅진사양용 제어기 개발 작업기 관련기술개발업 김제시 고도화에 따른 추가지원

- 본 과제 평가 이후 추가 진행 가능 사항검토 구체화 예정

2. 대구국제 농기자재 박람회 참가

- 가. 출장일시 : 2022. 11. 01 ~ 11. 05 [5일간]
 나. 출 장 자 : 정희중 부장, 이충열 차장
 다. 출장내용
 - 제품전시 및 홍보



[부스 설치 현황]

[제품 및 기술설명]

결과 - 기타 농기계[로봇] 분류에 의한 농기계 전시관이 아닌 기자재 전시관에 비치
 ※ 주관기관에 대한 해당사항에 대한 추후 시정조치 요청
 기간내 농업기계공업협동조합 이사장 및 대구지역 국회의원 다수 방문
 ※ 아세아텍 회장, 대구지연 의원, 스마트팜 관련 기자재 업체

- 경쟁 기술 시장조사



[ASIA 500]

[ASIA 500 살포노즐]

아세아텍 과수[포도밭]용 무인 주행약제 방제기
 - 과수용 SS기 시장점유 약 15%
 - 약제방제 및 후부 트레일러 설치에 의한 운반로봇으로 사용
 - 과수원 바닥에 Wire 매립 방식 [골프카드 유도원리와 동일]
 - 노즐 살포거리가 짧음 [3~5m]
 - 납산전지 사용 연속방제 3시간, 방전 후 완충시간 4시간 이상
 ※ 신호선 매립에 대한 거부감 및 약제분사성능으로 인한 수요증가 제한됨.

다. 출장내용



[XAG R150]



[XAG R150 살포노즐]

중국 드론업체 XAG社 병행수입제품

- 원격 및 gps에 의한 자율주행 [농경지에 대한 GPS map-data미확로 자율주행 제한
 - 액액탱크용량 100리터 노즐분사방식
 - 무부하 4시간 방제시 3시간 연속사용 가능
 - * RTK에 의한 자율주행 가능 [GPS특성상 과수원진입시 그늘에 의한 오차발생]
- 가장 자율주행에 가까운 시스템이며, 사용자 UI 간단함.

- 기타 LS 및 대동, 동양 자율주행 트랙터 및 직진주행 이앙기 전시

- 제품수요조사

가격 합리성	- 목표 판매가액 : 3,500만원 [VAT별도] → 1,000ha기준 1년 인건비 약 3,000만원으로 대치 가능성 충분함. 강원 및 제주지역 농가에서 비교적 관심도 높음
기술 신뢰성	- 6시간 충전 후 1회 사용시간 6hr[작업기준] - 국산 부품 및 국내 자체생산에 대한 신뢰 → 사후관리 성실 이행시 시범 사용 의향 있음 다수
사용 용이성	- 1회 원격주행에 의한 2회차 자율주행 또는 자율주행을 위한 기준좌표설정에 대한 작업부담 → XAG社 방식의 시스템 UI요구 ※ 기술개발 가능성을 검토 하여야 하나 농지 특성상 다변화 환경 및 두둑규격등 정보확보가 불가능 할 것으로 판단됨. - 1톤차량 적재 용이성

다시 도약하는 대한민국, 함께 잘사는 국민의 나라



농촌진흥청

국립농업과학원



농촌진흥청 60주년
농업혁신 60년, 국민행복 100년

수신 수신자 참조
(경유)

제목 2022년 정책자료 제출 성과 심의 결과 보고

1. 관련 : 농업과학기술 연구개발사업 운영규정(훈령 제1322호) 및 연구성과관리과-321(2022.2.15.), 927(2022.5.18.), 기획조정과-2632(2022.6.1)
2. 위 호와 관련하여 스마트팜개발과 정책자료 심의 결과를 다음과 같이 보고드립니다.
 - 전략과제 : 6-1-13, 9-4-2, 스마트팜다부처패키지 혁신기술개발사업 및 수탁과제
 - 일시 : 2022. 11. 21.(월)
 - 심의안건 : 6건

붙임 2022년 정책자료 심의결과_스마트팜개발과 1부. 끝.

스마트팜개발과장

수신자 농촌진흥청장(연구성과관리과장), 기획조정과장

농업연구사	김국환	농업연구관	홍영기	스마트팜개발	전결 2022.11.22
합조자				과장	김금순
시행	스마트팜개발과-2998			접수	
우	54875	전라북도 전주시 덕진구 농생명로 310, (중동) 국립농업과학원		/ www.naas.go.kr	
		농업공학부 스마트팜개발과 (중동)			
전화번호	063-238-4037	팩스번호	063-238-4035	/ meceng93@rda.go.kr	/ 비공개(5)

문서관리카드스마트팜개발과-2998 1-1

2022 농촌진흥사업

정책자료 제출 성과 심의결과

심의기간 : 2022년 11월 21일

1. 심의위원장 소속 : 스마트팜개발과	직급 : 과장	성명 : 강금준	부서 : ^{2층} 농업정책과
2. 심의위원 소속 : 스마트팜개발과	직급 : 농업연구관	성명 : 김승희	부서 : (서명)
3. 심의위원 소속 : 스마트팜개발과	직급 : 농업연구관	성명 : 홍영기	부서 : (서명)
4. 심의위원 소속 : 재해예방공학과	직급 : 농업연구관	성명 : 김유용	부서 : (서명)
5. 심의위원 소속 : 에너지환경공학과	직급 : 농업연구관	성명 : 이시영	부서 : (서명)



연번	성과물 번호	전략과제	주관 과제명	세부 과제명	정책자료 제목	활용 분야	개발자	소속		건의 부서명	동자제 등 법령 사전 검토 여부	심의결과	수집보안사항	기타영 여부**
								기관	팀과명					
1	2022000 5400020 39885 2022000	6-1-13	명품 및 새 명품의 시 한 브로콜 리의 고기 달기 로마	명품의 시 경제에 관 경제에 달기 로마	스마트팜 혁신 벨리에 영 수경재배 시 경제에 관	농업공학	임동화	농과원	스마트팜개발과	농업공학 신물부 등 사업장 농업공학 신물부 등 사업장	여	수경포 섀백 가수정 제안배경에 등 가수정 대용과 등지아 드록 제막 일부 변경		
2	5400020 40001 2022000	9-4-2	로 스마트 의 회복 Kfarm-주 의 회복	로 스마트 의 회복 Kfarm-주 의 회복	스마트팜 동 시 스웨 보급 기 의 회복	농업공학	김태현	농과원	스마트팜개발과	농업공학 신물부 등 사업장	여	수경포 섀백 가수정 제안배경에 등 가수정		
3	5400020 39998 2022000	다부서 공동연구과 제	관 수경재 배스마트 외배부 주 외배부 주	관 수경재 배스마트 외배부 주	영제인민 다터민 민 OS X 3287기만	농업공학	김태현	농과원	스마트팜개발과	농업공학 신물부 등 사업장	여	수경포 섀백 가수정 제안배경에 등 가수정		
4	5400020 39997 2022000	외부주 다부서 공동연구과 제	경제에 정환, 귀 정환, 귀	경제에 정환, 귀 정환, 귀	의 영역기 동 시, 포주, 저하 다터민 민	농업공학	백성현	농과원	스마트팜개발과	농업공학 신물부 등 사업장	여	수경포 섀백 가수정 제안배경에 등 가수정		
5	5400020 39995 2022000	(다제반포 321061022 인공지능 기반의 등	산정 보조기 용, 조화경 인공지능 기반의 등	산정 보조기 용, 조화경 인공지능 기반의 등	농업공학 신물부 등 사업장	농업공학	김국환	농과원	스마트팜개발과	농업공학 신물부 등 사업장	여	수경포 섀백 가수정 제안배경에 등 가수정		
6	5400020 40079	9-4-2	검은말뚝 검은말뚝	검은말뚝 검은말뚝	검은말뚝 검은말뚝	농업공학	최인찬	농과원	스마트팜개발과	농업공학 신물부 등 사업장	여	수경포 섀백 가수정 제안배경에 등 가수정		

정책자료 성과로 제출되는 자료는 농촌진흥청에서 제공하고 있는 정책제안 DB에서 유사개안에 대한 중복성 검토를 완료하였습니다.

부서장
담당자

직급 : 농업연구관
직급 : 농업연구관

성명 : 강금준
성명 : 홍영기

김시환
홍영기

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계산업기술개발사업 공 등 발 농작업 보조용 친환경 중소형 제초로봇 개발 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 첨단농기계산업기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.