

발간등록번호

11-1543000-004590-01

# 오리축사 바닥 깔짚 관리용 자율주행 로봇 개발

2024.06.07.

주관연구기관 주식회사 다운  
공동연구기관 충남대학교  
공동연구기관 가톨릭대학교

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “오리축사 바닥 깔짚 관리용 자율주행 로봇 개발”(개발기간 : 2021. 04.01 ~ 2023.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 06. 07.

주관연구기관명 : 주식회사 다운 최영경

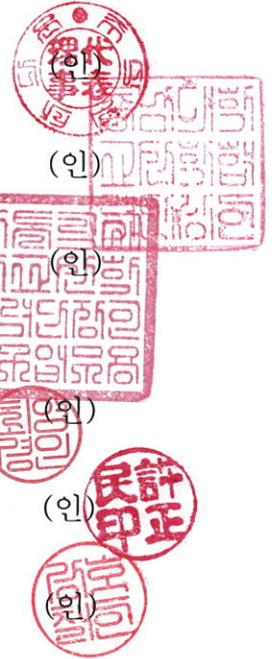
공동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단장 임남형

공동연구기관명 : 가톨릭대학교 산학협력단장 조석구

주관연구책임자 : 최영경

공동연구책임자 : 허정민

참여기관책임자 : 강호철



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서							보안등급				
							일반[√], 보안[ ]				
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	사업명	2025 축산현안대응 산업화기술개발사업					
전문기관명	농림식품기술기획평가원				내역사업명	축산시설·환경 개선					
공고번호	제 농축2021-49호			총괄연구개발 식별번호		-					
				연구개발과제번호		321092-03					
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0805	50%	EA0504	30%	EA0507	20%				
	부처기술분류	AB0201	50%	RC0202	50%	-	%				
총괄연구개발명	국문	오리축사 바닥 깔짚 관리용 자율주행 로봇 개발									
	영문	Development of autonomous driving robot for litter management of duck farm									
연구개발과제명	국문	오리축사 바닥 깔짚 관리용 자율주행 로봇 개발									
	영문	Development of autonomous driving robot for litter management of duck farm									
주관연구개발기관	기관명	주식회사 다운			사업자등록번호						
	주소				법인등록번호						
연구책임자	성명		최영경		직위		대표이사				
	연락처	직장전화		휴대전화							
		전자우편		국가연구자번호							
연구개발기간	전체		2021. 04. 01 - 2024. 12. 31( 2년 9개월)								
	단계	1단계[ ]	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31( 1년 9개월)								
		2단계[ ]	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31( 1년 개월)								
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계		연구개발비 외 지원금	
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
	총계	1,375,000	8,000	250,000			1,383,000	250,000	1,633,000		
	1단계	1년차	375,000	-	82,000			375,000	82,000		457,000
		2년차	500,000	-	88,000			500,000	88,000		588,000
2단계	1년차	500,000	8,000	80,000			508,000	80,000	588,000		
공동연구개발기관 등	기관명		책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고				
			역할	기관유형							
공동연구개발기관	충남대학교 산학협력단		허정민	교수			공동	대학			
	가톨릭대학교 산학협력단		강호철	조교수			공동	대학			
연구개발과제 실무담당자	성명		김지아		직위		선임연구원				
	연락처	직장전화		휴대전화							
		전자우편		국가연구자번호							

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

2024년 2월 29일

연구책임자: 최 영 경



주관연구개발기관의 장: 주식회사 다운 대표이사



공동연구개발기관의 장: 충남대학교 산학협력단장



공동연구개발기관의 장: 가톨릭대학교 산학협력단장



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

사업명		2025 축산현안대응 산업화기술개발사업		총괄연구개발 식별번호		-	
내역사업명		축산시설·환경 개선		연구개발과제번호		321092-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0805	50%	EA0504	30%	EA0507	20%
	부처기술분류	AB0201	50%	RC0202	50%	3순위 소분류 코드명	%
총괄연구개발명		오리축사 바닥 깔짚 관리용 자율주행 로봇 개발					
연구개발과제명		오리축사 바닥 깔짚 관리용 자율주행 로봇 개발					
전체 연구개발기간		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31( 2년 9개월)					
해당단계		2023. 01. 01 - 2023. 12. 31( 1년 개월)					
총 연구개발비		총1,633,000천원 (정부지원연구개발비:1,375,000천원, 기관부담연구개발비:258,000천원)					
해당단계		총588,000천원 (정부지원연구개발비:500,000천원, 기관부담연구개발비:88,000천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도		착수시점 기준(2단계) 종료시점 목표(8단계)	
연구개발과제 유형		-					
연구개발과제 특성		-					
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		오리축사의 깔짚의 살포 및 바닥환경 관리가 가능한 자율주행형 로봇 개발				
	전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행이 가능한 궤도형 왕겨살포로봇 개발</li> <li>○ 깔짚 자동교반기능 통한 깔짚재 재활용 효과 구현</li> <li>○ AI기반 오리 폐사체, 이상개체 인식 및 수거로봇 개발</li> <li>○ 깔짚재가 오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향 구명</li> </ul>				
	1단계	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 왕겨살포로봇 플랫폼 개발, 지능형 주행기능 확보</li> <li>○ 오리 폐사체, 이상개체 인식기술 개발 및 폐사체, 이상개체 왕겨로봇에 탑재 및 수거 기능 구현</li> <li>○ ICT환경모니터링 및 관제, 2차원 환경데이터 획득</li> <li>○ 오리 깔짚재 종류별 특성 및 이용효과 구명, 깔짚재가 오리의 사양 관리에 미치는 영향 구명</li> <li>○ 현장 검증을 통한 깔짚재와 육용오리의 상관관계 구명</li> <li>○ AI기반 오리개체 인식기술 개발</li> </ul>				
	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 이동로봇 플랫폼 제작 및 왕겨살포기능 구현</li> <li>- 궤도주행형 왕겨살포로봇 설계 및 시작품 개발</li> <li>- 개체수거용 스카라로봇 개발</li> <li>- 3D 덤스카메라를 이용한 오리 위치 탐지기술 개발</li> <li>○ 깔짚 자동교반기능 통한 깔짚재 재활용 효과 구현</li> </ul>					

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 깔짚재 자동교반기능 개발</li> <li>- 전동 시스템을 활용한 최적의 교반기능검증</li> <li>- 현장실증을 통한 적정 교반 깊이/정도 구명</li> <li>○ 지능형 주행기능 확보 및 폐사체, 이상개체 탐지 및 수거</li> <li>- 오리사 자율주행형 왕겨 살포 로봇 개발</li> <li>- 인공지능 연계 개체탐지 및 수거로봇 기술 개발</li> <li>○ ICT환경모니터링 및 관제 구현, 2차원 환경데이터 획득</li> <li>- ICT통합관리 모니터링 장치개발</li> <li>- 오리사 전용 통합관제 시스템 개발 및 보급</li> <li>○ 깔짚재가 오리의 사양 관리에 미치는 영향 구명, 현장 검증을 통한 깔짚재와 육용오리의 상관관계 구명</li> <li>- 깔짚재 종류별 육용오리의 사육특성 구명</li> <li>- 살포로봇 설치 농가의 깔짚 환경 분석, 상관관계 구명</li> <li>○ SI기반 오리개체 인식기술 개발</li> <li>- 오리개체 영상데이터 확보 및 SI전용 데이터SET 제작</li> <li>- SI기반 개체인식 알고리즘 개발</li> <li>○ 오리 폐사체와 이상개체 인식 기술개발</li> <li>- SI기반 개체인식 기술개발 및 로봇 적용</li> <li>- 영상기반 깔짚 상태 인식기술 개발</li> </ul>				
	2단계	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">목표</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 왕겨살포로봇 현장 적응시험을 통한 제품성능 고도화, 상용화</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 이용효과, 오리 생산성, 경제성 분석</li> <li>○ SI기반 개체 검출 기술개발 및 고도화</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">내용</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 왕겨살포로봇 현장 적응시험을 통한 제품성능 고도화 및 상용화</li> <li>- 1세대 제품과 비교검증</li> <li>- 2세대 제품 현장 검증 및 성능 고도화</li> <li>- 인공지능 연계 서비스 검증</li> <li>- ICT통합관제와 연계된 오리사 통합관리시스템 검증(환경 관제, 최적의 깔짚교반 및 살포관리, 이상개체 수거 등)</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 살포효율, 사육환경, 오리생산성, 경제성 분석</li> <li>- 깔짚재 종류별 오리의 생산성, 경제성 상관관계 구명</li> <li>○ SI기반 개체 검출 기술개발 및 고도화</li> <li>- 오리 분포도 인식기술 개발 및 사육환경 연관성 규명</li> <li>- 영상기반 환경제어 시스템 개발</li> </ul> </td> </tr> </table>	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 왕겨살포로봇 현장 적응시험을 통한 제품성능 고도화, 상용화</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 이용효과, 오리 생산성, 경제성 분석</li> <li>○ SI기반 개체 검출 기술개발 및 고도화</li> </ul>	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 왕겨살포로봇 현장 적응시험을 통한 제품성능 고도화 및 상용화</li> <li>- 1세대 제품과 비교검증</li> <li>- 2세대 제품 현장 검증 및 성능 고도화</li> <li>- 인공지능 연계 서비스 검증</li> <li>- ICT통합관제와 연계된 오리사 통합관리시스템 검증(환경 관제, 최적의 깔짚교반 및 살포관리, 이상개체 수거 등)</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 살포효율, 사육환경, 오리생산성, 경제성 분석</li> <li>- 깔짚재 종류별 오리의 생산성, 경제성 상관관계 구명</li> <li>○ SI기반 개체 검출 기술개발 및 고도화</li> <li>- 오리 분포도 인식기술 개발 및 사육환경 연관성 규명</li> <li>- 영상기반 환경제어 시스템 개발</li> </ul>
목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 왕겨살포로봇 현장 적응시험을 통한 제품성능 고도화, 상용화</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 이용효과, 오리 생산성, 경제성 분석</li> <li>○ SI기반 개체 검출 기술개발 및 고도화</li> </ul>					
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 왕겨살포로봇 현장 적응시험을 통한 제품성능 고도화 및 상용화</li> <li>- 1세대 제품과 비교검증</li> <li>- 2세대 제품 현장 검증 및 성능 고도화</li> <li>- 인공지능 연계 서비스 검증</li> <li>- ICT통합관제와 연계된 오리사 통합관리시스템 검증(환경 관제, 최적의 깔짚교반 및 살포관리, 이상개체 수거 등)</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 살포효율, 사육환경, 오리생산성, 경제성 분석</li> <li>- 깔짚재 종류별 오리의 생산성, 경제성 상관관계 구명</li> <li>○ SI기반 개체 검출 기술개발 및 고도화</li> <li>- 오리 분포도 인식기술 개발 및 사육환경 연관성 규명</li> <li>- 영상기반 환경제어 시스템 개발</li> </ul>					
	해당 연도	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">목표</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 이동로봇 플랫폼제작 및 주행형 왕겨살포기능 구현</li> <li>○ ICT 환경 모니터링 및 관제기능 구현</li> <li>○ 깔짚재가 오리의 사양 관리에 미치는 영향 구명</li> <li>○ SI기반 오리 개체 인식기술 개발</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">내용</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>오리축사용 궤도주행형 왕겨살포로봇 개발 및 현장 실증(주식회사 다운)</b></li> <li>○ 깔짚 살포로봇(2종) 현장 적응 시험 및 데이터 수집</li> <li>- 기 개발 현수형(레일형) 깔짚 살포로봇 현장 적응시험(육용오리</li> </ul> </td> </tr> </table>	목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 이동로봇 플랫폼제작 및 주행형 왕겨살포기능 구현</li> <li>○ ICT 환경 모니터링 및 관제기능 구현</li> <li>○ 깔짚재가 오리의 사양 관리에 미치는 영향 구명</li> <li>○ SI기반 오리 개체 인식기술 개발</li> </ul>	내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>오리축사용 궤도주행형 왕겨살포로봇 개발 및 현장 실증(주식회사 다운)</b></li> <li>○ 깔짚 살포로봇(2종) 현장 적응 시험 및 데이터 수집</li> <li>- 기 개발 현수형(레일형) 깔짚 살포로봇 현장 적응시험(육용오리</li> </ul>
목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 궤도형 이동로봇 플랫폼제작 및 주행형 왕겨살포기능 구현</li> <li>○ ICT 환경 모니터링 및 관제기능 구현</li> <li>○ 깔짚재가 오리의 사양 관리에 미치는 영향 구명</li> <li>○ SI기반 오리 개체 인식기술 개발</li> </ul>					
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>오리축사용 궤도주행형 왕겨살포로봇 개발 및 현장 실증(주식회사 다운)</b></li> <li>○ 깔짚 살포로봇(2종) 현장 적응 시험 및 데이터 수집</li> <li>- 기 개발 현수형(레일형) 깔짚 살포로봇 현장 적응시험(육용오리</li> </ul>					

		<p>사육농가 1개소) 수행 및 그에 따른 데이터 수집</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신규 개발 자율주행형(상용모델) 깔짚 살포로봇 현장 적응시험(육용오리 사육농가 1개소) 수행 및 그에 따른 데이터 수집, 기능 개선</li> <li>- 기 개발 현수형 모델, 신규 개발 자율주행형 모델의 기종별 특성 분석 및 경제성 비교</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 성능 고도화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- H/W 고도화: 깔짚 살포로봇 통합제어기 개발, GPS 기반 자율주행기술 구현, AI 오리 인식 인터페이스 개발 및 로봇 탑재</li> <li>- S/W 고도화: 깔짚 살포로봇의 관제 프로그램 및 센서 데이터 통합서버 제작, 웹·모바일 서비스 고도화</li> </ul> </li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 상용제품 시작기 제작 및 기능 점검 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장 검증결과에 따른 깔짚 살포로봇의 상용 모델 재설계</li> <li>- 깔짚 살포로봇 상용모델의 정밀주행 I/O 보드 제작, 센서 baseboard 제작, 완제품 조립 및 시작기 1기 제작</li> <li>- 깔짚 살포로봇 상용모델 시작기의 주행 기능 점검 및 개선, 2D LiDAR 기반 자율주행 기술 구현, 오리 인식 기능 점검 및 교반 기능 개선</li> <li>- 4륜 구동 주행형 깔짚 살포로봇 시작기 개발 및 현장 적응 시험 수행</li> </ul> </li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 상용화 기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농업용 로봇 시험(한국농업기술원) 수행, ICT 축산기자재 제품 추진</li> <li>- 소비자 신뢰 제고 및 각종 마케팅, 전시회 및 박람회 출품 등을 통한 홍보 활동</li> </ul> </li> </ul> <p><b>□ 깔짚재에 따른 육용오리의 생산성과 경제성 분석 및 검증(충남대학교)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 성장 능력, 도체 특성, 육질 특성 데이터 확보</li> <li>- 실험 결과에 따라 육용오리 사양에 있어서 최적의 깔짚재로 왕겨 제시</li> </ul> </li> <li>○ 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 성장 능력, 도체 특성, 육질 특성 데이터 확보</li> <li>- 실험 결과에 따라 육용오리 사양에 있어서 종합적으로 보았을 때 16 cm 깔짚재 깊이가 최적 깊이임을 제시</li> </ul> </li> <li>○ 깔짚재와 육용오리의 생산성 그리고 경제성에 미치는 영향 구명 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농장 현장 실증 실험을 통해 깔짚재의 깊이에 따른 현장 환경 검증 및 실질적인 육용오리의 성장 능력, 경제성 데이터 확보</li> </ul> </li> </ul>
--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2차년도에 대한 실험인 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 경제성 분석 데이터 확보</li> <li>- 농장 현장 실증 실험의 경우 8 cm 깔짚재 깊이가 16 cm 깔짚재보다 순이익이 높았으나, 2차 년도 실험의 결과는 16 cm 깔짚재 깊이가 8 cm 깔짚재보다 6.17% 높은 순이익의 결과를 보임</li> </ul> <p><b>□ 시기반 오리 폐사체와 이상 개체 검출 및 깔짚 상태 인식 방법론 연구(가톨릭대학교)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시기반 개체 검출 기술 개발 및 고도화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오리 개체 검출 성능 고도화 - 객체 검출 및 영역 분할 고도화 - 오리 객체 검출, 깔짚 영역 분할을 위한 데이터 가공 및 학습에 적용하고 데이터, 모델 분산처리 설계 및 구현</li> </ul> </li> <li>○ 오리사 위치별 오리 분포도 분석 및 사육환경 연관성 규명 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 습도와 오리 분포의 관계성 - 자동화 시각 기술을 활용한 오리 자동 탐지 및 환경 조건과 오리 군집의 상관관계 - OpenCV를 이용한 자동화 시각 기술 개발 및 통계 도구를 이용한 환경과 군집에 대한 상관관계 분석 완료</li> </ul> </li> <li>○ 영상 기반 환경 제어 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 윈도우즈 통신 제어 시스템 개발 - YOLOv8 적용 및 테스트 - detectron2가 윈도우즈 환경을 지원하지 않아 YOLO모델로 변경 및 윈도우즈 기반 테스트 및 리눅스 통신제어 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>
--	--	---

연구개발성과	<p><b>□ 핵심성과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특허출원 5건 및 특허 등록 1건 달성</li> <li>○ SCI 논문 4건 및 비SCI 논문 2건 / 국내외 학술대회 8건 진행</li> <li>○ 고용창출 16명, 제품화 1건, 매출액 340,000천원, 기술 이전 1건, 기술료 11,974천원 달성</li> <li>○ 농업용 로봇 성능시험(한국농업기술진흥원)</li> </ul>
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p><b>&lt; 활용계획 &gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발성과물의 농가 현장 도입 및 확산 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초기 설비에 그치지 않고 지속적인 보완, 경영 성과 분석으로 농가 수익성 도모</li> <li>- 신뢰성이 높은 장비 도입 및 서비스를 통하여 스마트 팜 육성, 스마트 팜 선호도 증가에 기여</li> </ul> </li> <li>○ ICT 기반 첨단 기술을 이용한 스마트 축산장비 보급 <ul style="list-style-type: none"> <li>- ICT를 이용한 가축 환경 모니터링·제어체계 및 생육 환경 통합관제시스템을 통한 농장 자동화 시스템 구축</li> <li>- 클라우드 기반의 경영정보시스템과 융합하여 농장 경영 합리화 추구</li> </ul> </li> </ul> <p><b>&lt; 기대효과 &gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행형 오리 깔짚 살포로봇 개발로 오리 사육환경 개선 및 생력화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행형 깔짚 살포로봇 개발로 깔짚 환경 개선</li> <li>- 깔짚 환경 개선으로 유해가스 농도 저감 및 오리의 복지 증진</li> <li>- 깔짚 살포 노동에서 해방 및 위해작업환경에서의 작업 최소화</li> </ul> </li> <li>○ AI 기반 오리 폐사체, 이상개체 인식으로 오리 정밀관리</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 위치별 오리 폐사체 발생 자동확인 및 분포도 활용으로 오리사 정밀 관리</li> <li>- 오리 폐사체 수거 노동력 절감</li> <li>○ 오리 사육관리 작업에 AI 기술 도입으로 세계 축산 스마트 기술 선도</li> <li>- 오리 사육시 딥러닝 기술 적용으로 세계 축산 기자재 시장 선도</li> <li>- 로봇/AI 등 핵심 기술 적용으로 노동력 절감 및 농가소득 증대</li> </ul>											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	-											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	6	6										
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	오리		갈짚		축산 로봇			갈짚 살포로봇		스마트팜		
영문핵심어 (5개 이내)	Duck		Litter		Robot for livestock farming			Litter spraying robot		Smart farming		

## <목 차>

1. 연구개발과제의 개요 .....	1
1) 연구개발 배경 .....	1
2) 기술도입 배경 .....	3
3) 연구개발 기술(제품) 개요 .....	7
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용 .....	12
2.1 오리축사용 궤도주행형 왕겨살포로봇 개발 및 현장 실증(주식회사 다운) .....	12
1) 깔짚 살포로봇 현장 실증 및 데이터 수집 .....	12
2) 깔짚 살포로봇 제품 성능 고도화 .....	13
3) 깔짚 살포로봇 상용제품 제작 .....	31
4) 깔짚 살포로봇 상용 모델 시작품 현장 실증 .....	39
5) 깔짚 살포로봇 상용화 기반 마련 .....	56
2.2 깔짚재에 따른 육용오리의 생산성과 경제성 분석 및 검증(충남대학교) .....	59
1) 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향(1차년도) .....	59
2) 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향(2차년도) .....	62
3) 깔짚재가 오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향 구명(3차년도) .....	65
2.3 시기반 오리 폐사체와 이상 개체 검출 및 깔짚 상태 인식 방법론 연구(가톨릭대학교) .....	66
1) 시기반 개체 검출 기술 개발 및 고도화 .....	66
2) 오리사 위치별 오리 분포도 분석 및 사육환경 연관성 규명 .....	68
3) 영상 기반 환경 제어 시스템 개발 .....	71
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	74
1) 연구수행 결과 .....	74
2) 목표 달성 수준 .....	81
4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	83
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 .....	84

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1) 연구개발 배경

### □ 시장 현황

- 국내 오리 사육 농가는 소규모 부업형태에서 대규모 전업 형태로 바뀌고 있으며 농가당 사육수수는 '90년 81마리에 불과하던 것이 '05년 940마리, '10년에는 2,808마리로 199% 증가하였고 전체 사육수 수 역시 '05년 8,389천수에서 '10년 14,397천수로 급격한 증가를 보였음
- 오리 생산액은 '90년 375억, '05년 6,490억, '10년 1조 3천 960억원으로 연평균 8%씩 증가하였으며 '10년 농림업 생산액의 7위를 점유하여 명실상부한 국내 주요 축산물로 자리매김하였음
- 반면, 오리고기가 소비자로부터 인기를 얻어 사육 규모는 증가하였지만 품질향상 측면보다는 출하일령을 앞당겨 오리사육 회전율을 높이려고만 한 탓에 도체 중량의 균일성은 떨어지고 대사성 질병 등의 여파로 품질 또한 개선되고 있지 못하고 있음
- 오리는 아직 육종 개량의 여지가 크게 남아 가축으로 높을 가능성을 가지고 있음

### □ 연구개발 필요성

#### ○ 오리 축사 바닥 깔짚 관리의 중요성 및 현행 깔짚 관리 방법의 문제점

- 오리사육시설은 대부분 비닐하우스 형태로 시설이 낙후되어 있고 56.1%의 농가가 무허가축사로 되어 있어서 발전에 제약요인임
- 가금 깔짚의 역할은 바닥의 오염을 최소화하고 계사 바닥으로 올라오는 냉기를 막아주어 가금 사육 공간의 온열을 유지하게 함. 또한, 축분을 희석하여 표면을 깨끗하고 건조하게 유지하며, 계분과 호흡시 발생하는 수분을 흡수함. 가금이 쉬고 성장하는 쾌적한 환경을 제공하며 흥부수종과 같은 질병의 발생을 예방함
- 대부분의 오리 사육 농가는 손수레, 삽 등을 이용해 왕겨, 톱밥 같은 깔짚을 사람이 직접 살포하고 있으며 과중한 노동력이 소요됨



그림 1 고령 노동자에 의한 깔짚 살포 작업



그림 2 노동자가 직접 운전하는 차량형 살포기를 이용한 살포 작업



그림 3 동간 이동시 야생오리 분 오염에 의한 전파 가능

- \* 깔짚 살포 시 소요되는 노동력에 대한 부담으로 깔짚을 자주 살포하지 않거나 살포를 포기하는 농가가 발생
- \* 기존에는 손수레, 퇴비 살포기 등을 이용하여 깔짚(왕겨, 톱밥 등) 살포
- \* 2014-2015년 발생한 고병원성조류인플루엔자는 총 378건으로 그 중 오리가 285건이 발생하였으며 역학조사 결과 오리농가의 상당수는 깔짚 투입과정에서 깔짚 살포차량의 오리사 동간 이동 중 바퀴에 묻어서 오리사 내부로 유입된 것으로 파악하고 있어 깔짚 살포장치의 위생적 관리가 매우 중요함

표 1 국내 고병원성 조류인플루엔자 발생 및 피해현황

구분	시기	발생건수	살처분	혈청형	재정소요액
'03/'04	'03.12.10-'04.3.20(102일간)	19건	392호(5,287천수)	H5N1	874억
'06/'07	'06.11.22-'07.3.6(104일간)	13건	460호(2,800천수)	H5N1	339억
'08	'08.4.1-5.12(42일간)	98건	1,500호(10,204천수)	H5N1	1,817억
'10/'11	'10.12.29-'11.5.16(139일간)	91건	286호(6,473천수)	H5N1	807억
'14/'15	'14.1.16-'15.11.14(516일간)	391건	809호(24,772천수)	H5N8	3,364억
'16/'17	'16.3.23-'17.6.19(170일간)	421건	1,133호(38,076천수)	H5N8, H5N6	3,621억
'17/'18	'17.11.17-'18.3.17(121일간)	22건	140호(6,539천수)	H5N6	827억
'20/'21	'20.11.26-'21.4.6(132일간)	109건	484호(29,934천수)	H5N8	1,667억
'21/'22	'21.11.8-'22.4.7(151일간)	47건	83호(7,307천수)	H5N1	472억
'22/'23	'22.10.17-'23.4.14(180일간)	75건	153호(6,609천수)	H5N1	531억
'23/'24	'23.12.3-'24.2.8	30건	68호(3,576천수)	H5N1, H5N6	-

\*자료 : 월간양계 24.3월호

- 오리는 사육 중의 95% 이상을 깔짚 위에 앉아서 쉬고 있으나 깔짚관리 불량으로 깔짚이 습해지면 증체량이 떨어지고 암모니아가스 발생량이 증가하는 등 동물복지적으로도 매우 좋지 않음
  - \* 그러나 깔짚재가 가금의 성장 효능 및 육질에 대해 미치는 영향에 관한 연구는 미흡한 실정임. 한, 대규모 사육으로 인한 가축 부산물로 인해 암모니아, 이산화탄소 등의 가스의 발생에 따른 환경오염 및 악취 문제도 현대 축산업의 주요 문제점으로 대두되고 있음
  - \* 유럽의 경우 가금류의 발바닥 피부염 발생 여부(Paw quality)는 가금류에 대한 동물복지 수준을 판단하기 위한 지표 중에 하나로 활용되고 있으며, 미국에서도 자발적인 검사를 통해 동물복지 수준을 꾸준히 모니터링하고 있음
- 오리사에서 깔짚 관리를 소홀히 할 경우 깔짚의 습기로 인해 오리의 피부염(발바닥피부염(footpad dermatitis) 등), 바이러스, 세균, 진균 감염, 미생물 증식, 유해가스 발생을 유발할 수 있음. 또한 딱지(caking)가 생기는 현상이 많음
  - \* Caking 유발 원인 : 낮은 단열로 인한 결로, 급수기 누수, 과도한 사육밀도, 영양불균형에 의한 비정상적인 연변 배설, 과습한 사육환경, 불충분한 환기량, 너무 낮은 깔짚 두께, 불충분한 수분 흡수능을 가진 깔짚재 사용 등

○ 깔짚 바닥을 평탄하게 관리해야 할 필요성

- 오리의 신체구조상 균형을 잡기가 어려우며 깔짚 바닥을 불균일하게 관리할 경우 오리는 뒤뚱거리다가 발라당 뒤로 넘어질 수 있으며, 한 번 넘어지면 다시 사람이 일으켜 세워주기 전에는 일어나지 못함



그림 4 깔짚 바닥의 불균일로 넘어진 오리

## ○ 오리 폐사체 확인의 필요성

- 농장주의 일일 관리사항 중 가장 중요한 업무는 오리사에서 오리의 건강상태를 확인하고 폐사 오리를 수거하는 일이며 이를 통하여 일령별 폐사수를 확인하고 육성을 등을 산출하여 생산성적을 판단함

\* 육용오리는 사육기간이 41일(중형종), 47일(대형종)로 출하체중은 3.2-3.6kg이고 육성육은 97%임(즉, 10,000수 사육시 사육기간 중 250여 마리가 폐사하여 매일 폐사체를 확인하고 수거해야 함)

표 1 육용오리(체리밸리종)의 사육성적(한국오리협회)

구분	중형종	대형종
일령(일)	41	47
생체중(kg)	3.202	3.656
사료효율	1.98	2.19
도체체중(g)	2.027	2.347
도체율(생체중대비%)	63.3	64.2
생존율(%)	97.5	97.0
가슴육 수율	16.5	17.6
가슴안심육 수율	23.6	25.1
다리육 수율	19.1	17.7
껍질 및 피하지방	30.1	29.5

## 2) 기술도입 배경

### □ 기술도입 수익성 기대

- 가금산업에서 사료, 사육시설, 사양관리방법 등의 개선으로 사육성적이 지속적으로 향상되고 있음. 미국, 유럽 등을 중심으로 가금농장 관리 자율주행 로봇이 개발되고 상용화 단계에 있음
  - \* 사료효율 ↑, 출하일령 ↓, 폐사율 ↓
- 사료비는 육계 생산비의 70%를 차지하며 사료관리에 따라 수익성이 달라짐
- 컴퓨터 비전시스템은 가금생산의 다양한 분야에 사용되고 있음
  - \* 활용분야 : 계사관리, 행동, 복지, 질병감지, 체중측정, 도계공정, 도체품질검사, 계란검사
- 머신러닝 또는 딥러닝을 결합하여 컴퓨터 비전을 통한 학습이 컴퓨터 비전기술을 발전시키고 있음 : 감지, 패턴인식 및 예측
  - \* 처리단계 : 이미지획득, 이미지 처리, 이미지 해석
    - 수집된 데이터는 전처리와 분할 알고리즘을 이용하여 데이터 분석
- 농업은 과학과 기술을 포함하며 ICT를 활용하여 생산효율을 최적화하고 품질을 좋게 하고 환경영향을 감소시키고 자연재해로부터 예방해야 함(Agriculture 4.0, FAO, 2020)

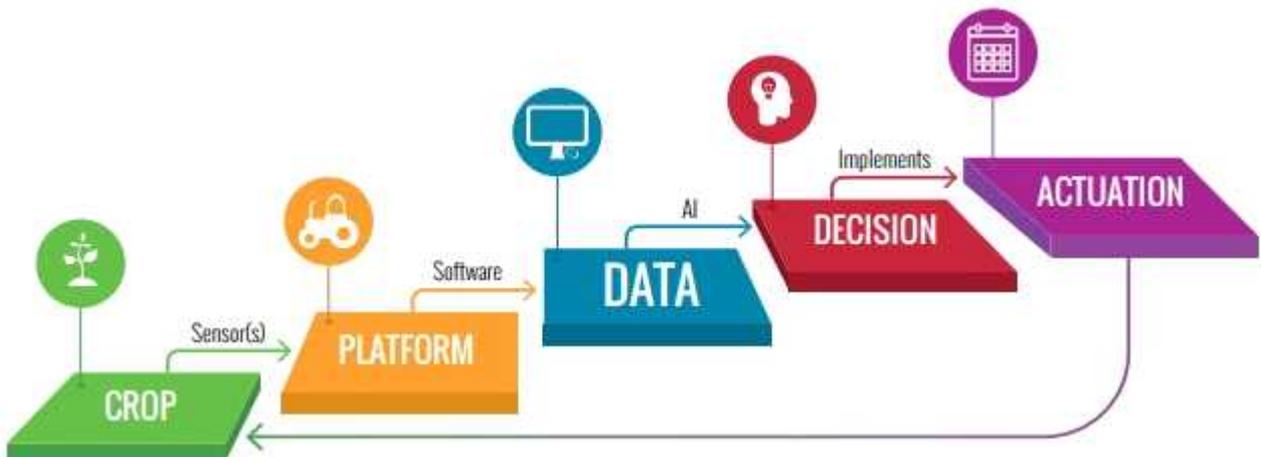


그림 5 정보 기반 농업

□ 인공지능 활용 및 자율주행 로봇 개발 개요

○ Computer Vision Technology for Monitoring Poultry Farm

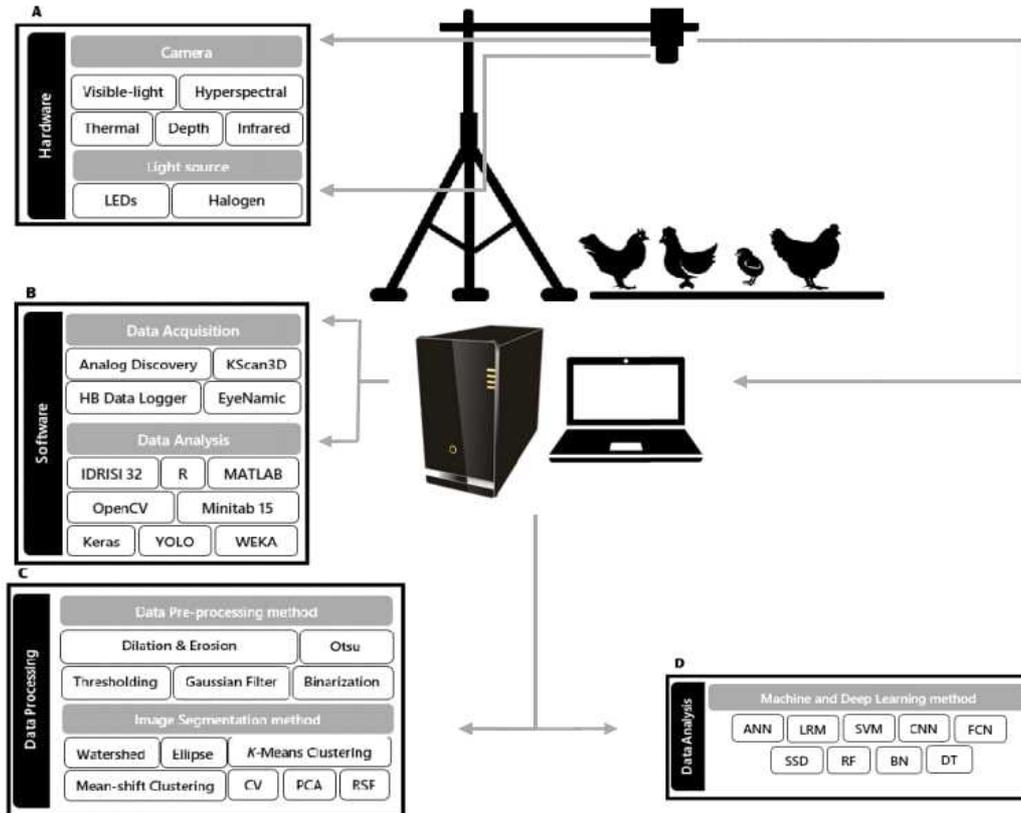


그림 6 컴퓨터 비전 기술의 체계도

○ 카메라와 렌즈 하드웨어 종류

- 가시광선카메라: 표준 디지털카메라로 농장의 넓은 영역을 커버할 수 있으며 병든 육계 감지, 육계 행동이나 움직임 모니터링, 생체중 예측 등에 활용. 렌즈의 호환성 및 해상도의 단점이 있음
- 적외선 이미지: IR 스펙트럼은 ①근적외선(780-2,500 nm), ②중적외선(2500-25,000 nm), ③원적외선(25,000-1,000,000 nm)으로 구분되며 사물에서 발산하는 열을 수집하여 이미지로 전환가능. 가금의 활동이나 추적에 사용하였으나 빛이 필요, 가금류의 눈에 비침습성
- 열화상카메라: 9000-14000nm의 원적외선을 감지, 닭의 체온변화 감지 가능, 빛의 영향을 받지 않으며 육계와 배경화면을 구분할 수 있음. 가격이 고가이나 계사는 100m 이상으로 전체 거리를 커버하기 위해서 여러대의 열화상 카메라가 필요
- 뎀스 카메라: 빛과 ToF 기술을 활용해서 깊이와 거리를 판단, 많은 연구자들이 물체의 볼륨을 측정하는데 활용하고 있으며 3D 기능과 관련된 볼륨, 너비, 길이, 높이 등을 측정함. 육계 체중측정시 92.2%의 정확도를 보임. 단점은 빛의 간섭이 심해서 실내에서만 사용가능
- 초분광 이미지: 기존 이미징과 분광학을 결합하여 공간 및 스펙트럼정보를 획득. 식품안전과 품질, 계란검사, 미생물오염도 검사, 식품검사 등에 사용

○ 카메라의 위치

- 카메라의 위치에 따라서 결과값이 달라짐. 기사에서는 주로 Top View와 Side View 두 가지로 실험을 수행. 탐부 이미징은 동물에게 가장 방해가 적으며 유용한 데이터를 생성. 1m 거리에서 체중예측도는 더 높았으며 닭의 복지상태를 모니터링하기 위해서는 5m 높이에 카메라 설치

○ 이미지 수집 소프트웨어 종류

- 카메라로 수집된 이미지는 소프트웨어로 분석되며 eYeNamic (Fancom BV)이 가장 많이 사용되며 연구원들이 가장 많이 사용하는 소프트웨어는 MATLAB(Mathworks, Inc.)임

표 3 가금 분야에서 주로 사용되는 이미지 처리 소프트웨어

Type	Manufacture	Advantage	Limitation
Analog Discovery	Digilent Inc.	- Well documented - easy to figure out whole capabilities of the device	- Expensive
HOBO H8 Data Logger	Onset Computer Corporation, Inc.	- Can measure long programmable sampling rate	- Sensor is sensitive, it will be damaged by condensation
eYeNamic	Fancom BV	- Well documented - User friendly interface	- Expensive

- eYeNamic(Fancom BV)는 육계 행동 모니터링 장치에 활용
- Analog Discovery는 측정, 시각화, 생성, 기록 및 제어 등의 기능을 수행함
- HOBO H8 Data Logger는 데이터로거이며 온도, 습도 등의 신호데이터를 모바일장치에서 무선으로 전송함

○ 데이터 분석 소프트웨어 종류

- 컴퓨터 비전 데이터 분석은 MATLAB가 주로 이용되며 최근 연구자들은 Open CV, TensorFlow, Keras 등을 이용함

표 4 가금 분야에서 주로 사용되는 데이터 분석 소프트웨어

Type	Manufacture	Advantage	Limitation
MATLAB	Mathworks, Inc.	- Platform independence - Ease to use - A huge library of predefined and functions	- Execute slowly than compiled language
Open CV	Intel Corporation	- Consumes low memory usage - Execution time of process is quite fast	- Not of use
TensorFlow	Google Brain Team	- Computational graph and visualizations - Various backend software and highly paralalled	- Hard debugging processes
Keras	Francois Chollet	- User-friendly API - Multiple backend support - Deep leaning models with their pre-trained weights	- Longer computation time

- MATLAB은 매사추세츠주 나틱 연구소에서 개발한 상업용 수학 소프트웨어로 행렬방정식 분석, 과학 데이터 시각화, 모델링 및 다양한 동적 시뮬레이션 수행하며 머신러닝을 위한 컴퓨터 비전 및 데이터 처리, 이미지 전처리, 양적 및 질적 모델의 개발 및 보정, 데이터 축소, 시각화 등 수행
- OpenCV는 오픈소스 컴퓨터 비전 및 기계학습 프로그램으로 개발된 소프트웨어를 라이브러리에 제공하고 기계인식 사용을 가속화하고 있음
- TensorFlow는 주로 Deep Learning 모델개발에 사용되는 오픈소스플랫폼임
- Keras은 상위레벨의 API로서 TensorFlow보다 상단에 위치하고 있으며 사용자 친화적이고 비교적 쉬움

## ○ 데이터 처리 및 분석 방법

- 이미지 분석은 이미지 처리와 모델 구축과 평가가 포함됨
- 이미지 처리는 이미지 전처리, 이미지 분할 및 특징 추출
- 모델 설정 및 평가는 이미지 분류와 예측으로 구성
- 분석 흐름도는 이미지 분석의 일반적 작업 흐름을 보여주며 가금농장은 카메라에 의해 캡처하고 데이터 수집 소프트웨어에서 저장 및 선택되면 전처리가 됨. 이미지가 여러 세그먼트로 분화되고 의미 있는 분석과 해석이 용이하게 한 후 특징을 추출한 후 모델링 기술을 이용하여 분류하고 회귀분석이 이루어짐

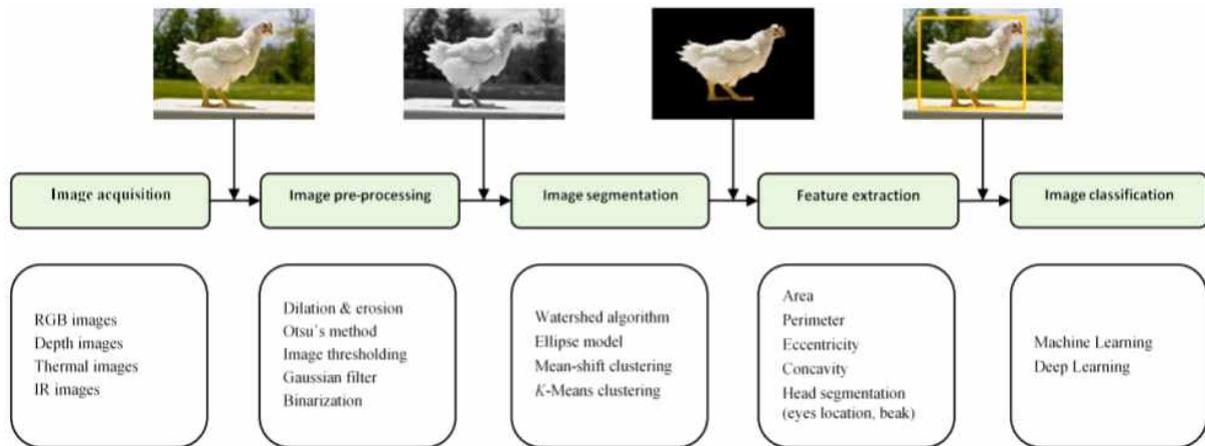


그림 7 가금농장의 컴퓨터 비전을 이용한 이미지 분석 흐름도

- 이미지 전처리: 원시 이미지를 적당한 장면으로 만드는 절차임. 분할을 통해 이미지의 품질을 향상시킴. 전처리 방법에는 확대와 침식, 이미지 임계값, 가우시안 필터, 이진화 등이 사용됨
- 이미지 세그멘테이션: 연구자들에게 어려운 작업으로서 균일한 객체를 형성하는 것으로 관련 픽셀을 그룹화하거나 분할하여 속성이 유사한 속성으로 만드는 작업, 세그멘테이션 기술로는 Watershed 알고리즘, Ellipse 모델, Meas-shift 클러스터링, K-Means 클러스터링 등이 활용됨
- 객체 선정과 추출: 이미지 전처리와 분할 후 객체가 선정되어 사용됨(선택된 이미지를 통해 가금류의 나이, 체적, 몸통둘레, 면적 등을 수동측정값과 비교).
- 이미지 분 : 이미지 분류는 컴퓨터 비전의 중요한 작업이며 개체 식별에 중요. 분류작업 후 레이블을 지정하며 시각적으로 개체를 분류함. 샘플은 머신러닝이나 딥러닝을 통해 정확하게 구별하도록 함. 학습 및 딥러닝 모델은 ①교정 및 훈련세트, ②검증 또는 예측세트로 구성됨. 학습 모델링 방법은 Support Vector Machine, 인공신경망, 컨볼루션 신경망이 있음

### 3) 연구개발 기술(제품) 개요

#### □ 오리 축사 환경에서 자율주행이 가능한 이동형 왕겨살포 로봇 개발 개요

##### ○ 이동형 플랫폼, 궤도를 따라 살포로봇이 자율주행하며 살포로봇 상단부의 블레이드가 회전하여 오리사 바닥에 왕겨를 살포하는 로봇 개발

- 오리사 깔짚환경에서 자율주행이 가능한 이동형 플랫폼 개발
- 자율주행 구현을 위한 다양한 센서 기술, 충돌 방지 및 장애물 회피 기술
- 안정적인 주행 기술, 축사의 거친 노면 등판 기술 개발
- 충전기 자동 복귀 및 자동 충전 기술
- 살포기의 원격 제어 및 살포 모니터링 기술

##### ○ 살포로봇이 자율주행 중 오리 개체를 인식하여 폐사체, 이상개체 등을 확인하여 폐사체를 로봇팔로 수거하고 오리사 위치별 환경모니터링, 깔짚 교반·평탄작업 및 왕겨 자동살포작업 수행

- 오리사 바닥 평탄작업·교반·안정적인 왕겨 살포 기술
- 주행 중 AI 기능을 활용한 오리 개체 인식(폐사체, 이상개체, 정상개체 등) 기술 개발
- 영상 이용 오리사 위치별 오리의 분포도 분석 및 이를 이용한 환경제어기술 개발
- 영상 모니터링 및 환경 모니터링 장비와 연동 기술
- SCARA 로봇 팔을 활용한 폐사체 무인 수거 기술 개발

##### ○ 오리사 깔짚 살포로봇의 성능·사육환경 개선효과·생산성 및 경제성 평가

#### □ 핵심 기술

##### ○ 왕겨 살포 기술(선행 특허 보유) 및 왕겨 바닥 교반기술

- 1세대 스마트 애니멀팜 산업화 사업 '오리사 사육환경 개선을 위한 바닥 깔짚 자동관리장치 상용화 제품개발(주식회사 다운, 2020, 농림축산식품부 농림식품기술기획평가원)' 연구를 통하여 선행 확보하였음. 오리축사의 천정에 레일을 설치하여 살포로봇이 자율주행하며 살포로봇 하단부의 블레이드가 회전하여 오리사 바닥에 왕겨를 살포하는 장치 개발 및 농가 보급 중임(전북 익산 우리오리농장 등 10개소 보급)

\* 산업재산권: 현수형 가금시설 깔짚 자동살포장치 (10-2020-0048977) 기술 이전



그림 8 현수형 왕겨살포로봇을 이용한 오리 축사의 왕겨 살포 현장



그림 9 2020년형 왕겨살포로봇에 의한 왕겨 살포 범위 테스트

- 현수형 왕겨살포로봇을 활용하여 일일 30분 이내 왕겨 살포 완료 가능함. 지정된 시간, 지정된 양의 왕겨를 자동으로 살포함으로써 축사 깔짚재 관리 원활, 오리에게 위생적인 사육환경 조성 가능함
- 안정적인 왕겨 살포 기술 개발 및 제작 노하우 보유함



그림 10 H빔형 오리사 살포로봇(나주 사농장)



그림 11 H빔형 오리사 살포로봇(김제 농장)



그림 12 C형강형 오리사 살포로봇(진천 농장)



그림 13 비닐하우스형 오리사 살포로봇(영암 농장)

- 시설 유형별(일반 H빔형 농장용, 비닐하우스형 농장용)로 구분하여 장치 개발 및 현장 실증을 수행함. 농가 테스트베드 운영을 사용자 피드백 및 문제점 도출, 시스템 보완 수행하였음. 농촌진흥청 신기술 보급사업제품으로 채택되어 현장 공급, 지속적인 제품 개선 수행함

\* 기존에 H빔형 오리사 적용 현수식 깔짚 살포장치를 개발하였으나 우리나라 오리농가의 오리사는 대부분 비닐하우스 형태로 이에 맞는 현수형 살포시설 개발

- 선행 보유 특허는 현수형(매달림)방식의 왕겨살포장치에 대한 특허로 왕겨 살포에 최적화된 장치에 대한 특허임. 바닥을 교반할 수는 없는 구조로 되어 있어 해당 기능이 부재하며, 현수형 제품의 경우 중량에 따른 축사 시설의 구조 안정성 문제점 및 왕겨살포로봇의 자체 중량을 고려한 보급이 요구되

는 문제점이 있음. 무창 축사, 원치, 비닐하우스 등 수요처의 농가 시설 유형에 따른 장치 설치 시 현수형 장치임을 고려하여 축사 지붕의 구조, 안정성 문제를 검토해야 하는 불편이 존재함

- 본 과제를 통하여 궤도주행형 로봇 하드웨어 및 바닥 교반 기능을 개발, 기존 특허에서 확보된 왕겨 살포기술과 결합하여 왕겨살포로봇을 제작함

### ○ 무인 주행 기술을 보유한 이동형 로봇 기술

- 농림축산식품부 농림식품기술기획평가원이 지원한 첨단생산기술개발사업 'ICT 기반 한우, 젖소용 고품질 사료진단 및 자동 급이 시스템 개발(주식회사 다운, 2019)' 연구를 통하여 이동 차량형 자동급이 로봇 개선 및 실증 시험을 수행, 2017-2019년형 모델을 출시한 바 있음
- 안정적인 무인 주행 기술 및 제조 노하우 보유함



그림 14 무인 주행 기술이 적용된 우사용 급이로봇 사례(㈜다운 선행 개발)

- 무인 주행 기술 및 해당 기술의 구현을 위하여 다양한 센서 기술을 탑재함. 인공표식 및 센서를 비롯한 위치 추정 기법을 적용하였으며, 급이 위치 인식 및 안전 회피 기동, 장애물 탐지, 생체 탐지 등 축사 내를 안전하게 주행하기 위한 기술을 탑재함. IoT 연동을 위한 센서노드 및 통신 기술을 탑재함

### ○ 영상 모니터링 및 환경 모니터링 장비와 연동 기술

- 왕겨살포로봇에 영상·환경 모니터링 장비 추가 설치 및 연동 기술, 제작 노하우 보유함. 오리축사 내 영상 촬영이 가능한 CCTV, 환경 모니터링이 가능한 센서(측정 항목: 온도, 습도, 이산화탄소) 등을 왕겨살포로봇 하단부에 설치하여 로봇 주행 중 상시 모니터링 기술 구현함
- 왕겨살포 전·후의 환경 변화, 오리 행동을 확인하여 사육환경을 개선 가능함
- 사용자가 일원화된 소프트웨어 하나로 왕겨살포로봇 구동 현황 및 제어, 오리축사 내 영상정보 및 환경 모니터링 정보를 실시간 취득 가능함

### ○ IoT 원격 기능 탑재, 모바일 어플리케이션 개발 및 원격 관제 기술 개발

- 모바일 어플리케이션, PC 웹사이트를 통해 왕겨살포로봇 운영 정보의 실시간 열람 및 원격 관제 가능, 오리 축사 내 환경정보의 상시 모니터링 기능, 왕겨살포로봇의 기기 이동 중 알림기능 개발함



그림 15 왕겨살포로봇에 연동한 영상 장비(상), 센서 장비(하)



그림 16 축사 내 환경정보의 실시간 알림, 데이터 처리가 가능한 모바일 어플리케이션(android 전용)

### ○ 영상 매칭을 이용한 인식 기술

- 농림축산식품부 농림식품기술기획평가원이 지원한 1세대 스마트 애니멀팜 산업화사업 ‘국산 착유로봇 기술 현장 적용 평가 및 산업화(주식회사 다운, 2019)’을 통하여 “ToF 카메라 기반의 유두 인식 방법”을 개발함(주식회사 다운)

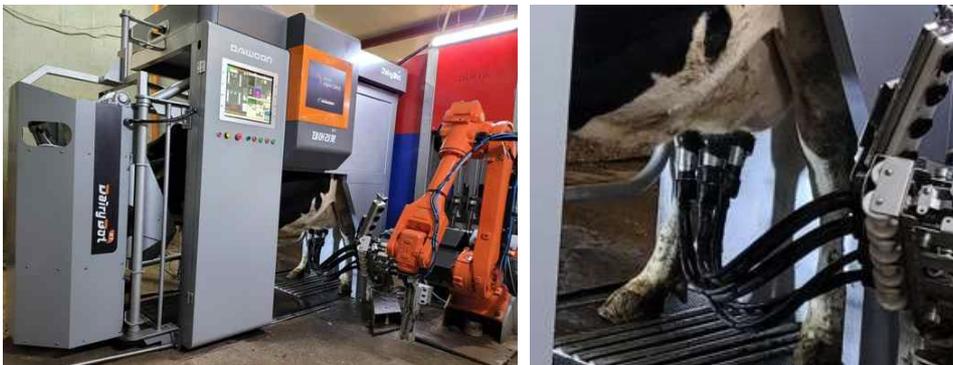


그림 17 영상 매칭을 이용한 유두 인식 기술이 적용된 로봇착유기 사례(㈜다운 선행 연구)

- ToF 카메라 기반의 유두 인식 방법은 기존 레이저빔-카메라 기반의 유두 인식방법이 갖는 인식 속도, 검출 환경 제약 및 정확도 문제점을 극복하였으며, ToF 카메라로부터 유두 부근의 깊이 영상을 획득하고, 다양한 유두 형상에서 유두의 끝점을 인식하기 위한 하우스도르프(Hausdorff)거리 기반 유두 끝점 인식 방법임

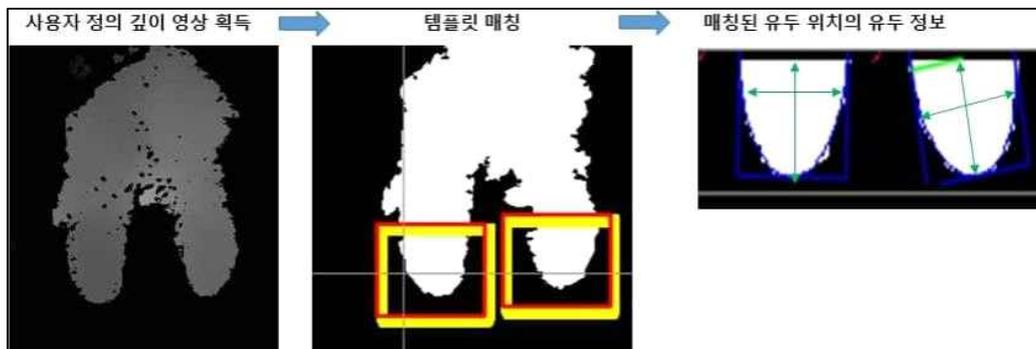


그림 18 매칭을 이용한 유두의 인식

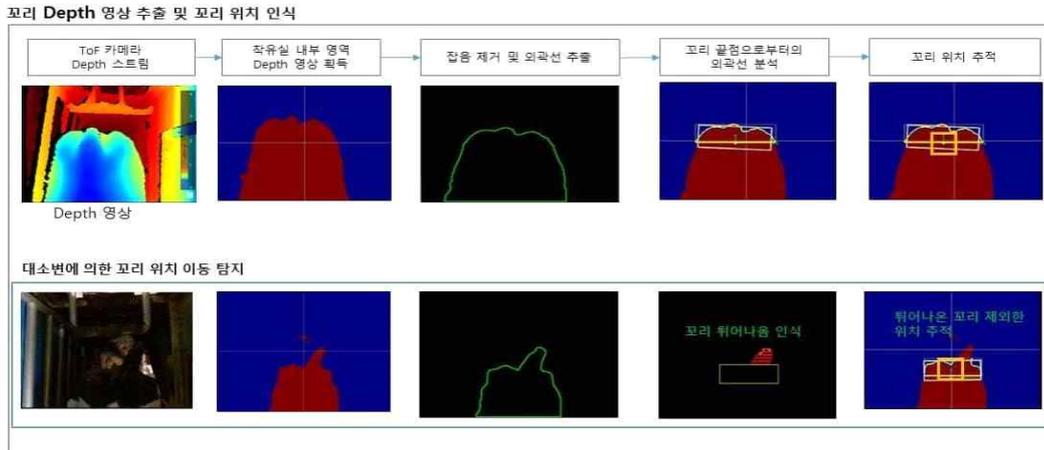


그림 19 ToF 카메라에 의한 소 꼬리 위치 인식 과정 및 꼬리 섬 상태 탐지 과정

- 딥러닝 기반 젖소 유두 검출 연구를 통하여, 젖소 유두 검출을 위한 패치 지정 및 영상 분석을 수행한 바 있음(주식회사 다운). CNN architecture 기반 객체 검출 네트워크 연구 및 학습 데이터 적용, 실제 검출 시스템에 적용하였음



그림 20 젖소 유두 학습 데이터 패치 영상

- 폐 영역 분류를 위한 영상 전처리, 영상 처리 기반 폐 영역 추출 및 검출 연구를 수행한 바 있음(가톨릭대학교). 추출된 폐 영역을 이용한 폐 영역 바운딩 박스 검출, 영상 잡음 제거 필터링, 히스토그램 분석을 통한 대비 향상 등 적용하였음. 문턱치 이용 및 모폴로지 연산을 적용함
- 머신러닝 기반 폐 영상 검출 및 폐결핵 분류 연구를 수행한 바 있음(가톨릭대학교). Chest X-ray 사진으로부터 폐 영역을 검출하였음. 딥러닝 기반 객체 검출 네트워크 사용 및 데이터 증강을 이용하여 검출 성능을 높임. 검출된 폐 영역으로부터 폐결핵 여부를 분류 가능함

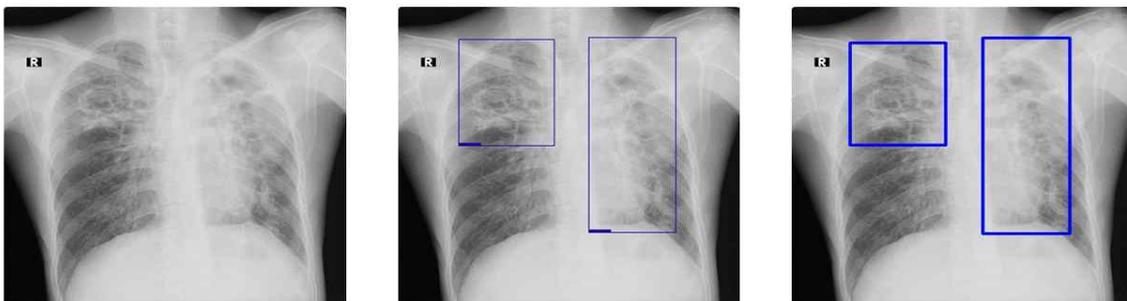


그림 21 Chest X-ray영상으로부터 폐 검출 결과 (좌)입력 영상, (중)검출 결과, (우)ground truth

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2.1 오리축사용 궤도주행형 왕겨살포로봇 개발 및 현장 실증(주식회사 다운)

#### 1) 깔짚 살포로봇 현장 실증 및 데이터 수집

##### □ 깔짚 살포로봇 현장 적응 시험

##### ○ 기 개발 현수형(레일형) 깔짚 살포로봇 현장 적응시험(일반 오리 사육농가 1개소)

- 오리 사육농가 1개소(충북 음성 소재, 영\*농장)에서 기 개발 현수형(레일형) 깔짚 살포로봇을 설치 및 현장 적응시험을 수행함
- 연구기간의 단축 및 현장시험의 원활화를 위하여 기존 (주)다운 연구기관의 제품을 도입하여 사용 중인 모델 농가 1개소(영\*농장)에 바닥깔짚(왕겨) 살포기를 2022년도에 추가로 설비, 바닥깔짚(왕겨) 살포기의 실증을 지속적으로 수행함

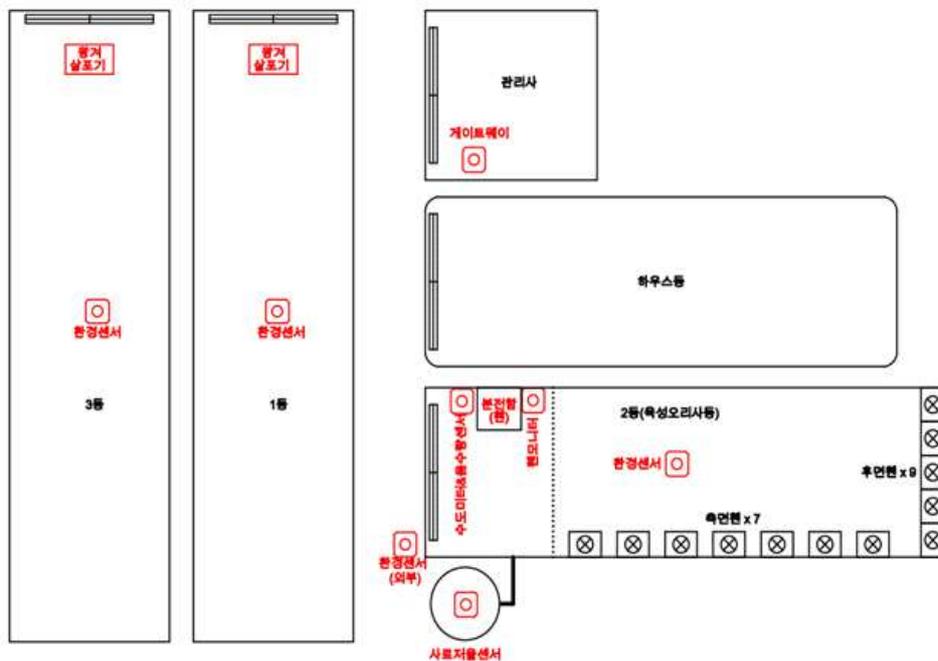


그림 22 오리 2세대 스마트팜 장치 통신방식

표 5 깔짚 살포로봇 실증 현장(영\*농장 추가 설치)

H/W 설치 이미지	장비 개요	비고
 <p>깔짚 살포로봇 실증 현장</p>	<p>축사의 천장에 레일을 설치하여 레일을 따라 왕겨 주행하며 깔짚(왕겨)을 축사 바닥에 살포하는 기기임 H빔 형태, 하우스 형태의 오리사에 설비 가능하며, IoT 통신기능을 탑재하여 사용자의 원격 제어, 무인 주행 및 예약 주행이 가능함 왕겨 이송 라인을 별도로 설치하여 왕겨살포기에 왕겨 자동 충전이 가능함 신선한 왕겨를 오리사 바닥에 지속적으로 공급해주어 습기로 인한 오리 발바닥의 감염을 막고 건강한 생육을 도모함</p>	<p>1동, 1개 설치</p>

□ **깎짚 살포로봇 현장 적응시험에 따른 데이터 수집**

○ **기 개발 현수형(레일형) 깎짚 살포로봇 현장 적응시험에 따른 데이터 수집**

표 6 전남 부안 소재의 3번 측사 수집 데이터(예시)

장소	날짜	시간	습도	온도	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
3번	2023-10-20	19:00	48.2	19.3	403	1.5
3번	2023-10-20	20:00	59.1	16.3	429	1.6
3번	2023-10-20	21:00	52	21	929	1.9
3번	2023-10-20	22:00	57.6	21.2	1125	2.1
3번	2023-10-20	23:00	55.4	22.9	1350	2.1
3번	2023-10-21	00:00	57.3	23.5	1437	2.3
3번	2023-10-21	01:00	71	19.8	1365	2.2
3번	2023-10-21	02:00	71.5	19.5	1351	2.1
3번	2023-10-21	03:00	71.8	19.2	1364	2.1
3번	2023-10-21	04:00	64.7	20.4	1303	1.9
3번	2023-10-21	05:00	74.1	18.3	1392	1.8
3번	2023-10-21	06:00	74.6	18	1364	1.8
3번	2023-10-21	07:00	73.1	18.5	1386	1.8
3번	2023-10-21	08:00	74.2	19.5	1366	1.7
3번	2023-10-21	09:00	62.8	23.2	1277	1.9
3번	2023-10-21	10:00	58.2	24.4	1035	1.6
3번	2023-10-21	11:00	70.4	21.2	892	1.4
3번	2023-10-21	12:00	60.8	25	1109	1.5
3번	2023-10-21	13:00	73.3	22.4	985	1.6
3번	2023-10-21	14:00	63.5	20.4	269	1
3번	2023-10-21	15:00	50.8	23.4	353	0.9
3번	2023-10-21	16:00	49.8	22.8	355	0.7
3번	2023-10-21	17:00	61.7	19.9	573	1.4
3번	2023-10-21	18:00	59.4	19.9	662	1.4

2) **깎짚 살포로봇 제품 성능 고도화**

□ **깎짚 살포로봇 H/W 고도화**

○ **깎짚 살포로봇 통합제어기 개발**

- 데이터 통신 기술과 적절한 현장통제용 통신기술 구현, 무선 통신 기술을 활용하여 깎짚 살포로봇 통합제어를 위한 양방향 제어기 고도화 및 농장 네트워크를 구성하였음
- 기존 제어장치에서 사용하던 통신 모듈(LoRa)을 유지하되 기존 모델의 단점을 해결하기 위하여 장거리 통신이 가능한 고성능 WiFi 전용 칩을 추가로 탑재, 오픈 하드웨어 플랫폼인 OrangePi(4 LTS 모델)를 적용하여 개발 진행
- 무선 인터페이스 가능하도록 패킷 구현, MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) 통신 규약 적용, TCP/IP 프로토콜에서 동작하도록 네트워크 기술을 개선, 시스템 고도화를 추진하였으며, 기존의 네트워크 지원 거리와 대역폭의 한계 및 단방향의 단점을 극복하고 모니터링 시스템의 활용 효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대됨

표 7 기존 센서네트워크 통신 모듈 비교

통신 모듈	특징	비고
LoRa	고성능 장거리 통신 규격	- 최대 16 km라는 통신 반경을 지녔으며 회로가 간단한 장점이 있으나, 전력 소모량이 커서 배터리 시스템 유지가 어려운 단점이 있음. 통신이 장거리를 지원하지만 대역폭이 좁아 소량의 데이터만 송수신이 가능한 한계가 있고, SK Telecom의 망 점유에 의한 제재가 있음
WiFi	고성능 WiFi 전용 칩	- 오픈 하드웨어 플랫폼 Orange Pi 적용, 내부 데이터 베이스 MYSQL 접근 기능, MQTT 구현 가능함. 장거리 통신이 가능, 기존의 네트워크 지원 거리와 대역폭의 한계 및 단방향의 단점을 극복

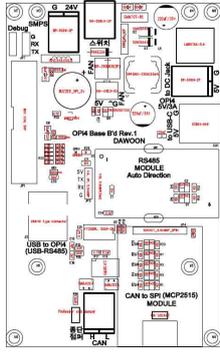


그림 23 OrangePi용 베이스보드 설계

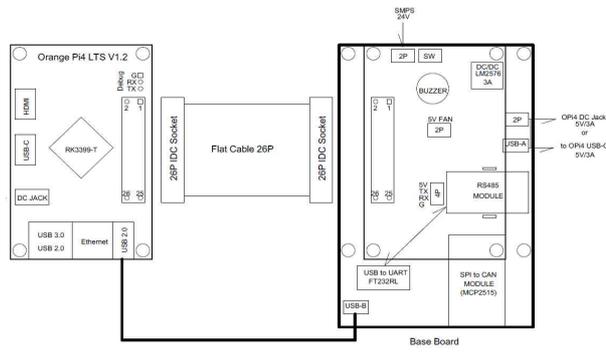


그림 24 OrangePi 및 베이스보드 연결방식

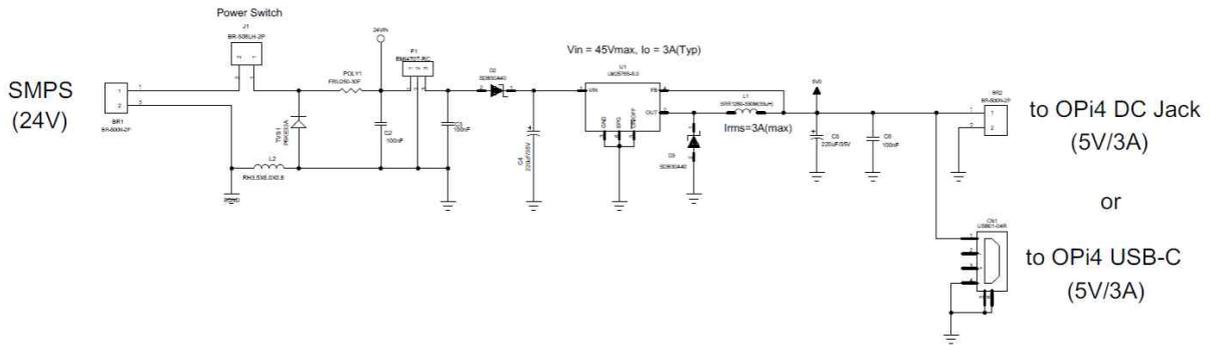


그림 25 OrangePi 및 베이스보드 연결 회로도



그림 26 OrangePi용 베이스보드 실제작품



그림 27 OrangePi 및 베이스보드 결합

- 데이터 통일성, 연계성을 강화하기 위하여 개방형 프로토콜을 준수하고 제어장치 및 표준을 고려한 Open API 개발
- 기술적 검토를 통해 리눅스 OS 기반, PYTHON 소스코드 작성, 데이터베이스를 구성 및 데이터베이스 필드 생성, 사용자에게 서비스하기 위한 프로그램을 설계하였으며, 웹서버에 자료 연동 및 제어가 가능하도록 데이터통신 설계하여 데이터서버 연동을 통한 데이터 관리가 가능
- 원격 제어(A/S 및 자동 업데이트) 기능, 문제 발생에 대한 빠른 대응을 위해 알림서비스, 사용자 요구가 있었던 데이터통신 수신 확인기능을 반영함

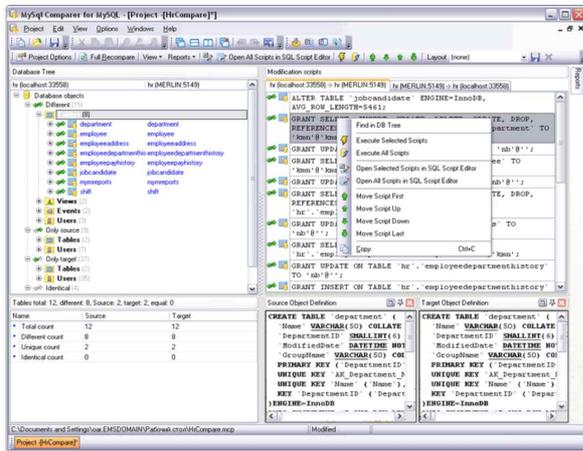


그림 28 MYSQL을 적용한 데이터베이스 구성

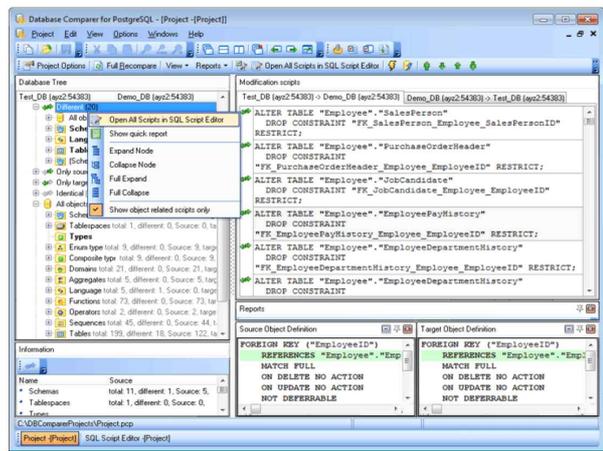


그림 29 MQTT 통신패킷 정의

- 기존 네트워크 기술인 RS485 모듈, CAN 모듈 탑재하면서 고성능 WiFi 칩 대응 및 IO포트 제어 가능, 최대 32개까지 왕겨살포로봇과 연동 가능하며, 개방형 API사용으로 확장성 있게 구현하여 다양한 ICT 기능 추가가 가능
- 향후 외부 기기에 범용 가능, 타 제조사의 오리 스마트팜기기(환경 모니터링기기, 사료빈·음수량 모니터링 기기 등)와 연계, 일괄 제어 및 통합DB 구축이 검토 가능함

○ AI 오리 인식 인터페이스 개발 및 로봇 탑재

- 축사 내에서 로봇 운용, 자동운전 시 오리 위치인식 기술이 요구됨에 따라 본 과제의 공동연구기관(가톨릭대학교 산학협력단)에서 AI 학습을 통한 오리인식 기술이 개발
- 해당 AI 솔루션을 로봇과 별도의 시스템이 아닌 하나의 리눅스 기반 시스템에 탑재하기 위한 인터페이스를 개발, 로봇에 적용하였음
- 오리 인식 시 주행 로봇에 2D LiDAR 카메라를 활용하여 영상 촬영 → AI 기술을 통해 영상 인식 → 오리 검출, 위치좌표 확인 → 데이터 통신으로 리눅스 기반 ROS시스템에 위치좌표 전달 → 오리 개체를 로봇 시스템에서 확인 및 대처(회피 또는 수거)
- 대처 명령은 로봇이 이동속도 줄이기, 정지하기, 폐사체를 인지할 경우 회수하기이며, 오리의 위치 좌표 및 로봇의 위치 좌표 간 상관관계, 거리 값을 파악하여 주행 상태에 적용되도록함

표 8 AI 오리 인식 인터페이스 개발 범위 및 고려 사항

구분	개발 범위 및 고려 사항
오리 객체 인식	- 타 연구기관에서 AI 데이터 수집 및 학습, 솔루션 개발 - 라이브러리 제공
데이터 통신	- AI 솔루션 & 로봇 간 데이터 통신 기술 구현 - 고성능 무선 통신기술 탑재, 네트워크 환경 구성
인터페이스	- 2D LiDAR 카메라 채택하여 영상 촬영, 화면 처리 - 로봇 운영시스템(ROS)에 명령 전달 및 제어 기능 구현(속도 저하, 정지) - PYTHON 언어, ROS 1.0 기반에서 동작 가능 - 로봇 매뉴얼레이터에 명령 전달 기능 구현(수거) - 오류 가능성을 대비하여 비상정지 기능 구현 - 데이터 결과값 저장 및 log 기록, 개발 중 발생 이슈에 대비
외부 LCD	- 로봇 외부 LCD에 표시 기능 구현, 사용자 편의를 위함 - 10 inch 이상 고해상도, 터치스크린 기능

표 9 AI 오리 인식 인터페이스 소스코드 일부 발췌

```

class Duck(RosObject):
    def __init__(self, path: str, params: DuckParameters):
        super().__init__("duck")
        self._p = params
        self._bridge = CvBridge()
        self._image_pub = rospy.Publisher(f"{path}/image", Image, queue_size=1)
        model = rospkg.RosPack().get_path('dw_sparge_robot')
        model = os.path.join(model, "src", "duck_detection", "weights", "yolo8m-duck.pt")
        self._detect = Detection(model, v=False) # v stands for 'visualize'
        self._running = False
        self._detecting_changed = False
        self._detect_pub = rospy.Publisher(f"{path}/duck_detection", String, queue_size=1)
        self._rate = rospy.Rate(10)
        self._detected = False
        self._detected_time = rospy.Time(0)
        self._thread = threading.Thread(target=self._run)
        self._thread.start()
    def is_detected(self) -> bool:
        return (rospy.Time.now() - self._detected_time).to_sec() < self._p.detect_remember_time
    @property
    def running(self) -> bool:
        return self._running
    def set_running(self, running: bool):
        self._detecting_changed = self._running != running
        self._running = running

```

- AI 솔루션이 PYTHON으로 프로그램 되어 있으므로 인터페이스를 호환되게 하며, 개발된 ROS 기반 인터페이스 시스템에서는 인식된 개체에 대한 이미지를 외부 화면에 표시하여 사용자가 로봇의 대처를 확인 가능하도록함
- 인터페이스를 신규 개발한 오리로봇 H/W 탑재 후, 오리 인식 기능을 점검하였으며, 실제 오리 농가로 기기 이송 전, 사진 이미지를 이용하여 인식 속도 검증 및 문제점 검토, AI 알고리즘과 로봇제어 알고리즘 간 데이터 송수신을 점검함
- 공동연구기관(가톨릭대학교) 연구팀과 협업 결과 AI 알고리즘 및 오리로봇의 데이터 통신 및 출력 제어 기능을 검증함
- 향후 현장 적응시험 및 테스트, 업그레이드의 중요성이 강조되며, 오리인식 AI기술의 고도화를 통해 AI 엔진을 사용하기 위하여 고가의 비디오카드(3060 기본사용 중)를 적용해야 하는 고비용이 주된 문제점으로 지목된 바, 고성능 시스템이 아닌 저가형 시스템에서 구동되는 방식의 AI엔진의 개발 필요성, 지속적인 최적화를 통해 일반 PC에서 비디오카드 없이도 운용 가능한 AI엔진의 개발 필요성이 확인됨



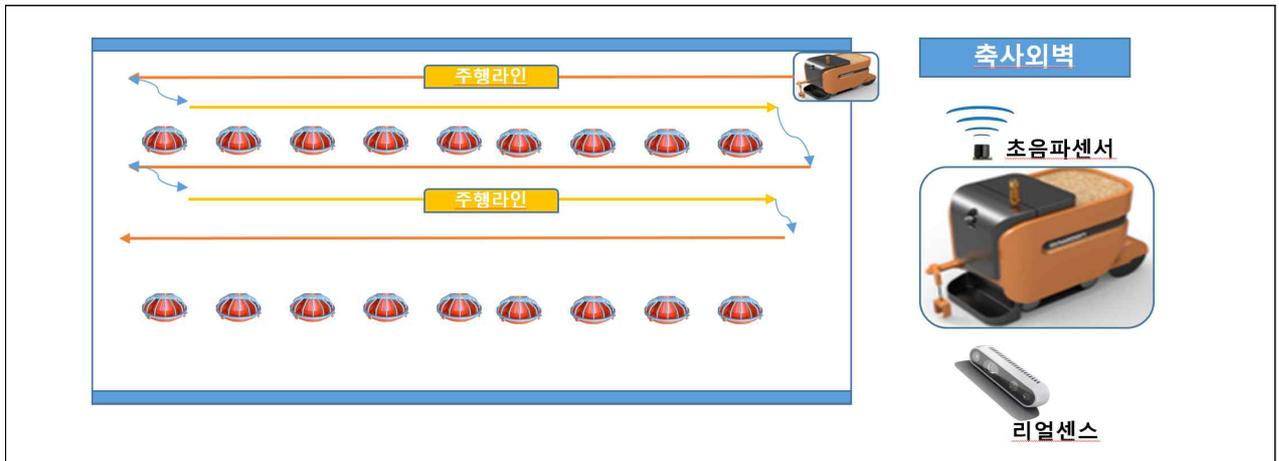
그림 30 사진 이미지를 활용한 AI알고리즘 데이터의 송수신 검증

○ ROS기반 오리사 실내 자율주행기술



그림 31 ROS기반 오리사 실내 자율주행기술

- 일반적인 실내 자율주행 기술은 ROS(ROBOT OPERATION SYSTEM)의 오픈소스 기반 기술을 이용하여 개발되고 있고, 관련 기술에서 제공되는 라이브러리를 이용하여 현장 조건에 맞게 수정 보완함으로써 기술을 구현하고 있다.
- ROS기반 기술을 활용하여 로봇에 각종센서 및 모터를 연결하고 제공되는 소프트웨어를 이용하여 로봇의 주행 경로를 설정한다.
- 관련 기술개발을 위하여 ROS전문가 그룹과 협업을 통한 기술고도화를 진행하였음



경로설정 시나리오 예시

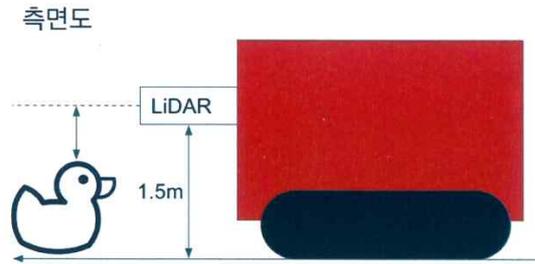
System overview



그림 2. 시스템 구조: Afterscool 네비게이션 모듈은 오리 탐지는 무시하고, 환경 정보 및 설정된 경로 트래킹을 위한 로봇의 움직임 커맨드만 전달한다. 오리 탐지는 별도의 모듈에서 처리하여, (주)다운 로봇에 전달한다. 로봇의 최종 움직임은 (주)다운 로봇 모듈에서 결정한다.

- 시스템 구조 : Afterscool 네비게이션 모듈은 오리 탐지는 무시하고, 환경 정보 및 설정된 경로 트래킹을 위한
- 로봇의 움직임 커맨드만 전달함
- 오리 탐지는 별도의 모듈에서 처리하여, 로봇에 전달함
- 로봇의 최종 움직임은 로봇 모듈에서 결정함

## LiDAR configuration



- LiDAR센서 configuration : LiDAR 센서는 오리 유무에 관계없도록 충분히 높은 위치에 설치하여 환경정보를 탐지

### 1. 제품 사양

#### 가. 주행전 작업

##### 1) 맵 빌딩

- 가) 오리유무를 고려하지 않고 환경정보만을 얻기위해 센서는 충분히 높은곳에 설치함.
- 나) 실 주행에 사용한 센서를 로봇에 장착한 채로 맵 빌딩을 진행함.
- 다) 맵 빌딩 : 현재공간의 주행가능한 환경정보를 취득하여 내부공간 지도를 생성하는 작업으로 일반적으로 SLAM이라고함.
- 라) 맵 빌딩 작업은 로봇을 매뉴얼로 이동하면서 작업하거나, 관련 전용툴을 이용하여 맵을 만들 수 있지만, 로봇을 이용하여 작업하는 것을 기본으로함.
- 마) 오리가 있는 환경에서도 맵 빌딩은 가능함.
- 바) 다만, 맵 빌딩 과정에서 로봇이 이동하게 되지만 오리를 탐지하지 않기 때문에 오리와의 충돌이 예상되는 관계로 주의가 필요하고, 가급적 없는 환경에서의 맵 빌딩 작업을 추천함.

##### 2) 경로설정 기술 개요

- 가) 일반적인 경로 설정은 로봇이 최단거리를 이동하여 목적지까지 자율주행 하도록 구성 되어 있음.
- 나) 이런 방법을 사용할 경우 바닥 의 교반이나, 관제를 위한 이동시 많은 문제점을 가질 수밖에 없으므로 로봇의 주행을 최단거리 주행이 아니라 경로를 만들고 경로에 근접한 주행을 할수 있도록 해야함.
- 다) 이런 이유로 경로주행 기술을 개발하였음.

##### 3) 경로설정 및 주행기술

- 가) SLAM을 통해 얻어진 맵상에 주행 경로를 지정한다.
- 나) 시작점
- 다) 중간경로 지점 복수선택
- 라) 종료지점 선택
- 마) 최종경로 디스플레이를 통한 관리자 검증 요청
- 바) 주행 준비 완료

##### 4) 자율주행 환경

- 가) 사전 준비작업을 통해 완성된 맵과 경로에 관련된 정보를 이용하여 관련 기술을 구현할수 있도록 한다.
- 나) 라이다와 초음파 센서를 이용하여 관련 위치를 추정하고 주어진 경로에 최대한 근접한 주행

을 할수 있도록 한다.

다) 시작점에서 종료 지점까지 설정된 경로를 따라 주행한다.

라) 주행시 실시간 센서정보를 디스플레이 한다.

마) 로봇의 운행이 오리사 내부에서 끝나지 않는 관계로 충전에 대한 도킹은 고려치 않음.

#### 5) 테스트 환경

가) 시뮬레이션 환경에서 1차 테스트를 수행함.

나) 시뮬레이션 환경에서 주로 사용되는 로봇을 이용하여 주행성능을 확인하고 확인된 주행엔진을 로봇에 탑재하여 실제 현장에서 확인 검증을 계획함.

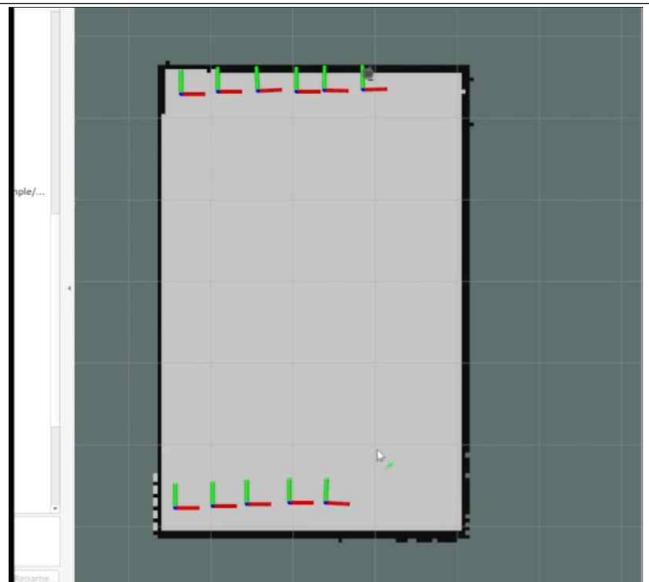
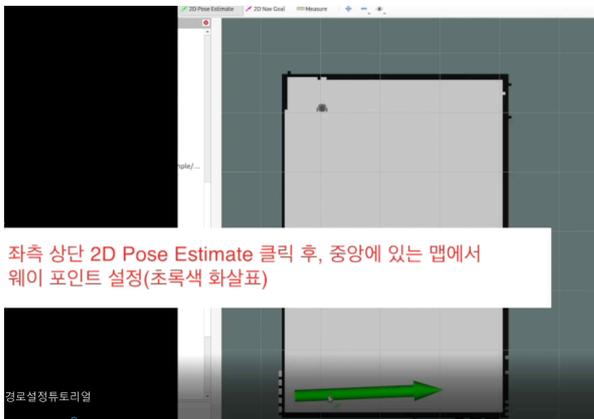
#### 6) 로봇OS환경

가) OS : UBUNTU20.04 (64bit)

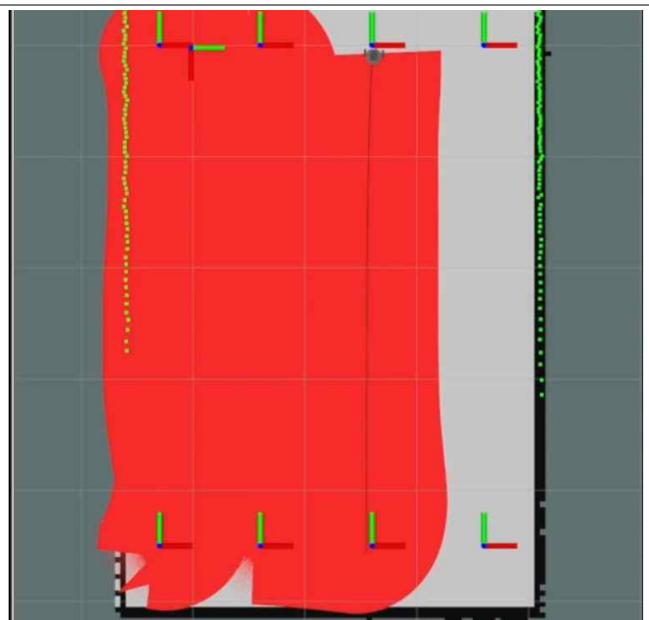
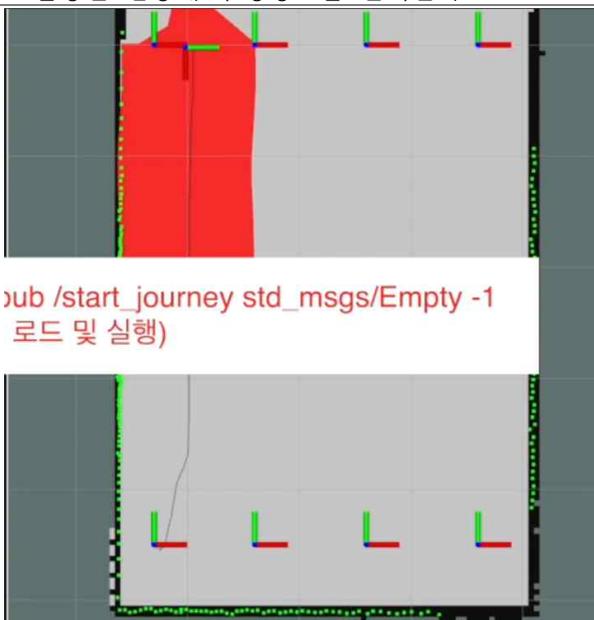
나) CPU : Intel I7이상

다) Memore : 16GB이상

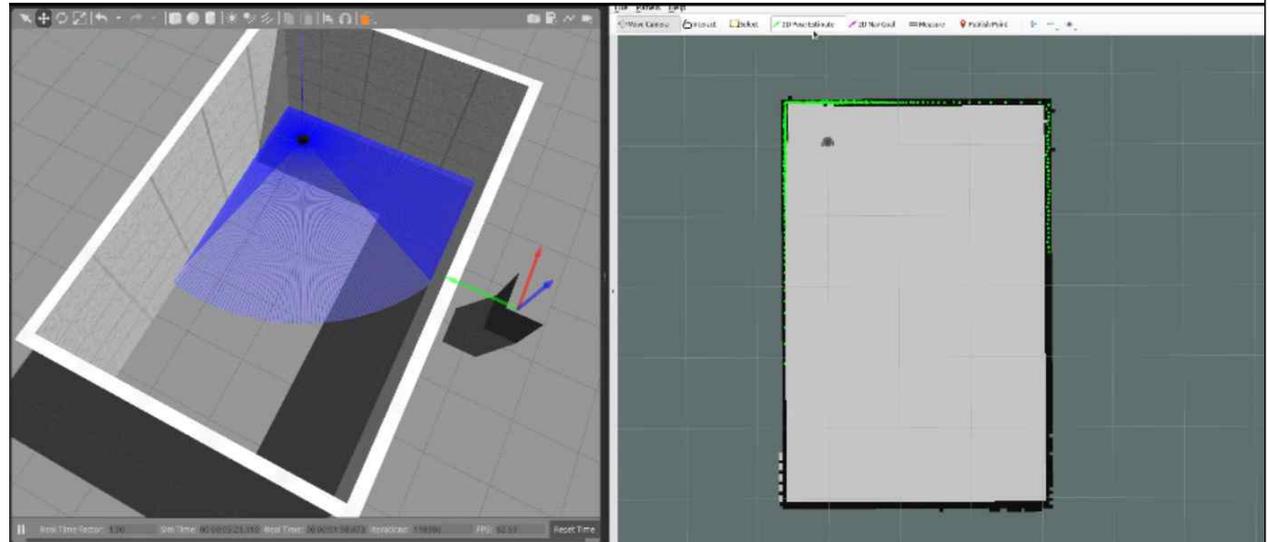
라) Liabararies : ROS1(Neotic),Python3



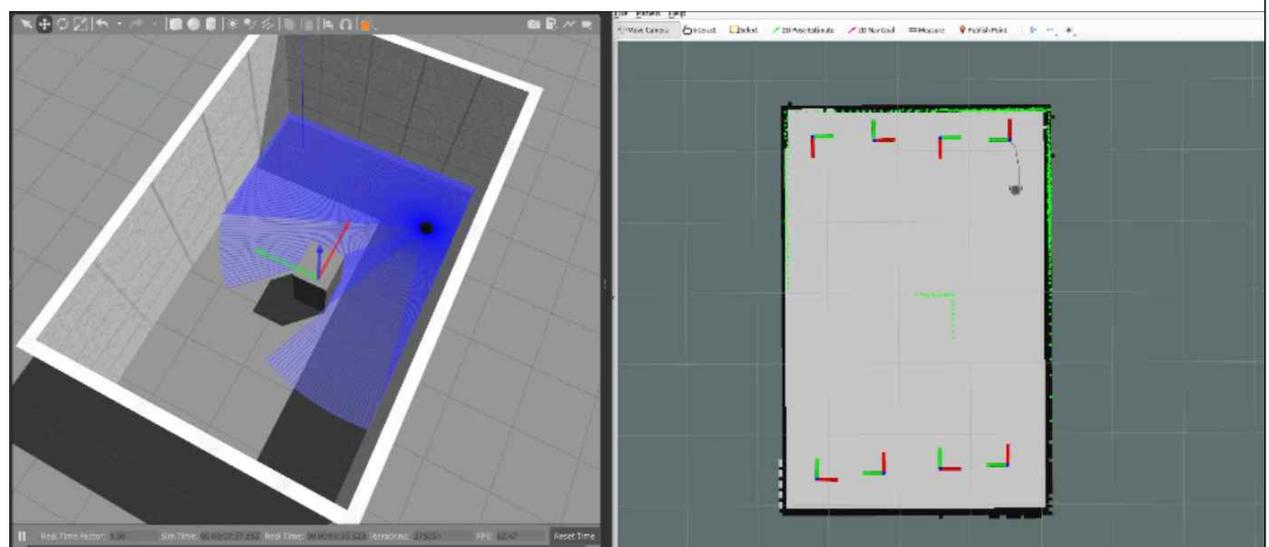
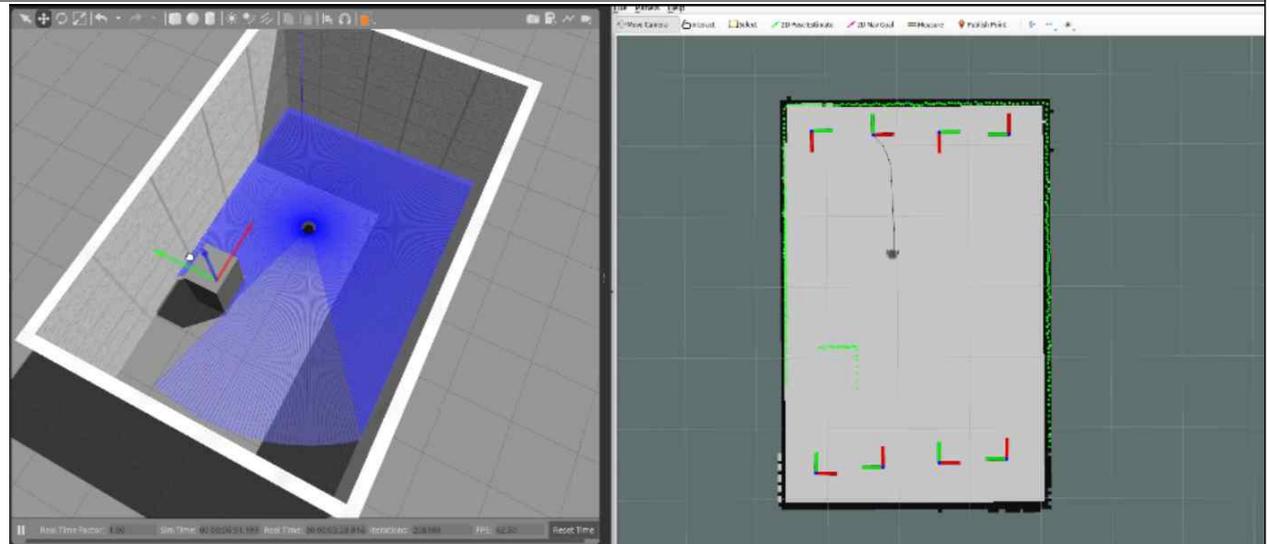
- 설정된 맵상에 주행경로를 선택한다.



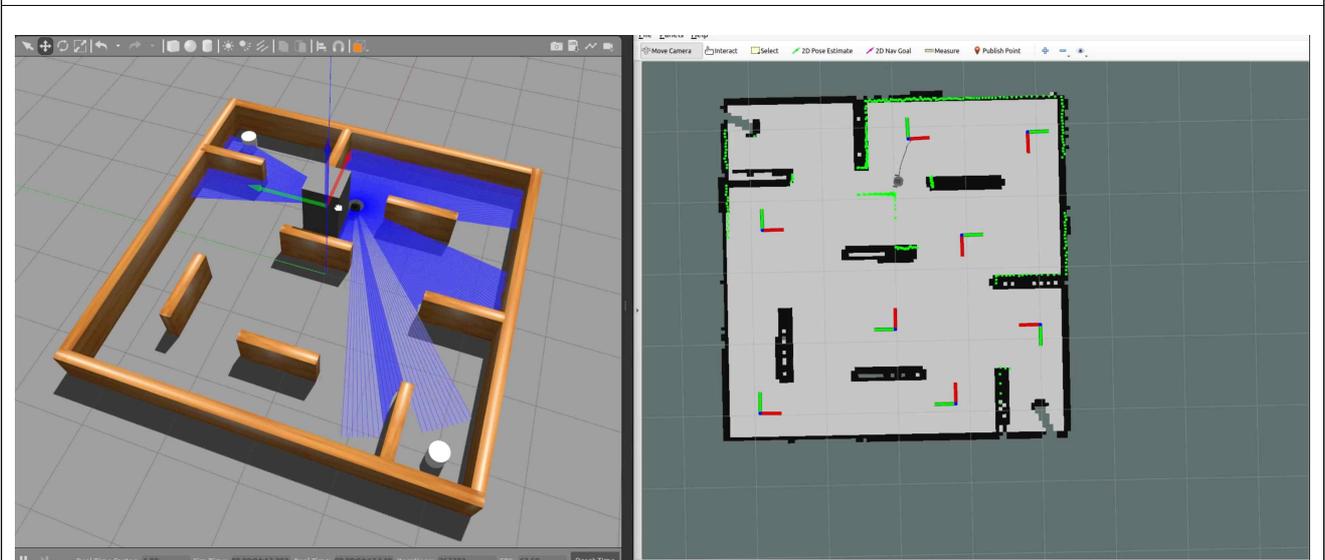
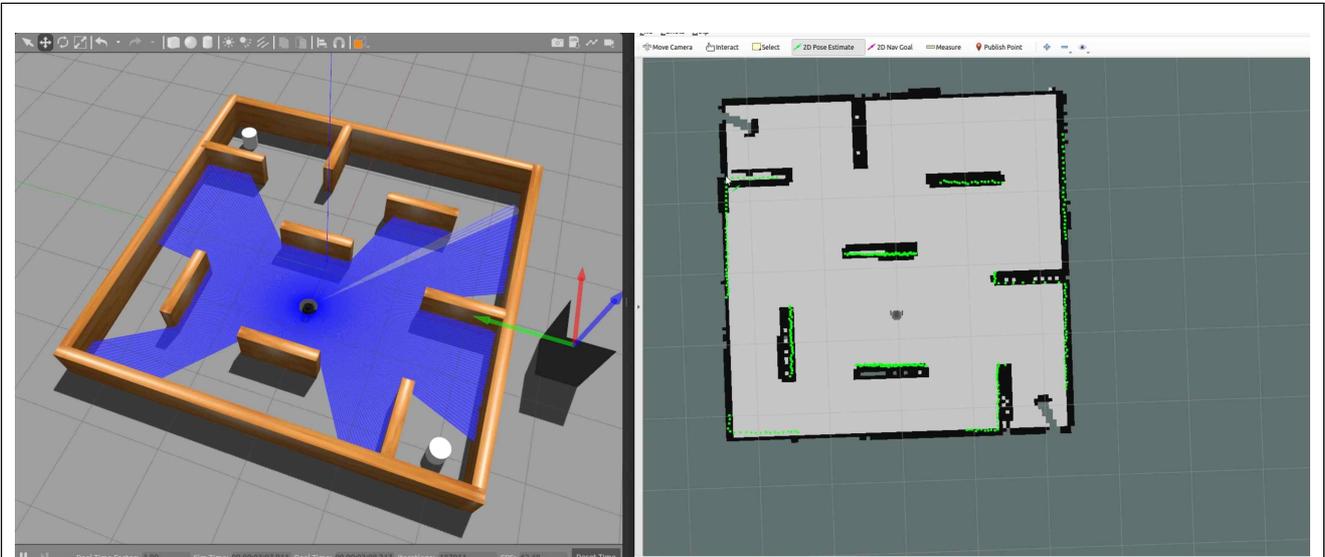
모의주행을 실시함.



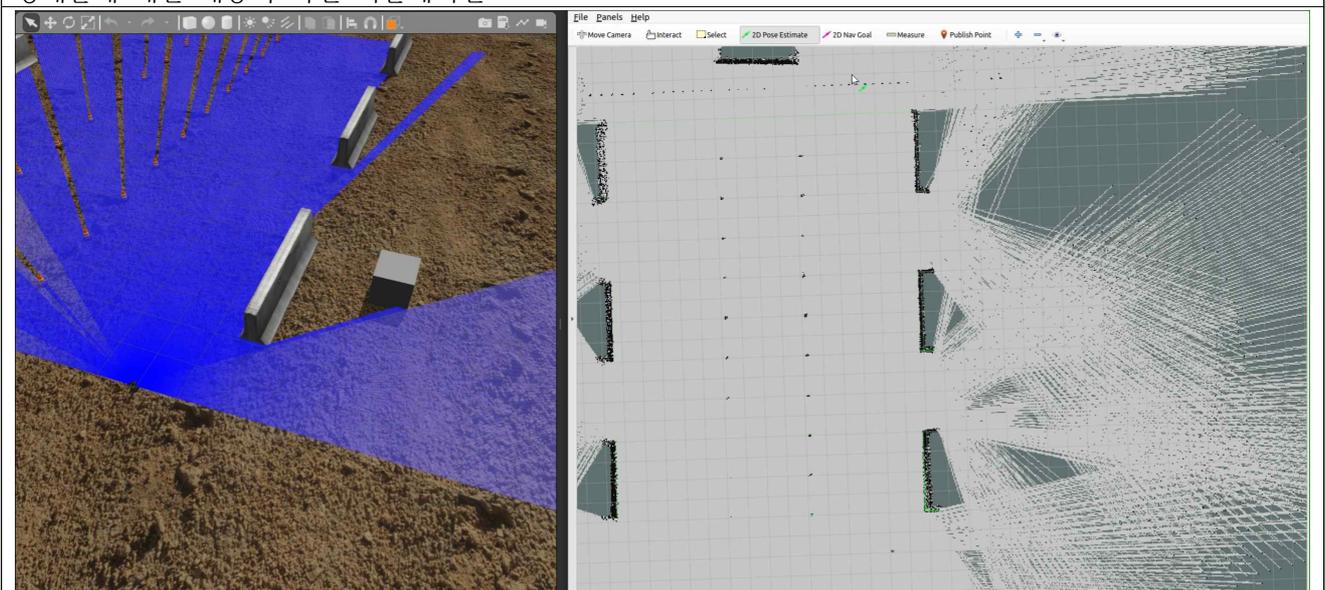
시뮬레이션 환경을 구축하고 주행 검증함.

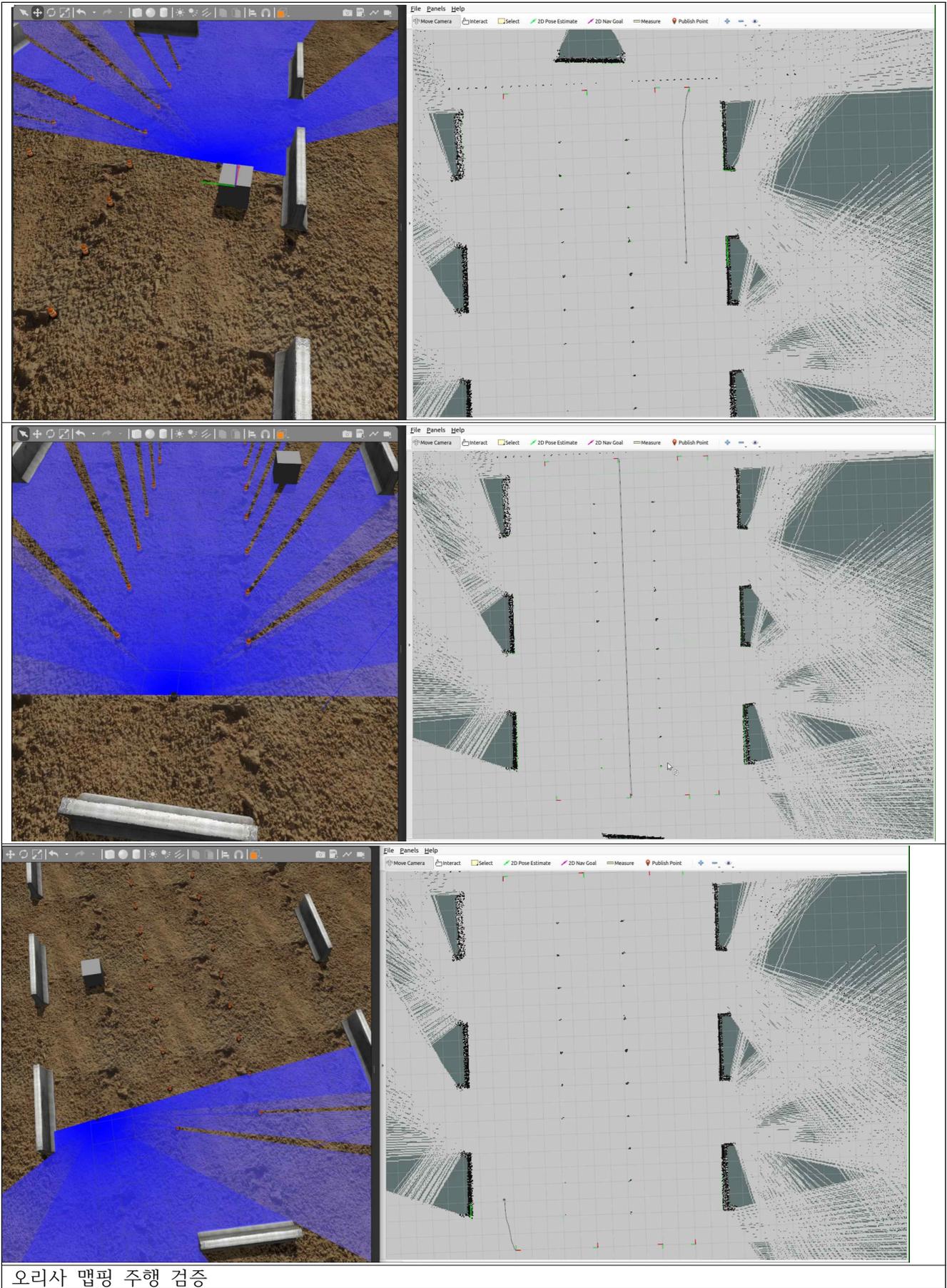


사각공간에서 시뮬레이션



장애물에 대한 대응력 확인 시뮬레이션





오리사 맵핑 주행 검증



현장 주행을 통한 주행엔진 검증

#### 고찰

- 현장의 다양한 조건을 수용하기엔 절차가 너무 많음
- 농장 맵정보 제작을 위한 매뉴얼 주행
- 주행 경로 생성
- 주행테스트
- 문제점 분석 및 맵수정
- 회전 구역의 바닥상태 훼손 방지를 위한 주행경로 수정 및 검증
- 농장주 의견에 따른 주행 방법 신속 수정필요
- 장기적으로 좀더 나은 방법의 주행기술 확보가 필요하다는 의견이 많았음.
- 다양한 주행 기술에 대한 확인 및 새로운 센서기반 주행기술의 필요성이 대두됨

## ○ 실내 GPS를 이용한 자율주행기술 구현

- ROS기반 주행기술의 단점을 극복할 수 있는 다양한 기술을 검토함.
- 실내환경에서 GPS를 구현한다면 주행기술의 기본적인 과정(SLAM,주행맵설정)의 과정이 생략될수 있고, 환경을 자동으로 인식하므로 별다른 설정이 필요 없을 것 같은 의견이 있었음

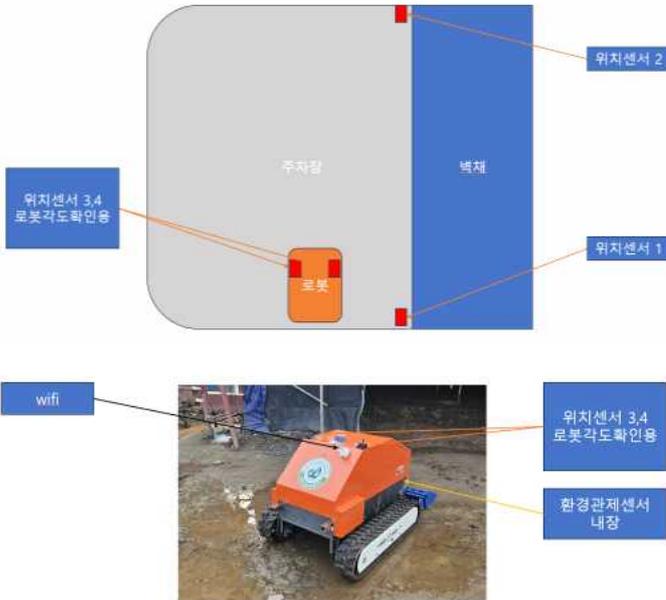
## PRECISE ( $\pm 2\text{CM}$ ) INDOOR POSITIONING SYSTEM for autonomous robots, drones, vehicles and humans

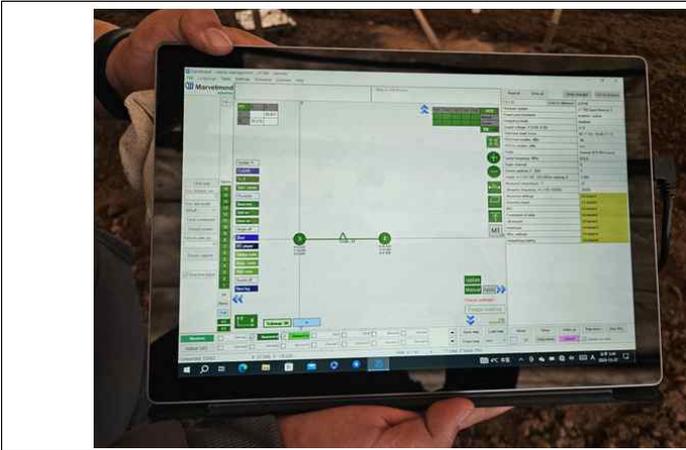


그림 32 실내 GPS 장치

- 실내 GPS기술이 최근에 개발되어 다양한 현장에서 쓰임새를 넓혀가고 있다는 의견이 있어 관련기술을 숙지하고 제품에 설치 운영하도록 기술 개발을 수행하였음.
- 주변 환경을 인식하면서 주어진 mapping 자료를 이용하여 바닥 주행, 벽체와의 정확한 거리 유지 및 바닥 교반기능을 효율적으로 주행 기능과 병행하기 위하여 실내 GPS를 이용한 자율주행 기술을 도입함
- 상용화된 실내 GPS 기술을 검토하여 3D를 이용한 실내 GPS기술을 도입하였고 2개 이상의 센서(이동형 센서 1개 이상, 고정형 센서 1개 이상)를 실내에 배치함
- 센서 간 무선통신 기술과 초음파센서 기술을 이용하여 대상체의 위치를 추종하는 기술로 최근 개발되어 진보성 및 우수한 정밀도를 갖추고 있으며 상용화되어 현장에 보급되고 있음
- 실내 GPS 기술을 도입 전 연구기관(쥬다운 연구소)에서 자체 테스트를 시행하였으며, 관련 인터페이스 기술 확보 및 시스템 적용을 거쳐 로봇H/W에 탑재, 자체 환경에서 테스트를 수행하였음

표 10 실내 GPS를 이용한 위치추정 기술 자체 테스트

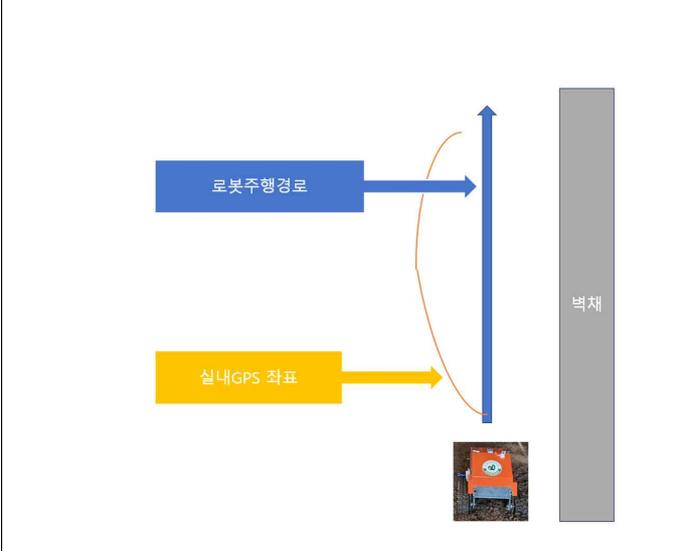
이미지	테스트 과정
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고정형 센서를 벽체에 부착한 후 이동형 센서를 든 대상(연구원) 이동</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서를 든 대상(연구원)이 이동하며 이동 동선이 추적, 모니터링 진행</li> <li>- 이동형 센서의 위치 및 동선을 검토하여 추적·모니터링 기술의 정확도 검토</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구기관(주다운) 외부 주차장에 고정형 센서(각 위치 2곳), 이동형 센서(로봇의 전면부 2곳), 총 4개의 센서를 부착하여 실험 환경 구축</li> <li>- 주행 로봇에는 WiFi 네트워크를 구축하였고 환경 센서, GPS 위치 센서를 탑재함</li> <li>- 로봇이 이동하며 위치 데이터 검출 시험 진행</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장에 설치 운영테스트</li> <li>- 센서를 20미터 간격으로 배치</li> <li>- 로봇 위에 수평으로 2개 설치하여 로봇의 회전각을 확인할수 있도록 하였음.</li> </ul>



- 로봇의 이동 경로를 관련 프로그램을 통해서 확인하고 있음.



- 로봇의 위치 및 주행 경로가 표시되고 있음.  
- 화면의 경로표시와 실제와의 오차가 발생하는 문제가 지속됨.



- 센서간섭이 심하여 오차발생이 많음  
- 직진주행시 로봇의 주행을 바르게 움직이는데 반하여 좌표가 균일하지 않음.  
- 데이터의 안정성이 의심되어 제품의 사용상 문제점이 지속적으로 발생됨.



- 개발보류함.



그림 33 GPS 기술을 이용한 로봇 자율주행 테스트

- H/W 장착 후 테스트 결과, mapping을 통한 교정 및 반복 진행 시 안정성을 높일 수 있으나 장애물의 등장에 의한 데이터 교란이 검출됨
- 지속적인 모니터링을 통해 관련 기술의 수준이 올라가고 현장에 대한 노이즈 및 데이터의 안정성이 확보 된다면 훌륭한 실내 GPS기술로 활용될 수 있을 것 같다는 내용을 확인함.
- 확보된 기술을 기반으로 관련 센서기술이 성장될 때 까지 실내GPS기술의 채용을 보류하기로 결정하고 기존 개발된 ROS기반 기술을 확대 적용하기로 함.

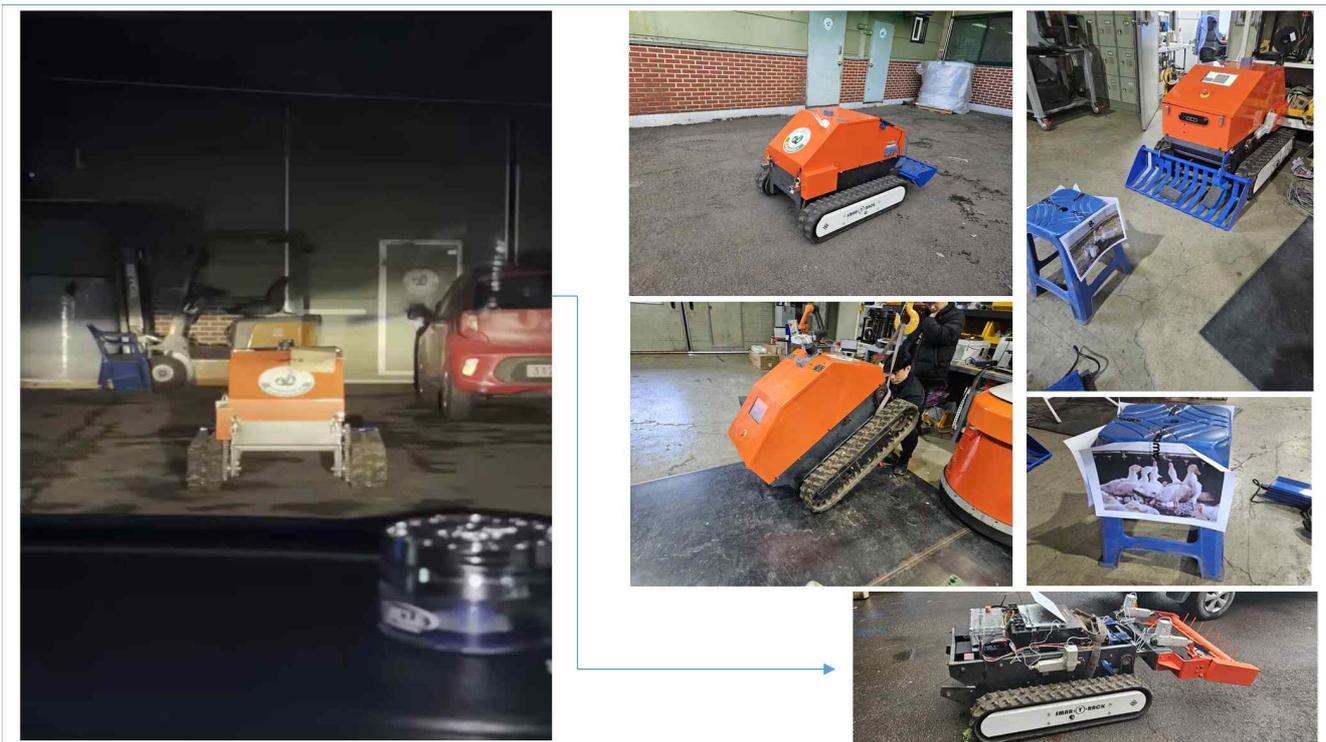


그림 34 그림 ROS 주행테스트 및 검증관련 이미지

## □ 깔짚 살포로봇 S/W 고도화

### ○ 깔짚 살포로봇 관제 S/W 및 센서 데이터 통합서버 제작

- 기존 연구기관(㈜다운) 관제 솔루션에 오리축사 주행로봇의 관제 기능을 추가, 기기의 상태를 원격 점검하고 문제를 사전에 확인 및 빠른 서비스를 실행 가능하도록 웹서버를 구축한 바 있으며, 해당 오리로봇의 관제 프로그램에 센서 데이터 수집 기능을 통합, 오리로봇의 관제 및 환경 관제가 병행 가능하도록 통합서버를 개발하였음
- 관제 S/W 및 센서 데이터 통합서버 구축의 목적은 오리축사 기기와 서버의 MQTT 통신으로 실시간 기기의 상태를 확인 가능케 하고, 문제 발생시 신속 대응이 가능하도록 하며, 기존 보유한 시스템에 Add-on 방식으로 추가 개발함으로써 연구 비용절감 및 시간 절약이 가능함
- 안정적인 통합서버 구축을 목적으로 다양한 이슈에 관하여 log를 작성토록 하였고 운영 시 발생한 오류 정보, 부하 발생 조건 등을 수집 할 수 있도록 프로그램을 개발 하였으며, 개발 단계에서는 사용자 인터페이스의 편의보다 개발·관리자 측면에서 이슈 관리 및 대응과정에 편의성을 확보하여 신속하게 대처하는 것을 우선하였음
- 향후 사용자 인터페이스를 강화하여 적절한 서비스가 이루어지도록 관련 시스템을 개선할 예정임

표 11 깔짚 살포로봇 관제 S/W 및 센서 데이터 통합서버 구축 시 구현사항

기능	구현 사항
통신	- MQTT 서버 구현 - 기기 운용, 제어에 관련된 모니터링 프로그램 구현 - 빅데이터 기관(외부) 서버와 통신 가능하도록 구현
데이터 수집	- 기기 운용 데이터 베이스 구축, 환경관제기록에 따른 데이터 수집 - 동작 시간, 이동 시간 등의 데이터 수집 항목을 추가

표 12 깔짚 살포로봇 데이터 수집 체계 확장

데이터 항목	입력/수집 유형	단위(형식)	비고(추가 항목)
농장코드	입력/수집	0000	
장비코드	입력/수집	0000	왕겨살포기 번호
축사코드	입력/수집	0	
운영일	수집	yyyy-mm-dd	
운영 상태	입력/수집	운영 중/정지	현재 동작상태 모니터링
운영 방향	입력/수집	직진 중/회전 중	직진 중 0, 회전 중 1(추가)
회전 방향	입력/수집	00	회전 각도(추가)
왕겨 살포 상태	입력/수집	살포 중/정지	살포 중 1, 정지 0
운영 코드	입력/수집	0	동작 명령 코드(추가)
운영 시작시	수집	hh:mm	
운영 종료시	수집	hh:mm	
이동 시간	수집	hh:mm	이동 시간을 기록(추가)
이동 거리	수집	m	이동 거리를 기록(추가)
총 운전시간	수집	hh:mm	총 운전시간을 기록(추가)
시작 용량	수집	kg	시작 시 왕겨 탑재 용량
살포 용량	수집	kg	구동 중 왕겨 살포 용량
잔여 용량	수집	kg	종료 후 왕겨 잔여 용량
내부 전압	수집	V	장비 전압(추가)
시작 전압	수집	V	시작 시 기기 내 전압(추가)
종료 전압	수집	V	종료 시 기기 내 전압(추가)
충전 횟수	수집	0	왕겨를 충전한 횟수(추가)
충전 시간	수집	hh:mm	왕겨를 충전한 시간(추가)
오리 검출	수집	미검출/검출	미검출 0, 검출 1(추가)
오류	수집	error	오류 발생 시

표 13 환경 데이터 수집 체계 확립

데이터 항목	입력/수집 유형	단위(형식)	비고
농장코드	입력/수집	0000	
장비코드	입력/수집	0000	환경관리기 번호
측사코드	입력/수집	0	측사 번호(동)
측정일	수집	yyyy-mm-dd	
측정시	수집	hh	실시간 측정, 1시간 간격 기록
온도	수집	00.0 ℃	
습도	수집	00.0 %	
이산화탄소 농도	수집	ppm	
암모니아가스 농도	수집	ppm	

○ 깔짚 살포로봇 웹서비스 시스템 고도화

- Open API에 연동된 S/W 개발을 통하여 웹서비스를 구축, 지능형 서버와 연동하여 원거리 사용자 편의성을 제고하였음
- 또한 농장 문제 발생시 자동 알림 및 서비스 이력 자동기록 기능을 구현하였으며, PC의 경우, 인터넷이 가능한 환경에서 웹브라우저 기반 S/W 사용 가능함

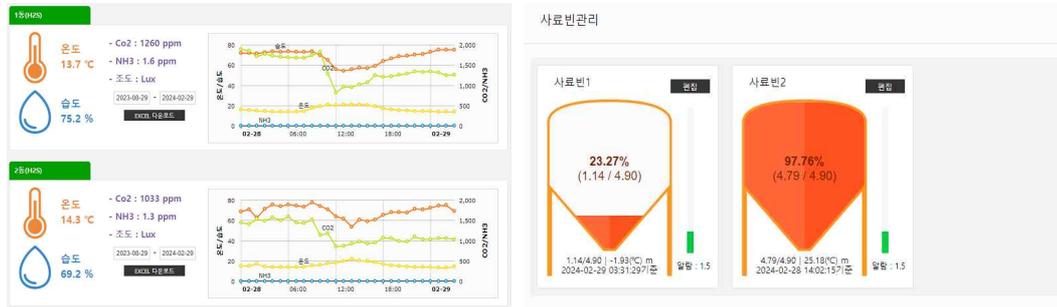


그림 35 웹브라우저 서비스 유저인터페이스

○ 깔짚 살포로봇 모바일서비스 시스템 고도화

- 모바일 서비스의 경우 스마트폰 전용 어플리케이션을 개발하여 android OS를 탑재한 스마트폰, 인터넷이 가능한 환경에서 해당 어플리케이션을 사용 가능함
- 원거리 제어가 가능하다는 점은 같으나 PC가 필요한 웹브라우저 기반 S/W 사용에 비하여 스마트폰 어플리케이션 S/W의 경우 이동성 및 휴대성을 증진한 장점이 있음



그림 36 오리로봇 주행 상태를 모니터링 및 원격제어 가능한 모바일 프로그램 개발



그림 37 태블릿 및 모바일을 통한 오리로봇의 현재 위치 표시

- 모바일, 태블릿 버전으로 서비스 가능하도록 프로그램 제작 및 검증을 병행하였으며, 모바일 편집기 입/출력을 통해 서비스 사용자가 로봇 주행방법 및 명령을 원격제어 가능하도록 개발하고, 로봇은 사용자가 수정한 명령에 맞추어 자동주행 기능구현, 실시간 주행 위치가 추적 및 표시되도록함
- 다양한 테스트 환경에서 반복 시험 및 개선이 필요하며, 온도 및 환경데이터 출력 통합서비스 가능

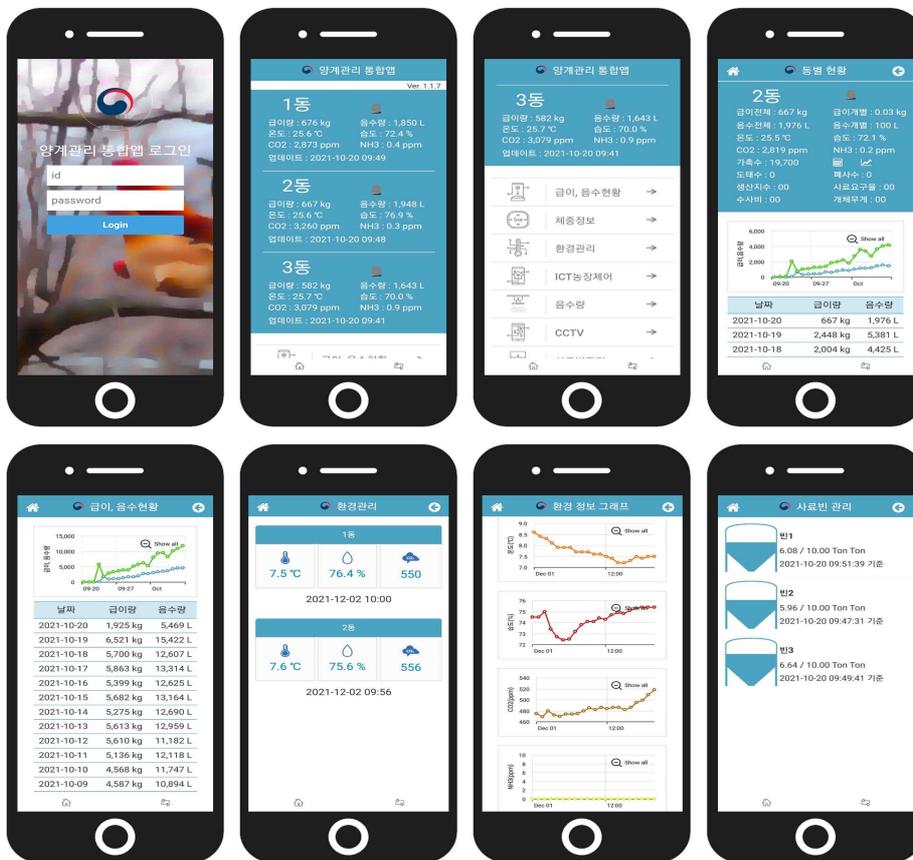


그림 38 android 기반 스마트폰을 이용한 어플리케이션 활용 (관제, 급이·음수 현황, 환경정보 등)

### 3) 깔짚 살포로봇 상용제품 제작

#### □ 깔짚 살포로봇 상용제품 설계

##### ○ 현장 검증을 통한 상용 제품 재설계

- 현장 검증을 통해 500kg을 초과하는 깔짚살포로봇의 중량이 과다하여 오리 축사 노면의 손상이 유발되는 문제 발생으로 로봇 경량화의 필요성이 지속적으로 대두되었으며 로봇을 축사 순찰 용도로 사용용도를 변경하여 불필요한 기능을 없애고 관제 기능에 충실한 소형 제품의 개발 필요성 대두됨

표 14 현장 검증을 통한 재설계 시 고려 사항

문제점	재설계 시 고려 사항
로봇의 과중량	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무게 경감 및 주행 성능, 순찰기능 및 관제 기능에 충실에 집중한 디자인 요구</li> <li>- FRP 재질로 압출 성형 가능하도록 디자인 요구</li> <li>- 축사 내부의 열악한 환경을 고려하여 내충격성 필요</li> </ul>



그림 39 기존 궤도 주행형 왕겨살포로봇

- 오리 축사 근로자, 현장시험 사용자의 요구에 수용하여 최소한의 기능을 구현한 로봇, 200 kg 이하 경량형 로봇의 신규 디자인을 설계하였음
- 각 부 배치의 경우 유지보수 및 A/S의 편의성을 위하여 탈부착이 가능하도록 경량형, 분리형으로 설계하였음

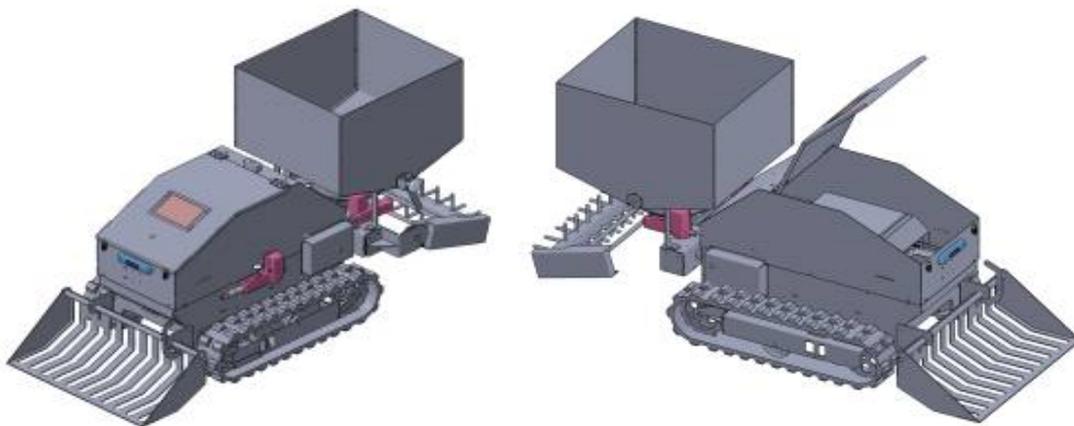


그림 40 궤도 주행형 왕겨살포로봇 상용모델 설계안(등각)

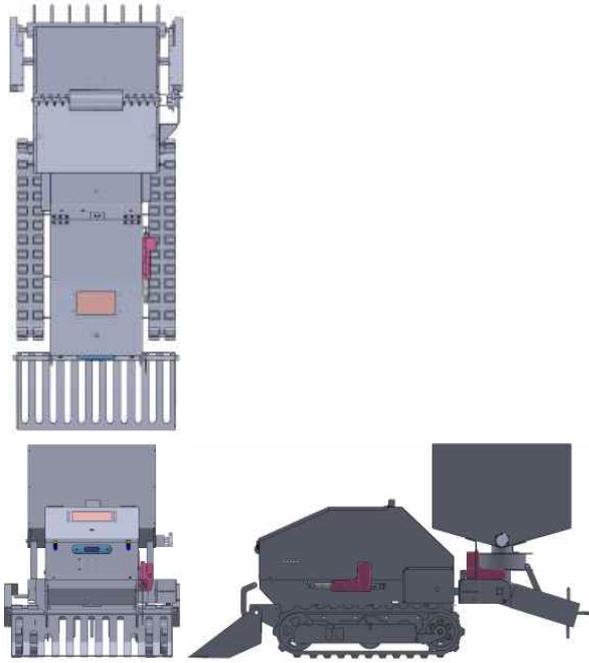


그림 41 궤도 주행형 왕겨살포로봇 상용모델 설계안(3면도)



그림 42 궤도 주행형 왕겨살포로봇 상용모델 설계안(궤도)

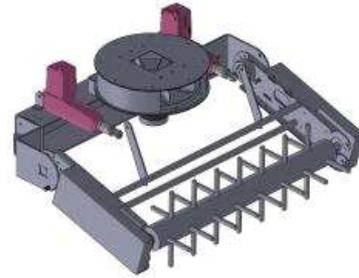


그림 43 궤도 주행형 왕겨살포로봇 상용모델 설계안(교반기)

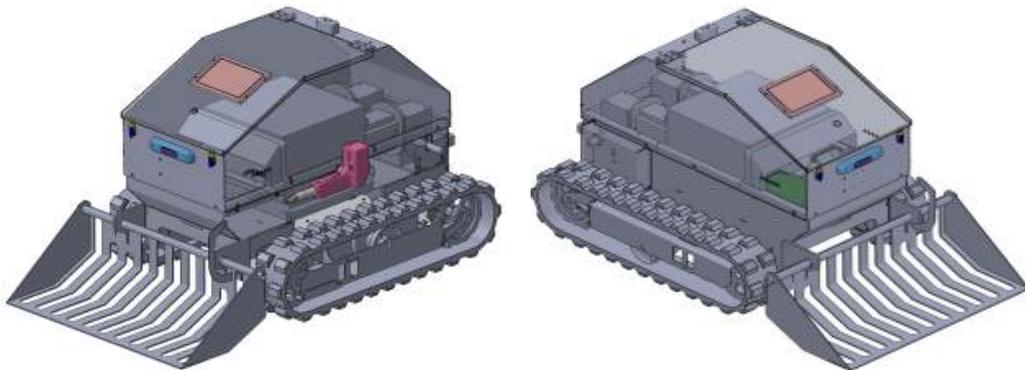


그림 44 궤도 주행형 왕겨살포로봇 상용모델 설계안(내부 배치)

## □ 깔짚 살포로봇 상용 모델 시작품 1기 제작

### ○ 상용 모델용 정밀주행 I/O보드 제작

- 깔짚 살포로봇의 리눅스OS 기반 ROS 정밀주행이 가능하도록 I/O 보드 및 펌웨어 프로그램을 제작하였으며, 오리 주행로봇 하드웨어에 적용된 다양한 배터리 및 모터, 주행 관련 고성능 드라이버, 구동장치, 통신장치 등의 사양에 대응하고 여러 가지 기능을 복합적으로 수행할 수 있도록 다양한 입출력 기능을 지원하는 전용 PCB를 설계 및 제작하였음
- PCB는 OrangPi를 이용하여 리눅스 OS에서 구현, 통신을 통해 원격제어 가능하고, 깔짚 살포로봇의 기능에 대응 가능한 강력한 사양, 높은 안전성이 요구되며 전용 PC와 연계하여 동작 가능함

표 15 깔짚 살포로봇 상용 모델용 정밀주행 I/O보드 개발 고려 사항

문제점	재설계 시 고려 사항
하드웨어 요구	- 24V 전원, 입출력 포트 제공 - 제품의 수정, 업데이트가 용이
소프트웨어 요구	- ROS 주행기능 프로그램과 대응되도록 펌웨어 개발 - ROS 통신 방식에 호환 가능하도록 개발 - 이슈 발생 시 알림 전송기능 필요
내구성	- 열악한 환경에서 사용되므로 배터리 접촉 시 과전류, 누출 발생되지 않도록 보강하여 회로를 작성 - 소비전력이 높은 로봇의 특성상 폭넓은 대응을 요구하므로 동작 가능하도록 설계

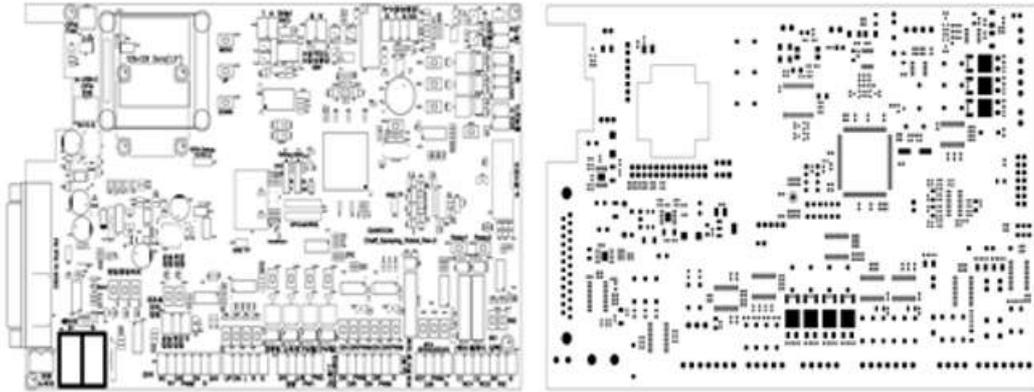


그림 45 깔짚 살포로봇 상용 모델용 정밀주행 I/O보드 설계



그림 46 개발된 I/O보드 실제작품

### ○ 상용 모델용 센서 Baseboard 제작

- 깔짚 살포로봇 상용 모델 시작기 제작을 위하여 baseboard PCB를 제작하였고 입출력 포트를 포함한 베이스보드 PCB는 OrangPi를 이용하여 리눅스 OS에서 구현, 통신을 통해 원격제어 가능하고, 깔짚 살포로봇의 기본 기능에 부가적으로 환경정보를 수신 및 통신 기능을 추가할 수 있도록 개발 및 제작하였음
- 제작된 베이스보드는 다양한 인터페이스를 내장하여 여러 종의 센서가 내장될 수 있고, 필요에 따라 센서 모듈을 추가 가능하며 상시 탈착이 가능한 구조로 편의성을 고려하여 제작하였으며, 기능의 변경 및 업데이트가 용이하도록 개발, 제작됨
- 깔짚 살포로봇의 주행 중 발생하는 노이즈 및 전력 트러블에 교란 받지 않고 안정적인 데이터를 송수신 가능하도록 개발, 제작함

표 16 깔짚 살포로봇 상용 모델용 베이스보드 개발 고려 사항

문제점	재설계 시 고려 사항
하드웨어 요구	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 24V 전원, 입출력 포트 제공</li> <li>- 4종(온도센서, 습도센서, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) 이상의 센서모듈을 추가 가능</li> <li>- 탈착 가능</li> <li>- 제품의 수정, 업데이트가 용이</li> </ul>
내구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열악한 환경에서 사용되므로 배터리 접촉 시 과전류, 누출 발생되지 않도록 보강하여 회로를 작성</li> <li>- 소비전력이 높으므로 대응 가능하도록 설계</li> </ul>

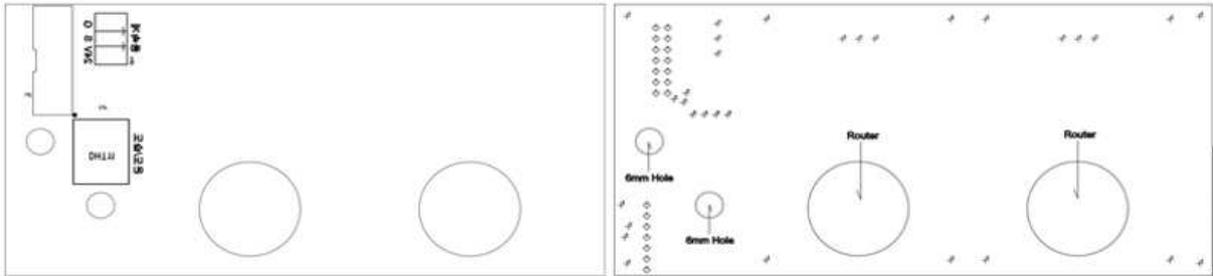


그림 47 깔짚 살포로봇 상용 모델용 베이스보드 설계

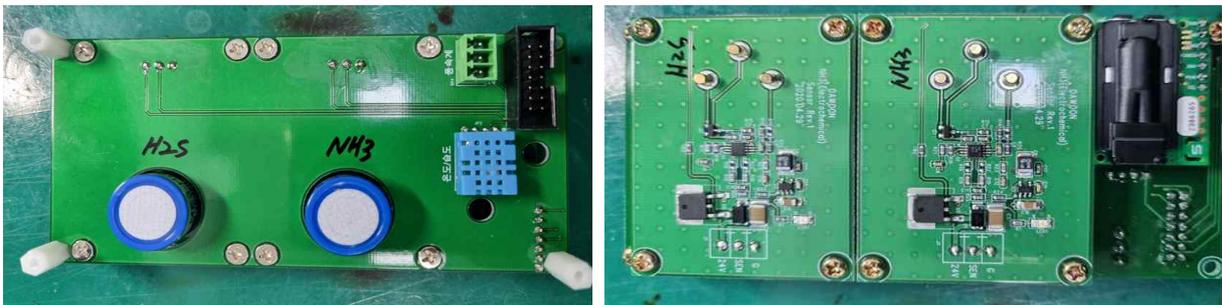


그림 48 개발된 베이스보드 실제작품(센서모듈 조립 상태)

○ 상용 모델 시작품 1기 제작

- 상용 모델용으로 도출한 재설계안에 따라 최종 설계도면을 도출 후, 탈부착이 가능한 요소 별로 각 시제품 제작하여 완제품 조립 진행

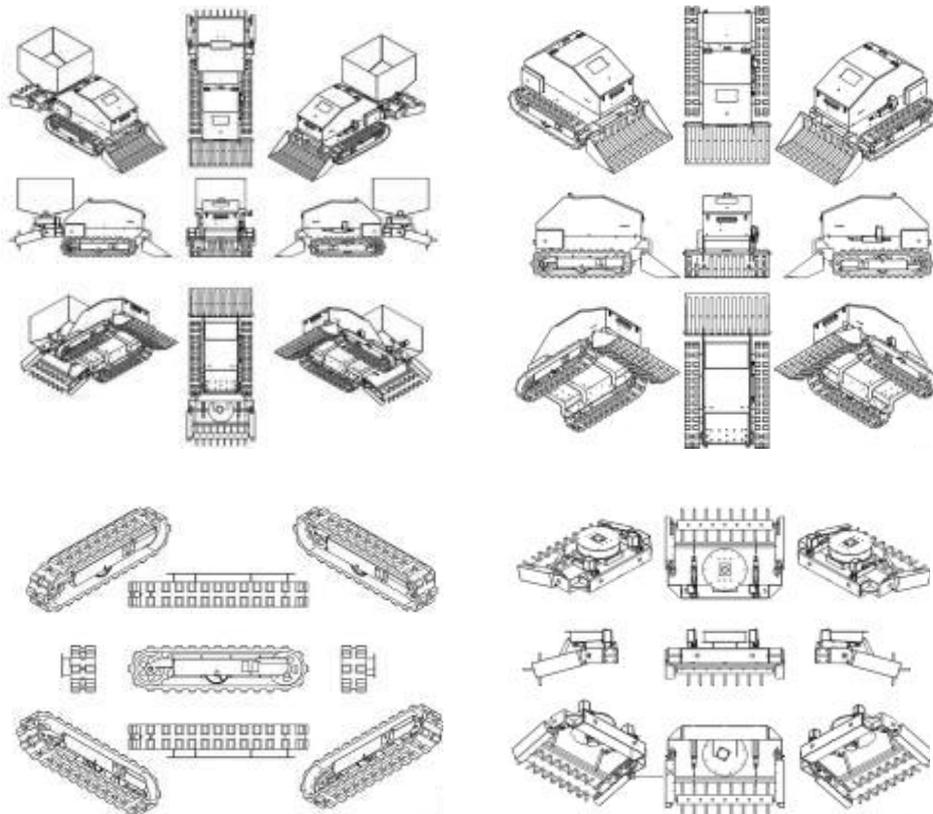


그림 49 궤도 주행형 왕겨살포로봇 상용모델 재설계 CAD 도면



그림 50 왕겨살포로봇 상용모델 본체 부품 제작 및 조립



그림 51 왕겨살포로봇 상용모델용 궤도, 구동축 제작 및 조립

- 고성능 리튬산철 배터리를 채용하였고 로봇 전용 OS인 ROS의 고용량 및 기술에 호환 가능하며 주행성능 확보가 가능한 MS2K모델 모터드라이버 선택, 부속품 간 통신은 RS485를 기본으로 채용하되 복합시스템 제어에 주로 사용되는 방식을 채택하여 복수의 시스템을 연결함



그림 52 왕겨살포로봇 상용모델용 배터리 결합, 모터드라이버 및 제어기 결선



그림 53 왕겨살포로봇 상용모델 궤도, 교반기 조립 및 테스트 주행



그림 54 왕겨살포로봇 상용모델 왕겨 보관조 및 프로펠러 조립



그림 55 왕겨살포로봇 상용모델 시작기의 전체 조립 및 도색



그림 56 왕겨살포로봇 상용모델 상단 커버 조립 및 테스트 주행

- 기본조립 완료 및 제품 성능 테스트 진행을 통해 실제 오리 농가 도입에 앞서 lab scale 테스트를 통한 사전 검증을 수행하여 다방면 기술을 결합한 복수의 시스템 제어기능을 검증, 문제점을 검증함

○ 상용 모델 시작품 1기 기능 개선



그림 57 왕겨살포로봇 상용모델 제품 성능 테스트

- 제품 성능 테스트 결과, 복합 제품군을 사용하여 연결한 기기에 통신장치 관련(주제어 PC의 USB 포트, 컨버터) 파손이 발생하였으며, 모터드라이버 통신부를 절연 드라이버로 변경했으나 지속적 파손 발생, 메인보드 파손 등 심각한 문제점이 발견되어 다양한 제품을 사용하여 통신장치 파손에 대한 문제를 검토함

표 17 왕겨살포로봇 상용모델 제품 성능 테스트 후 개선사항

문제점	개선 노력	개선 사항
통신 장치 관련 파손 발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생원인을 찾기 위한 연구팀 및 제조업체 관계자 미팅 수행</li> <li>- 궤도 모터 용량에 따른 전자파 노이즈로 의심됨. 모터 회전 시 노이즈가 배선에 유입되어, 유입되는 노이즈에 의한 통신장애 발생 빈도 증가 및 통신기기 파손으로 원인이 지목됨</li> <li>- 궤도 모터 용량 확대, 4V 전원, 입출력 포트 제공, 4종(온도센서, 습도센서, CO2, NH3) 이상의 센서모듈을 추가 가능한 모터 제품을 채택함. 탈착 가능, 제품의 수정 및 업데이트가 용이함</li> <li>- 문제 해결을 위한 다양한 테스트 진행 및 시스템 교체 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전자파 감쇄를 위한 LC회로 추가, 노이즈 저감 기능 효과</li> </ul>
모터 제어기 전원 입력시 파손 발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모터제어기 전원 입력시 상당한 정도의 전류가 발생, 피크 전류에 의한 주변 기기 소손이 발생하는 문제가 발견되었음. 기기 파손의 타이밍을 점검 결과 주행 또는 이동 중이 아니라 기기 전원 ON/OFF시 주로 발생되었음을 발견함</li> <li>- 모터제어기에 내장된 캐패시터(콘덴서)는 초기 전원 입력시 캐패시터에 충전하기 위한 전류의 급이로 과전류에 의한 돌입 전류가 발생되는데, 이런 이유로 전원이 입력될 때 심각한 충전충격이 발생한 것으로 판단됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 돌입전류에 대응하기 위한 제어기를 별도로 제작, 돌입 전류 예방장치 별도 장착</li> </ul>

- (통신 장치 관련 파손) 반복적 파손 발생으로 심각한 문제점을 확인, 제조업체와 협의를 진행 후 적용 가능한 솔루션 검토, 전자파 감쇄를 위한 LC회로 추가를 통해 전자파노이즈 저감 기능 구현, L과 C값을 수정하여 최적의 노이즈 감쇄 값을 검증한 후 시스템에 구현함
- 전자파 노이즈 확인을 위한 측정 및 보호장치 연결 검사를 진행하였으며 테스트용 장치를 제작 후 오실로스코프를 이용, 테스트용 장치에 동일 환경구축 및 발생하는 전자파 노이즈 검증을 진행하고 감쇄 장치 부착 후 돌출되는 노이즈가 감쇄됨을 확인함

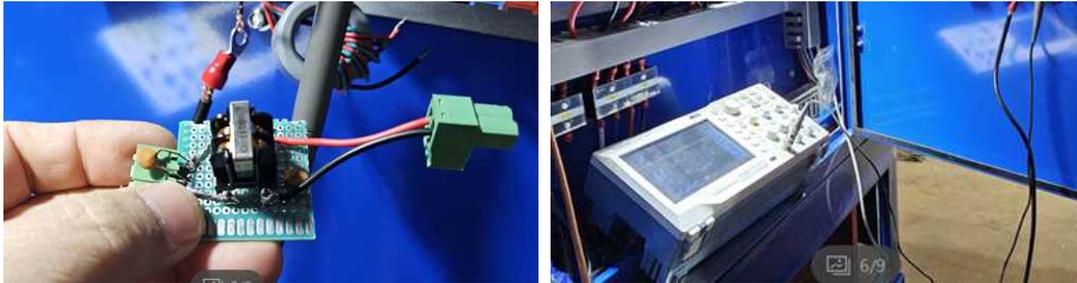


그림 58 전자파 노이즈 확인을 위한 노이즈 감쇄 테스트 장치 및 오실로스코프 연결

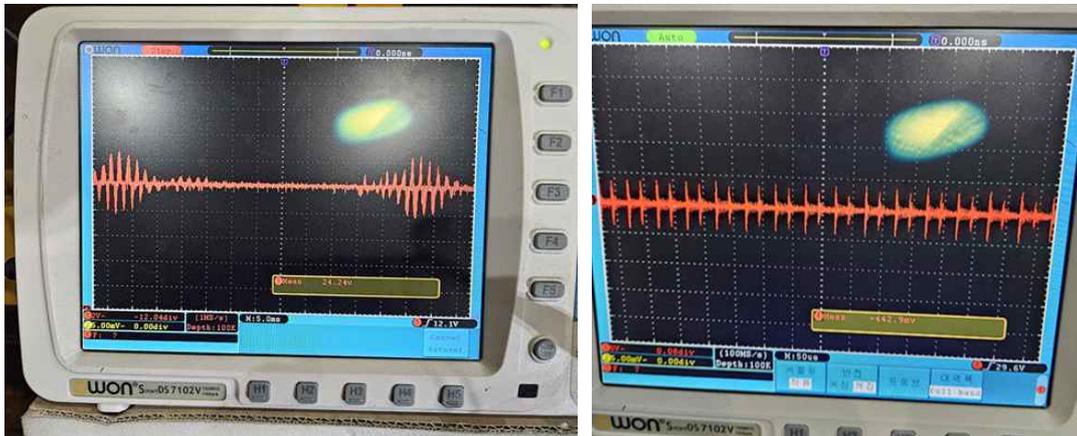


그림 59 고속 주행 시 노이즈 변화 상태(좌: 감쇄 전, 우: 감쇄 후)

- (모터 제어기 전원 관련 파손) 모터제어기 전원 입력시 피크전류 발생으로, 피크 전류에 의한 주변기기 소손이 발생하는 문제가 발견되었으며, 기기 파손의 타이밍을 점검결과 주행 및 이동중이 아니라 기기전원 입력 시 주로 발생되됨

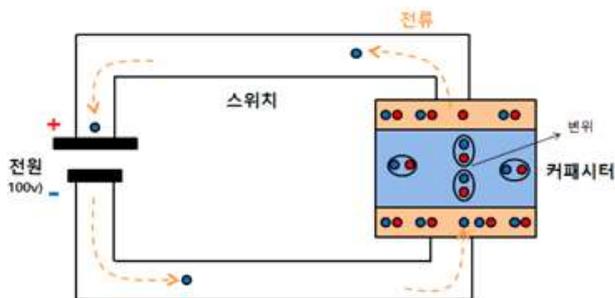


그림 60 제어기 커패시터 내 전류의 흐름

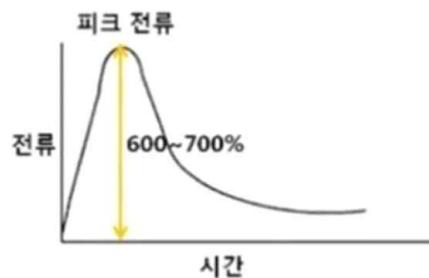


그림 61 피크 전류의 발생

- DC제품 설계 시 돌입전류에 의한 파손이 예상되므로 반드시 돌입전류 예방에 대한 다양한 솔루션 검토가 선행되어야하고 모터의 추진력이 높을수록 초기 돌입전류는 과도하며, 초기 과충전 및 돌입 전류 발생에 대한 예방대책을 강구한 후 제품 개발 및 제작이 권장됨

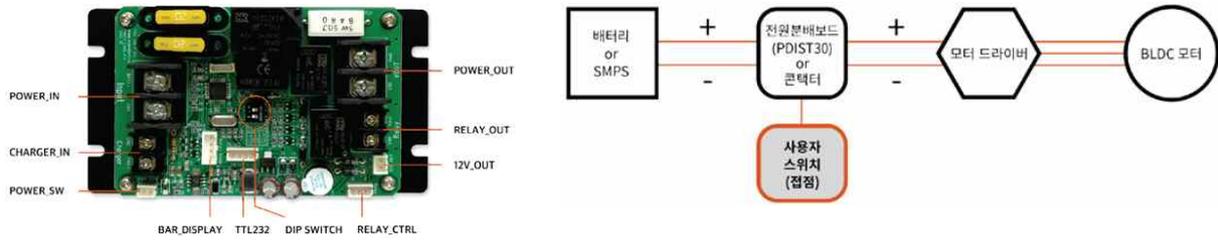


그림 62 돌입전류 예방장치 및 설치 위치

- 해당 문제 해결을 위하여 돌입전류에 대응하기 위한 제어를 추가, 돌입전류 예방장치 별도 장착하였다. 초기 전원이 ON 되었을 때 모터드라이버로 최대 전류를 공급하지 않고 저전류로 제한된 전원을 공급하여 돌입전류의 발생을 막도록 함
- 초기 저전류에 의한 드라이버 내부 캐패시터가 충전이 이루어진 후 대전류가 공급 가능하도록 릴레이를 이용하여 대전류를 공급하였고 드라이버에 내장된 캐패시터의 전위 안정성이 확인된 후 대전류 전달이 가능함으로써 기기의 동작전류 공급초기에 과전류를 방지하므로 드라이버에 돌입전류가 발생되지 않도록 함

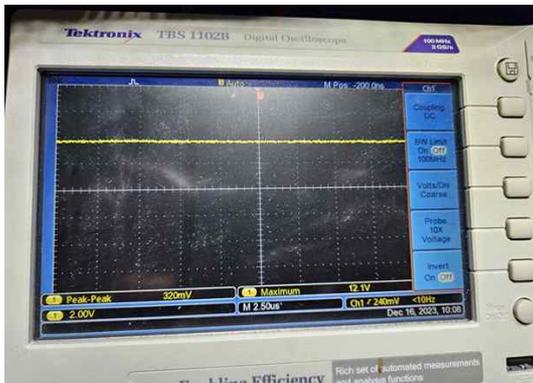


그림 63 예방장치 설치 후 안전한 전원 환경



그림 64 Lab-scale 테스트 완료한 제품 완성

#### 4) 깔짚 살포로봇 상용 모델 시작품 현장 실증

□ 신규 개발 자율주행형 깔짚 살포로봇 현장 적응시험(육용 오리 사육농가 1개소)

○ 상용 모델 시작품의 오리축사 환경 주행 기능 점검

- 제조현장(연구기관 (주)다운 공장) 외부에서 아스팔트 노면의 테스트 주행 및 기능 개선한 후 실제 오리축사 현장으로 로봇을 이송, 테스트 주행을 실시
- 전남 영암 소재 비닐하우스형 오리축사(현재 표준 오리사보다 많은 농가가 비닐하우스 형태로 사육중) 현장으로 로봇 이송, 하차 및 테스트 주행 준비함



그림 65 전남 영암 소재 오리농장, 로봇 이송 및 하차

- 오리 비입식, 분뇨 잔존한 상태에서 단순주행 기능 검증 결과, 모터 용량 부족으로 인한 체인 이탈 문제가 발생하여, 로봇의 필요도가 낮은 주행속도를 줄이고 토크를 강화하는 측면으로 보강함
- (결과) 감속기 감속비율 수정을 통한 궤도주행 능력 강화, 3D 설계 보강을 통한 체인이탈 방지 및 구동력 2.5배 증가함



그림 66 모터 용량 부족으로 인한 체인 이탈, 강제 견인 중인 로봇

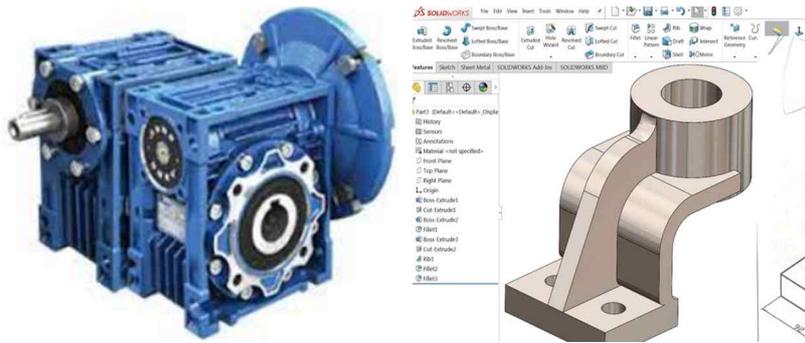


그림 67 토크 강화를 위한 3D 재설계

- 오리 비입식, 분뇨 잔존한 상태에서 실내 주행용 GPS 센서를 20 m 간격으로 설치, 로봇위치 보정 후 자율주행 시험, 성능을 반복 검증하였으며 로봇 위치 추적에 성공함



그림 68 비닐하우스형 오리축사 내 벽체센서 설치(20 m 간격)



그림 69 오리 비입식, 분뇨 잔존 상태에서 GPS기반 자율 주행기능 점검

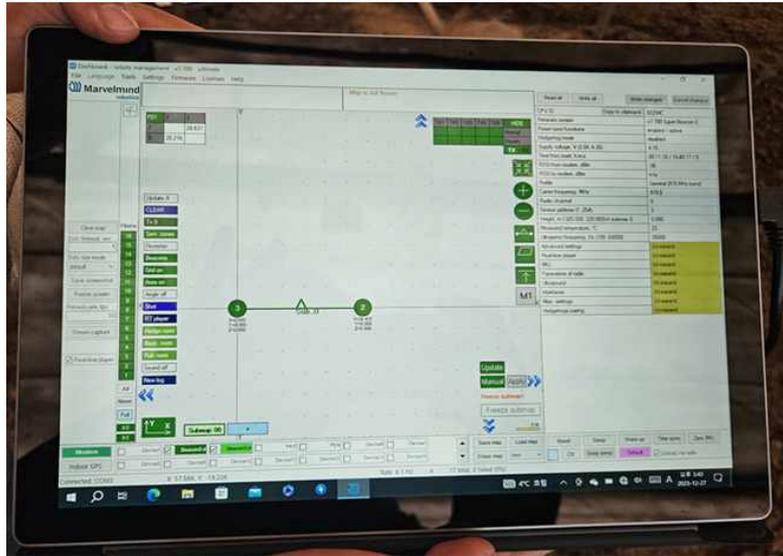


그림 70 GPS 기반 위치추종 성공(센서 사이 로봇 주행위치 표시)

- 로봇의 경로 추종능력을 정밀 검사하였으며
- 축사 벽면과의 간격을 설정하고 목적지로 이동을 하는 과정에서, 현장 여건에 따른 GPS센서 검출 값(좌표)이 실제와 편차가 크게 발생하였고, 로봇이 축사 벽면과 일정 간격을 유지하며 추종 진행하는데 있어서 오차가 발생함

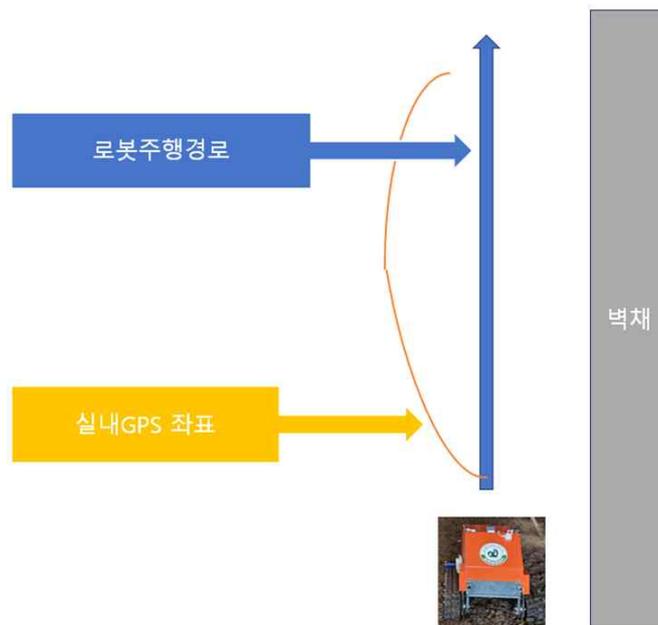


그림 71 로봇의 축사 벽면을 따르는 경로 추종 모식도

- (결과) 오리 비입식, 분노 잔존한 상태에서 GPS기반 자율주행 테스트 결과, 실내 GPS 경로추종에 있어 주변 지형지물의 영향을 많이 받아 상당한 크기의 오차가 자주 발생하였고 반복 시험 및 위치 보정 프로그램, 펌웨어 업데이트를 진행하였음에도 불구하고 지속적인 경로 추종 실패 발생

○ 현장 적응 시험에 따른 상용 모델 시작품의 자율주행 기능 개선

- 실내 GPS 기술은 장애물이 많은 축사 현장에 도입하기에 안정성이 보장되지 않는 문제가 있으며, 보급을 위한 상용성이 미비하다는 판단 하에 시험을 중단하고 LiDAR 방식의 주행기술로 변경, 제품을 개선함

표 18 왕겨살포로봇 상용모델 제품 자율주행 성능 테스트 후 개선사항

문제점	개선 노력	개선 사항
GPS 기반 경로추종 부정확	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LiDAR 기술은 적외선을 이용하여 전방 장애물이나 기타 주변 환경을 인식하는 센서 기술로 2D, 3D 등 다양한 제품이 출시, 보급되고 있음</li> <li>- 실내 GPS 기술 대비 3D기반 LiDAR 기술은 측벽과의 간격 유지 및 바닥 주행 기술에 요구되는 수준을 상회하는 선명도와 3차원 영상, 고성능을 갖추었으며 고가의 장비 도입이 필요함. 전체 로봇의 단가 상승이 우려되는 문제점이 있음</li> <li>- 적합한 기술을 적정한 가격대로 도입하기 위하여 2D 카메라를 선정, 2차원 영상, 평면 환경을 확인 가능한 2D기반 LiDAR 주행 기술을 채택 및 도입하였음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2D 카메라를 적용한 영상처리 및 LiDAR 주행방식 채택, 로봇에 적용</li> </ul>

- 바닥 주행을 하는 살포로봇의 경우 벽체 인식, 전방의 지형지물 및 측벽의 거리 실시간 확인 수준의 기술이 요구되므로 2D LiDAR 기술 도입
- 2D 카메라를 이용하여 평면 이미지 도출→이미지에서 로봇의 위치 파악→측벽과의 거리 계산→로봇 주행이 이루어진다. ROS에서 제공되는 라이브러리를 기반으로 주행 솔루션을 자체 제작 후 탑재함



그림 72 3D 영상 기반 LiDAR 기술(좌), 2D 영상 기반 LiDAR 기술(우)

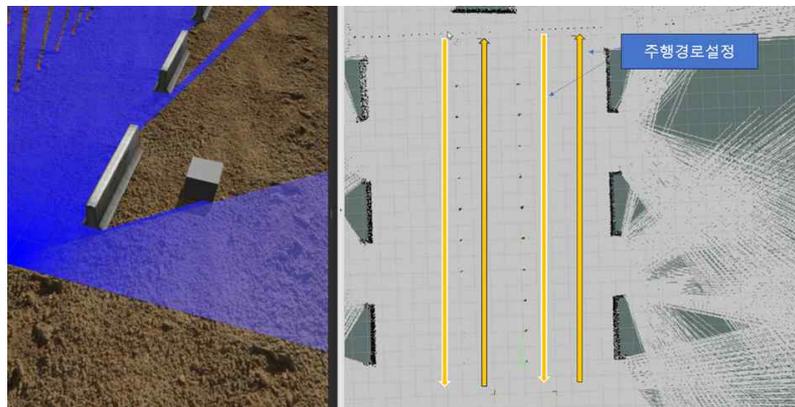


그림 73 2D 기반 LiDAR 기술을 이용한 축사 벽면 인식과 주행경로 설정

- 인텔 리얼센스를 이용한 오리 및 장애물 인식기술 구현, 장애물 인식 시 속도 저감하여 서행, 장애물 과 특정 거리 도달시 로봇 정지하는 안전 장치 구현하였다. 비상 정지기능 및 사용자 편의를 위한 외부 디스플레이(LCD) 탑재 후 실증농가 현장(H빔형 축사)에서 시험 주행 수행

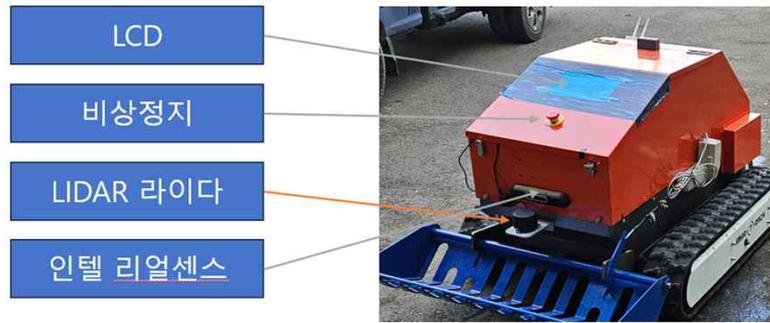


그림 74 2D 기반 LiDAR 기술 및 영상 카메라 탑재한 주행로봇

- LiDAR 탑재한 로봇 및 테스트 준비, 로봇의 내부 온도 및 기타 이상 유무 검사 진행
- 바닥상태 및 벽면의 돌출부를 확인 후 주행 시작, 전면 주행 중 내부상태 확인, 주행 테스트 과정을 기록하였다. 고도화 알고리즘 적용 및 벽면주행기술 검증, 고르지 않은 벽면을 보고 주행하는 기술 확보



그림 75 2D 기반 LiDAR 기술 및 영상 카메라 탑재한 주행로봇 현장 시험

표 19 2D 기반 LiDAR 기술 및 영상 카메라 탑재한 주행로봇 성능 테스트 수행 조건

수행 조건	비고
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주행 경로를 미리 설정한 후 LiDAR 기반 자율주행을 수행</li> <li>- 설정된 주행 경로에 따라 측벽에서 일정 거리를 유지하고 주행</li> <li>- 전방 장애물 발생 시 일정 거리에 다다를 때까지 감속, 지정된 최저 거리에 도달하면 로봇이 정지</li> <li>- 장애물 회피에 대한 알고리즘을 내장하고 있으나, 바닥 교반의 특성상 지정된 주행경로를 지켜 바닥의 교반을 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단, 바닥 교반이 목적이 아닌 폐사체 수거 목적의 주행일 경우 장애물 회피 알고리즘을 활성화</li> </ul>



그림 76 오리축사의 바닥 상태 및 벽면 돌출부 확인, 주행 시험 수행



그림 77 벽면 거리 5500 mm 설정 후 주행 테스트, 내부 온도 이상 유무 검사

- (결과) 연구소 및 공장에서 주행 검증된 기술을 비닐하우스형 및 판넬형 오리사 등 다양한 현장에서 확인하였으며, 판넬형 오리사에서 벽면의 안정성이 확보되고 바닥의 여유공간이 넉넉하여 로봇 주행에 비교적 합리적으로 나타났으며, 일부 비닐하우스형 오리사의 경우 벽체가 비닐인 경우 센서를 투과, 반사가 일어나지 않아 벽면 인식이 정상 동작하지 않는 부분이 발생하기도 하였음
- 반사가 미비한 부분에 대한 알고리즘을 추가 하였으나, 하우스 내 환경이 열악하고 장애물이 많은 관계로 비닐하우스 오리사에서 로봇을 사용하는 데 있어 불편사항이 존재함을 확인
- 축산 농가 환경개선에 따라 신식 오리사로 개편한 농장이 늘어나고 있고, 신식 오리사에서 본 제품의 활용성이 높을 것으로 예상되며, 구형 오리사에서 본 로봇을 사용 시 환경 정리가 필수적으로 수반될 것으로 판단됨

#### ○ 오리사 궤도주행성능 고도화 및 문제점 발견

- 특정 위치(좌표)로 이동, 가상 종점(좌표)에서 회전 기능을 검사하였고 테스트 결과 이동, 정지 및 회전 동작의 수행에는 성공했으나 회전 중 궤도의 기구적 단점에 의한 오리사 바닥의 정렬, 평탄도 유지에 어려움이 관찰됨



그림 78 가상 종점(좌표)에서 회전 성공 및 오리사 바닥의 교란



그림 79 궤도 회전 시 축사 노면 훼손

- 궤도 회전 시 축사 바닥의 교란, 파임 문제가 발생하여 기존 궤도 주행기능의 가장 큰 단점으로 실증농가에서 지속적인 지적을 받은 바 있다. 궤도형 주행부가 오리사 바닥 주행에 권장되고 있으나 소형 로봇의 경우 궤도의 폭이 작아 회전 시 바닥 손상이 발생하는 문제를 가지고 있음
- 농가의 의견청취 및 다양한 기술 검토를 통한 궤도를 이용한 주행장치의 상용화에 대하여 고민해 볼 필요성이 있고 관련 기술에 대한 전체적인 검토가 필요함.
- 오리사육시 바닥의 평탄도가 중요한데, 바닥의 평탄도를 유지하면서 주행 하는데 어려움이 있고, 특히 코너를 돌 때 많은 문제점을 확인하였음.
- 국내 현장에 맞는 주행장치에 대한 선택이 필요하게 되었음.

○ 상용 모델 시작품의 오리 인식 기능 점검

- 일반 오리 인식 및 폐사체 인식 기능을 테스트 진행

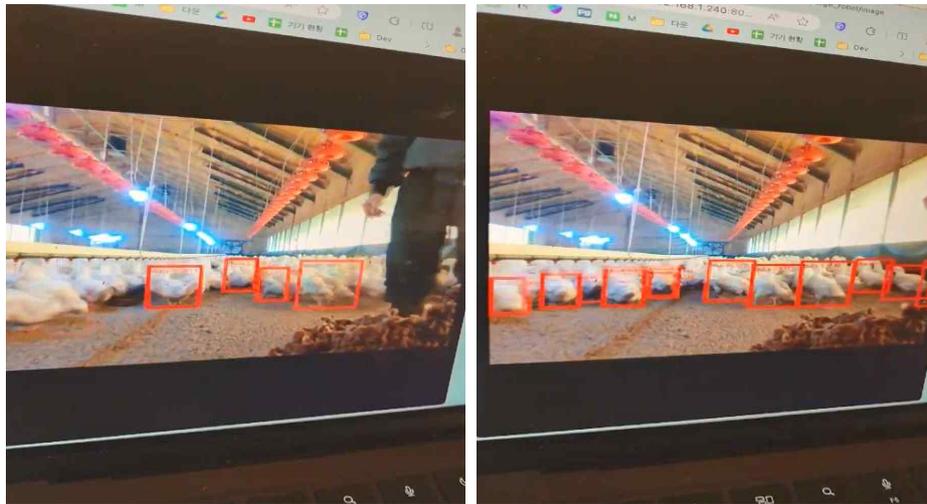
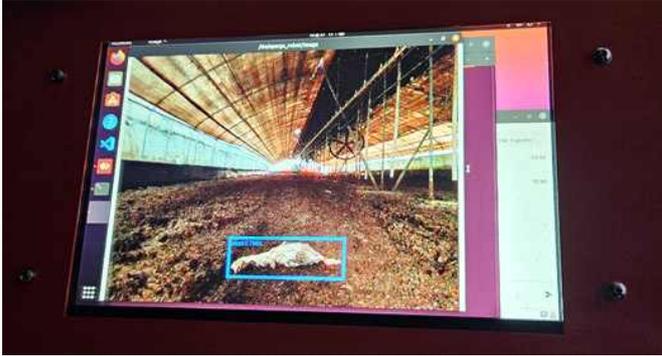


그림 80 AI 오리객체 인식 솔루션 기능 점검

표 20 깔짚 살포로봇 시작기의 AI 오리객체 인식 솔루션 기능 점검

순번	이미지	수행 프로세스
0	 <p>AI 검출용 오리 폐사체</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 테스트 수행을 위하여 오리 폐사체를 확보하여 로봇의 주행 진로에 비치함</li> </ul>
1	 <p>주행 로봇 전진</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇이 전진 방향으로 주행 도중 정면의 오리 폐사체를 발견함</li> </ul>

순번	이미지	수행 프로세스
2	 <p data-bbox="608 573 833 600">주행 로봇의 외부 LCD</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AI 솔루션으로부터 오리의 검출(detection) 이미지가 로봇으로 전달되고, 로봇이 외부 디스플레이에 오리 이미지를 출력</li> </ul>
3	 <p data-bbox="536 889 906 916">주행 로봇의 외부 LCD (폐사체 검출)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detection 결과: dead로 판정</li> <li>- 검출 결과가 로봇의 ROS 시스템으로 전송</li> </ul>
4	 <p data-bbox="587 1247 858 1274">주행 로봇이 폐사체로 접근</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇이 정면의 오리 폐사체로 접근함</li> </ul>
5	 <p data-bbox="533 1635 912 1662">주행 로봇의 폐사체 회수용 버킷 하강</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇이 정면의 오리 폐사체로 지속 접근하며 전면부의 폐사체 수거용 버킷을 내림</li> <li>- 폐사체 수거 준비</li> </ul>
6	 <p data-bbox="496 2016 946 2042">주행 로봇의 회수 버킷이 오리 폐사체와 접촉</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇의 폐사체 수거용 버킷을 내리고 오리 폐사체 바로 앞까지 이동</li> </ul>

순번	이미지	수행 프로세스
7	 <p data-bbox="544 658 898 680">주행 로봇의 오리 폐사체 수거 성공</p>	<p data-bbox="1139 398 1378 483">- 로봇이 버킷을 내리고 전진하며 폐사체 수거 성공</p>

○ 현장 적응 시험에 따른 상용 모델 시작품의 교반 기능 개선

- 상용모델 제품의 생산 시 원가에 따른 가격경쟁력을 고려하여야 하는 바, 현재 바닥 교반기능 및 사용시간을 고려하여 120 AMP의 배터리를 채용 중이나 고가의 리튬인산철 배터리(3백만 원 상당)로 인하여 로봇 원가가 상승하는 문제점이 있음
- 바닥 교반 기능을 제외하고 내부 관제 및 폐사체 수거기능을 중점적으로 수행한다면 한다면 일반적인 납산배터리(15만 원 상당)를 채용하여 제품 전체 단가를 낮출 수 있음
- 바닥 교반 기능의 경우, 오리축사에서 활용 될 시 중장비를 이용하여 바닥 전체를 교반하는게 목적이 아니라 표면 10 cm 이내의 노면, 깔짚 등을 교반하는 목적이므로 해당 목적에 부합되는 기능을 수행하기 위해 실증농가의 의견을 청취함



그림 81 중장비 로터리 교반 사례(좌), 오리주행로봇 교반기(우)

- 농가의 의견을 청취하여 다양한 시험을 통해 로터리 날의 설계를 변경하였으며, 높이 10 cm 강철 날을 사용, 날 사이는 수평으로 10 cm 간격으로 배치함
- 회전 부하를 줄이기 위해 날을 수직(날과 원통의 각이 90도)으로 배치, 동일 면적에 총 4개의 날이 구성되도록 수정 설계한 후 제작, 농가 현장에서 시험 진행



그림 82 변경한 로터리 날(교반 높이 10 cm)을 사용한 바닥 교반 상태

- (결과) 교반 날 높이 수정에 따라 축사 바닥의 표면만 교반하였으며 교반 시 소모되는 소비전력도 저감되었으며 저출력 모터 2조를 병렬로 배치하여 부하를 줄인 상태에서 교반 기능이 원활히 동작되며 교반 상태도 양호함을 확인함
- 교반 날의 견고성 및 장기 점검을 통해 안정성을 높이고, 전력 부하 및 다양한 측면에서 제품의 신뢰성을 높이는 추가적인 방안을 강구, 더 많은 현장에서 제품에 대한 테스트 수행을 통하여 기능 개선, 사용자 요구에 부응하는 제품의 고도화 개발을 통하여 상용화 가능성을 높일 필요가 있음

표 21 현장 적응 시험에 따른 오리주행로봇의 고도화 요구

농가 의견 청취	고도화 사항
<ul style="list-style-type: none"> <li>- (교반기) 일부 농가의 경우 깊게 교반이 가능한 교반 기능을 요구하는 의견과, 얇게 10 cm 표면만 교반 가능한 기능을 요구하는 의견이 양존하고 있음. 교반 기능에 관하여 실제 사용자에게서 의견 수렴 및 다양한 현장에서 시험 후 필요에 대응하는 교반 기술의 고도화가 요구됨</li> <li>- (주행부) 궤도 주행 중 직진 주행에는 문제가 없으나 회전 시 노면 훼손, 불평탄화에 관한 불만이 지속적으로 제기됨. 노면의 바닥 상태는 농가 현장마다 다르고 궤도 주행형의 경우 소형화 로봇에서 바닥 평탄화에 더 많은 교란을 일으키는 현상이 현장에서 확인됨</li> <li>- 바닥이 평탄하지 않을 경우 오리가 넘어져 폐사로 이어질 수 있으므로 중대하게 고려가 필요함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 궤도 주행형 로봇은 과제 RFP 제안에 명시된 연구개발 성과물이며, 궤도 주행형 H/W 장치를 고안·개발한 후 현장 테스트가 마무리되었음</li> <li>- 제품의 상용화 성공을 위하여 일부 기능의 사용자 요구를 수용, 궤도형 주행부를 대처할 기술 개발의 필요성이 제기됨</li> </ul>

### ○ AI를 통한 폐사체 수거 로봇 기능 개발

- AI를 통한 오리의 위치에서 폐사체 수거를 위한 로봇팔 기능 구현을 시도하였으나 로봇팔 자체가 3,500만원 상당의 고가제품으로 완제품 판매시 제품 단가가 상승하며, 자체 중량 및 제반 장치가 본 연구개발품에 적용하기에 애로사항이 발생함
- 로봇팔을 이용한 폐사체 수거 기능과 관련한 동작 검증까지 확인하였지만 제품화 단계에서는 배제가 불가피하였음
- 기존 연구개발계획서에는 로봇팔을 이용한 폐사체 수거 기능이 포함되어 있었으나 로봇팔 자체의 높은 단가와 효율성이 떨어져 제품의 개발 방향을 수정하였음



그림 83 AI를 통한 폐사체 수거 로봇 기능 개발 및 테스트 진행





그림 88 오리 입식, 깔짚 살포로봇의 오리축사 내 시험 주행 기능 점검



그림 89 오리 입식, 깔짚 살포로봇의 바닥 교반 기능 점검

#### ○ 4륜 구동형 깔짚 살포로봇의 신규 개발

- 현장 적응 시험 및 사용자 의견 청취 결과, 제품의 현장 적응력을 높이고 상용화 성공을 위하여 일부 기능의 사용자 요구를 수용, 궤도형 주행부를 대체할 기술 개발이 필요함
- 현재 오리축사에서 운용되고 있는 상용화된 관리기기 등을 참조, 축사의 주행기능 면에 있어 바퀴의 단면적이 충분히 넓고 크다면 바퀴 주행부가 궤도형 주행부보다 노면의 훼손을 줄이고 주행 가능하다는 의견이 제시됨



그림 90 현재 농가에서 사용되고 있는 축사 관리기기 사례(바퀴 구동, 수동)

- 예비 수요농가의 요구사항을 반영, 현장에 사용되고 있는 축사 관리기기 제품군의 분석을 수행, 4륜 구동을 바탕으로 전체적인 콘셉트 재고, 기술 개발을 진행
- 4륜 구동형 오리사 관제로봇 설계안을 도출, 상단 커버 디자인 개발 및 시작기 제작을 추진함



그림 91 4륜 구동 주행형 왕겨살포로봇 재설계안

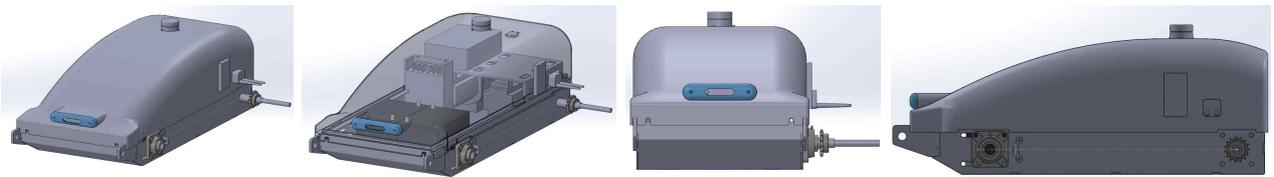


그림 92 4륜 구동 주행형 왕겨살포로봇 상측 디자인 재설계안

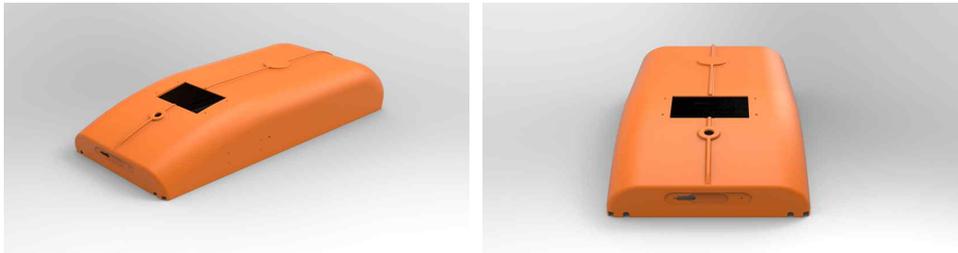


그림 93 4륜 구동 주행형 왕겨살포로봇 상단 커버 디자인



그림 94 4륜 구동 주행형 왕겨살포로봇 시작기 제작 및 조립

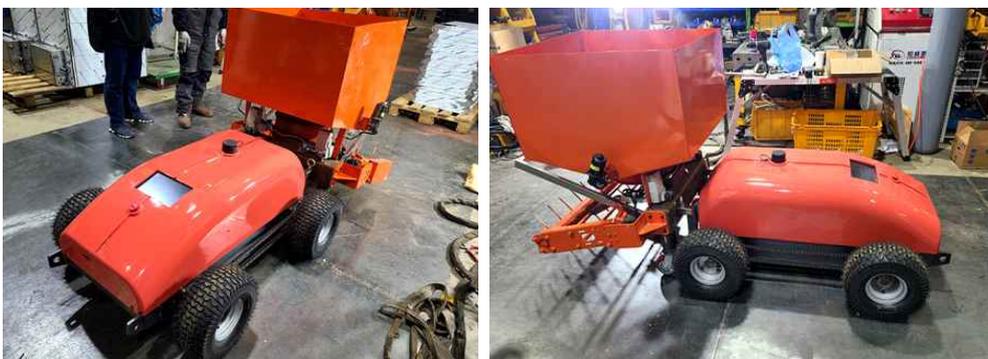


그림 95 4륜 구동 주행형 왕겨살포로봇 시작기

- 바퀴 주행으로 설계 변경하여 기존 궤도 주행형 로봇(약 250 kg)에 비해 4륜 구동 로봇(110 kg)의 무게가 경량화되었으며 전력 소모량 면에서 이득이 발생(모터 소비전력 60% 감량)하였다. 또한 총 생산비가 궤도 주행형 로봇에 비하여 4륜 구동 로봇이 30% 이상 저렴해짐으로써 생산단가를 절감하고 보급 가격의 인하가 가능함
- 4륜 구동 주행형 왕겨살포로봇 시작기를 실증농가로 이동하여 주행기능 및 교반기능, 관제 기능을 검증함



그림 96 4륜 구동 주행형 왕겨살포로봇의 농가 이송 및 실증



그림 97 교반기 장착 주행, 바닥 교반 작업 상태



그림 98 4륜 구동형 왕겨살포로봇 일반 주행 상태(교반기 비장착)



그림 99 4륜 구동형 로봇의 회전 및 오리사 바닥의 문제발생 상태

- (결과) 교반기를 장착 주행, 일반 주행 시 안정적인 동작 수행, 축사 바닥에 주는 부하가 현저히 감소하였다. 직진 주행시 바닥 면에 별다른 교란을 일으키지 않고 주行的 자유도가 높아졌음이 확인됨
- 사륜 구동형 주행부로 회전 시 바닥 면의 문제발생(파임, 요철발생)이 궤도형 주행로봇보다 적어 농가사용자의 만족도가 향상됨
- 4륜 구동 로봇의 경우 궤도 주행형 로봇에 비하여 생산비가 30% 이상 절감됨에 따라 공급단가가 저렴하여 가격경쟁력과 상용화 가능성이 향상되었으며, 바닥 관리 기능 및 관제 기능 모두 구현하였고, 종량이 무거운 궤도형 로봇에 비하여 견인 능력이 다소 부족할 수 있지만, 바닥 교반 및 기타 기능을 무리 없이 수행 가능함
- 경량화로 인하여 빠른 움직임 및 제어 유연성이 확보, 이동경로의 자유도가 높으며 노면 손실의 감소로 소비자 만족도가 뚜렷이 높았으며, 궤도형 로봇의 단점을 보완하는 대안으로 4륜 구동형 로봇을 제시 가능하며, 축사 특징에 따라 궤도형 로봇이 필요한 현장과 4륜 구동 로봇이 필요한 현장으로 구분하여 지속적인 연구 개발, 사용자 수요에 따라 다양한 현장에서 충분한 검증 및 개선을 통하여 상업화 추진방향을 결정할 예정임
- 현재 제품의 현장 검증을 완료하고 주행 기술 및 정밀 교반 기술에 대한 다양한 성능 고도화를 진행하고 있음.

### ○ 성능검증

- 상용성을 검증하기 위하여 운행시간을 늘리고 다양한 오리사에서의 현장검증을 강화 후 최종 제품에 대하여 한국농업기술진흥원에서 관련 인증을 획득하겠음.
- RFP에서 궤도형 제품의 개발에 대한 제안이 있어서 관련 제품에 대한 개발에 최선을 다 했으나 현장의 여건에 합리적이지 않다는 것을 확인하고 관련 기술의 상용화를 위하여 4륜 구동형 제품을 추가로 개발한 관계로 관련 기술의 안정성을 검증하는데 시간이 필요하였음.
- 관련 연구개발의 기간은 종료되었지만 상용화를 위하여 꾸준한 투자와 개발을 추진함으로 국내실정에 부합하는 기술개발을 완료하고 우수한 제품을 공급하도록 노력할 것임.

### ○ 기종별 특성 및 경제성 분석: 현수형 모델과 비교

- 기존 현수형 모델, 신규 개발한 주행형 모델의 왕겨살포로봇 기종을 생산단가, 판매단가 측면에서 비교하여 생산 매출, 소비자 이득을 중점으로 신제품 개발이 갖는 의의, 편익을 평가함

표 22 현수형 모델, 주행형 모델의 기종별 비용 비교

(단위: mm, 천 원)

항목		현수형 모델(기존)	주행형 모델(신규 개발)
제품 외형 및 규격		 현수형 모델(1500*1450*900)	 주행형 모델(900*1450*1200)
판매가		<b>25,000 (A)</b>	<b>20,000 (B)</b>
생산가(B)	로봇 설치	로봇H/W 제작원가	4,500
		사료이송장치 설치비	3,000
		왕겨보관조 설치비	1,000
		모노레일 시공비	4,000
		전선레일 시공비	1,000
		장비 임대비	500
		네트워크 시설비	500
유지보수	교육 및 A/S서비스	소계(로봇 설치)	14,500
		소계(로봇 설치 및 유지보수비용)	2,500
		<b>17,000 (C)</b>	<b>9,500 (D)</b>
※주행형 모델 상용화 시 1. 농가 소비자는 (B) - (A) = 약 5,000천 원의 구매비용 절약이 가능함 2. 생산·판매자는 현수형 모델의 판매 마진 = (A) - (C) = 8,000천 원에서 주행형 모델의 판매 마진 = (B) - (D) = 10,500천 원으로 약 2,500천 원의 마진 향상이 가능함 (합계) 소비자 편익 + 생산자 편익 = 약 7,500천 원 상당의 제품경쟁력이 향상됨			

표 23 현수형 모델, 주행형 모델의 기종별 기능 비교

항목	현수형 모델(기존)	주행형 모델(신규 개발)
제어 방식	사용자 / 시간 제어	사용자 / 원격 제어
왕겨 살포	전체영역 동시에 살포	부분별 차등 살포(왕겨 절약)
바닥 교반	미지원	지원(왕겨 절약)
왕겨 충전방법	자동이송장치 설치, 자동 충전	수동 공급
환경 관제 범위	중심부만 센싱 가능	농장 전체 면데이터 생성
환경 센싱 항목	온도/습도/CO <sub>2</sub>	온도/습도/CO <sub>2</sub> /암모니아
폐사체 감지	미지원	지원
폐사체 회수	미지원	지원

- (농가 소비자, 사용자 측면) 주행형 모델 상용화 시, 기존 현수형 모델에 비하여 제품 구매 단가 및 설치 비용 하락으로 농가의 경제적 부담이 감소될 수 있으며, 바닥 교반작업의 자동화, 폐사체 인식을 통하여 사용자에게 노동 편의 제공, 노동력 절감이 가능함
- 기존 현수형의 경우 전체 면적으로 살포하여 살포량 조절이 되지 않았으나 주행형 모델의 경우 특정 면적(필요한 부분)에 살포하여 왕겨 사용량을 절약 가능하다. 또한 바닥 교반기를 이용하여 왕겨 재사용, 왕겨 구입비용 절감이 가능하고 고도화된 환경 관제 기능을 제공함
- (제품 제조·판매자 측면) 주행형 모델 상용화 시, 기존 현수형 모델에 비하여 생산비용 절감으로 제품의 판매가를 인하하여도 실질 마진은 상승되는 효과가 있음(로봇 H/W 제작비용은 증가하지만 현장 설치에 소요되던 시공 비용이 절감되고 보통 3-4일 동안 소요되던 시공 기간이 당일 설치 및 교육으로 단축되어 부대비용의 절감이 가능함)
- 제품의 규격 소형화, 시공기간 단축으로 생산성에 용이성을 부여, 대량 생산이 가능하다. 비닐하우스형 축사에도 보급이 용이하여 현수형 대비 보급 증가, 매출 증진이 예상됨
- 제품의 기술을 응용, 오리사 외에 육계사, 종계사, 산란계 평사 등 축산현장에서 사용하기 편한 플랫폼으로 응용 개발이 가능, 전체 플랫폼의 기능 향상을 도모할 수 있는 장점이 있음

○ 궤도형과 4륜구동형 특성 및 경제성 분석

표 24 궤도형 모델, 4륜구동형 모델의 기종별 비용 비교

(단위: mm, 천 원)

항목		현수형 모델(기존)	주행형 모델(신규 개발)
제품 외형 및 규격			
판매가		20,000 (A)	20,000 (B)
생산가(B)	로봇 설치	로봇H/W 제작원가	5,500
		로봇운용시간	12hr
		로봇높이	50cm
		모노레일 시공비	0
		전선레일 시공비	0
		장비 임대비	0
		네트워크 시설비	500
소계(로봇 설치)		7,000	7,000
유지보수	교육 및 A/S서비스	2,500	2,500
계(로봇 설치 및 유지보수비용)		9,500 (C)	9,500 (D)
※4륜 주행형 모델 상용화 시 제품생산 비용 절감 및 소비전력 감소에 따른 로봇운용능력의 향상이 예상됨.			

5) 깔짚 살포로봇 상용화 기반 마련

□ 깔짚 살포로봇 인증 절차 수행

○ 농업용 로봇 성능시험(한국농업기술진흥원): 시스템 안정성 확보

- 한국농업기술진흥원의 ICT 농기계 검인증센터(농기계 제품에 대한 인증 기준을 수립, 농업용 로봇 성능시험을 전문으로 수행하는 농촌진흥청 산하 국가기관)를 통하여 제품 도면 및 성능지수에 따른 성능검증 결과를 확보함
- 주행형 왕겨살포로봇, 바닥교반장치의 농업용 로봇 성능시험을 수행하였으며 인증항목은 작업 주행 속도, 주행 경로 오차, 1회 충전 작업시간 등임

표 25 농기계 농업용 로봇 성능시험 1. 주행형 왕겨살포로봇

제품 대표 이미지	사양	단위	규격
	모델 번호	-	DW_DuckBot1.0
	기계 규격	mm	1750(L)x900(W)x850(H)
	모터 용량	Kw	약 3.5Kw
	구동방식(사료통)	mm	궤도형
	위치인식	mm	2d lidar 센서
	오리인식	식	인텔리얼센스 & AI기술
	용도	-	오리사 바닥관리
	농기계 농업용 로봇 성능시험 대상1. 주행형 왕겨 살포로봇		

표 26 농기계 농업용 로봇 성능시험 2. 왕겨살포 및 바닥교반장치 (견인식)

제품 대표 이미지	사양	단위	규격
 <p>농기계 농업용 로봇 성능시험 대상2. 왕겨살포 및 바닥교반장치(견인식)</p>	모델 번호		DW_DuckBot-A1
	기계 규격	mm	1000(L)x800(W)x1200(H)
	모터용량	Kw	24v 150W (전체합계)
	왕겨공급방식 및 사양	w	스크류 정량 공급방식
	왕겨살포방식 및 사양	w	블레이드 방식
	왕겨교반방식 및 사양	w	직립형 스크류 교반방식
	기능	식	토출량/교반 높이조절가
	전력	전력	24V / 150W
	용도		오리사 바닥관리용

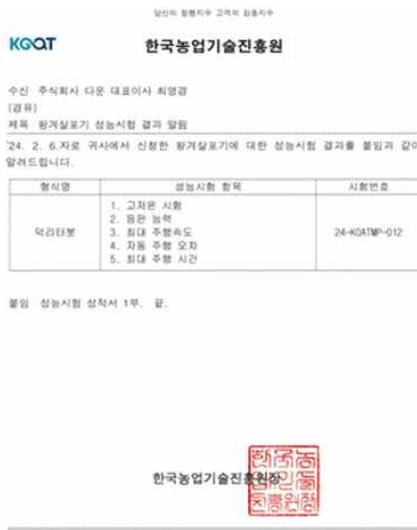


그림 101 농업용 로봇 성능시험 결과

○ ICT축산 기자재 제품 등록 추진(스마트팜코리아)

- 농림수산물교육문화정보원이 운영하는 스마트팜코리아(<https://smartfarmkorea.net>) 농기계의 제품 신기종 장비 등록을 위하여 오리축사 주행로봇의 심의를 수행 중이며, 제품 상용화 단계를 추진하고 있으므로 지속적인 자료 보강을 통하여 ICT축산 기자재 제품 등록을 추진 중임

□ **깔짚 살포로봇 보급 위한 마케팅 전략 및 홍보**

○ **전시회 및 박람회 출품, 축산 광고 및 신문·방송 홍보**

- 국내 축산박람회 및 전시회를 대상으로 연구기관 (주)다운에서 적극 참가 및 ICT 농기계 전시, 마케팅, 홍보 상담 등을 진행하였으며, 해외 축산박람회에도 출품을 통하여 수출 가능성을 높이고 있음
- 농업 및 축산전문 신문, 인터넷, 방송 등을 활용, 활발한 홍보를 진행하여 소비자 접근성을 높이고 있음



그림 102 국내, 국제 축산박람회 출품 및 홍보<한국국제축산박람회 외>



그림 103 깔짚 살포로봇 신문인터넷 홍보<한국국제축산박람회 등>



그림 104 깔짚 살포로봇 뉴스방송 홍보<안동 MBC>

○ **전국 대리점 제품 소개 및 서비스 교육**

- 연구기관 (주)다운은 다양한 축종 분야를 대상으로 제품 개발 및 상용화 경험을 보유하고 있으며, 전국 대리점(16개소)을 활용한 판매 및 서비스망을 확보하고 있음
- 영업망 활성화를 통하여 판매, 연구기간 3개년 간 약 3.4억 원의 매출을 달성하였으며 정부지원 보급 사업을 적극 추진하여 지속적으로 농가 보급률을 높일 계획임

## 2.2 깔짚재에 따른 육용오리의 생산성과 경제성 분석 및 검증(충남대학교)

### 1) 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향(1차년도)

#### □ 연구수행 내용

##### ○ 공시 동물

- White pekin duck 336수(3처리×8반복×cage 당 14수(♂))

##### ○ 처리

- 깔짚재 종류에 따라 처리구를 구분
- 1일령의 생시체중을 측정하고 난괴법을 이용하여 각 처리에 배치

표 27 깔짚재 종류에 따른 처리구 구분

ID	Description
R	Rice husk bedding that used in ordinary farms
S	Sawdust bedding that used in ordinary farms
C	Cocopeat bedding that used in ordinary farms

##### ○ 사양관리

- 실험 기간은 6주간 진행되며(1-42일령), 실내온도는 한국가금사양표준에 따라 1일령 33℃로 시작한 후 매주 2℃씩 낮추어줌
- 실험 사료는 시판 일반 육용오리 사료를 이용하였으며, 전기(1-21일령)와 후기(22-42일령)로 구분하여 사료 급여를 실시하였음
- 24시간 종야 점등을 실시하였음
- 사료와 물은 무제한 급여
- Water poultry 특성상 바닥재가 물에 변질되기 쉬우므로 상황에 따라 깔짚재 교체

##### ○ 분석항목

표 28 분석항목

항목	세부 목록
성장능력	평균 체중, 일당 사료 섭취량, 일당 증체량, 사료 요구율
도체 특성	도체중
육질 특성	일반성분분석, pH

- 매주 1) 사료 섭취량, 2) 증체량, 3) 사료요구율 측정
- 42일령에, Pen 당 1수씩 육용오리를 도계 후 다리육과 가슴육의 도체수율을 측정한 뒤 가슴육을 채취하여 일반 성분 분석 및 pH 분석
- 본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS (version 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 ANOVA 분석
- 처리 간 성장능력의 통계단위는 Pen으로 계산하며, 도체 특성 및 육질 특성은 개체를 통계 단위로 계산
- 각 처리구간의 표준 값을 Tukey's test를 통하여 다중 검정하고, 95% 신뢰수준에서 유의성 검정

## □ 주요 결과

### ○ 성장 능력

표 29 주령 별 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 평균체중

Item	Cocopeat	Rice husks	Sawdust	SEM	P-value
Body weight, g					
Day 1	60.48	60.44	60.39	0.163	0.973
Day 7	277.89	302.13	298.31	5.938	0.206
Day 14	803.91	849.12	827.72	9.751	0.169
Day 21	1409.23	1439.91	1404.44	11.902	0.437
Day 28	2175.28	2250.71	2168.58	26.013	0.375
Day 35	3189.68	3263.10	3181.57	22.435	0.273
Day 42	3781.75a	3964.15b	3828.14ab	32.327	0.049

- 7주령에 왕겨를 사용한 육용오리 체중이 코코피트 깔짚재를 사용한 육용오리 체중보다 유의적으로 높은( $p < 0.05$ ) 체중을 나타냄

표 30 주령 별 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 일당 증체량

Item	Cocopeat	Rice husks	Sawdust	SEM	P-value
Average daily gain, g/d					
Day 7	31.06	34.52	33.98	0.848	0.206
Day 14	75.14	78.14	75.63	1.000	0.441
Day 21	86.47	84.40	82.39	1.463	0.543
Day 28	109.44	115.83	109.16	2.881	0.586
Day 35	169.08	168.73	168.83	3.296	0.999
Day 42	84.58	100.15	92.37	3.800	0.256
Day 1-21	64.23	65.69	64.00	0.567	0.437
Day 22-42	112.98	120.20	115.41	1.470	0.123
Day 1-42	88.60a	92.94b	89.71 ab	0.770	0.049

- 실험 전체기간 동안 왕겨를 사용한 육용오리 일당 증체량이 코코피트 깔짚재를 사용한 육용오리 일당 증체량보다 유의적으로 높은( $p < 0.05$ ) 일당 증체량을 나타냄

표 31 주령 별 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 일당 사료섭취량

Item	Cocopeat	Rice husks	Sawdust	SEM	P-value
Average daily feed intake, g/d					
Day 7	36.00	37.31	36.11	0.994	0.667
Day 14	106.36	107.05	106.57	0.123	0.738
Day 21	155.28	156.77	153.06	0.868	0.221
Day 28	237.98	231.80	233.17	2.928	0.683
Day 35	383.23	388.73	370.06	2.039	0.431
Day 42	246.32	262.69	253.92	4.109	0.092
Day 1-21	95.88	100.37	97.25	0.699	0.109
Day 22-42	269.18a	289.07b	270.72a	5.879	0.007
Day 1-42	180.53a	195.72b	188.48ab	3.936	0.037

- 실험 전체기간 동안 왕겨를 사용한 육용오리 일당 사료섭취량이 코코피트 깔짚재를 사용한 육용오리 일당 사료섭취량보다 유의적으로 높은( $p < 0.05$ ) 일당 사료섭취량을 나타냄

표 32 주령 별 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 사료 요구율

Item	Cocopeat	Rice husks	Sawdust	SEM	P-value
Feed conversion ratio, g/g					
Day 7	0.98	0.93	0.94	0.014	0.341
Day 14	1.34	1.37	1.36	0.013	0.560
Day 21	1.80	1.88	1.86	0.026	0.449
Day 28	2.19	2.03	2.16	0.044	0.301
Day 35	2.66b	2.31a	2.56ab	0.060	0.036
Day 42	3.46	2.59	2.84	0.165	0.077
Day 1-21	1.49	1.53	1.52	0.012	0.422
Day 22-42	2.67b	2.26a	2.48ab	0.058	0.008
Day 1-42	2.24b	2.00a	2.14ab	0.034	0.009

- 5주령, 후기 기간(Day 22-42) 그리고 실험 전체기간의 왕겨를 사용한 육용오리 사료요구율이 코코피트 깔짚재를 사용한 육용오리 사료요구율보다 유의적은 낮은( $p < 0.05$ ) 사료 요구율을 나타냄

### ○ 도체 특성

표 33 깔짚재 종류에 따른 6주차 육용오리의 도체 특성

Item	Cocopeat	Rice husks	Sawdust	SEM	P-value
Carcass relative percentages					
Carcass, %	87.74	88.07	87.93	0.463	0.962
Breast, %	18.43	18.68	18.51	0.373	0.966
Drumstick, %	5.63	5.90	5.73	0.097	0.520

- 깔짚재 종류에 따른 도체 특성은 유의적인 차이를 보이지 않음( $p > 0.05$ )

### ○ 육질 특성

표 34 깔짚재 종류에 따른 6주차 육용오리의 육질 특성

Item	Cocopeat	Rice husks	Sawdust	SEM	P-value
Breast proximate analysis					
Dry matter, %	70.50	72.39	70.05	0.640	0.309
Crude protein, %	21.80	21.20	21.01	0.213	0.318
Crude fat, %	1.47	1.77	1.49	0.117	0.544
Ash, %	1.63	1.62	1.59	0.047	0.949
pH	5.97b	5.92a	5.96b	0.008	0.001
Drumstick proximate analysis					
Dry matter, %	64.61	66.91	68.79	1.0913	0.319
Crude protein, %	19.16	18.15	19.45	0.311	0.212
Crude fat, %	11.16	12.44	10.15	0.683	0.430
Ash, %	1.36	1.13	1.25	0.046	0.116
pH	5.55	5.54	5.57	0.009	0.534

- 가슴육의 pH의 경우 왕겨에서 사육된 육용오리가 코코피트와 톱밥보다 낮은( $p < 0.05$ ) 수치를 보임

## 2) 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향(2차년도)

- 육용오리 사육 시 1차년도 결과에서 선정된 왕겨를 이용하여 실험 개시

### □ 연구수행 내용

#### ○ 공시 동물

- White pekin duck 288수(4처리×6반복×cage 당 12수)

#### ○ 처리

- 깔짚재의 깊이에 따라 처리구를 구분
- 1일령의 생시체중을 측정하고 난괴법을 이용하여 각 처리에 배치

표 35 깔짚재 깊이에 따른 처리구 구분

ID	Description
4 cm	Rice husk bedding that used in ordinary farms in 4 cm
8 cm	Rice husk bedding that used in ordinary farms in 8 cm
12 cm	Rice husk bedding that used in ordinary farms in 12 cm
16 cm	Rice husk bedding that used in ordinary farms in 16 cm

#### ○ 사양관리

- 실험 기간은 6주간 진행되며(1-42일령), 실내온도는 한국가금사양표준에 따라 1일령 33℃로 시작한 후 매주 2℃씩 낮추어줌
- 실험 사료는 시판 일반 육용오리 사료를 이용하였으며, 전기(1-21일령)와 후기(22-42일령)로 구분하여 사료 급여를 실시하였음
- 24시간 종야 점등을 실시하였음
- 사료와 물은 무제한 급여
- Water poultry 특성상 바닥재가 물에 변질되기 쉬우므로 각각 높이에 맞춰서 상황에 따라 깔짚재 교체

#### ○ 분석항목

표 36 분석항목

항목	세부 목록
성장능력	평균 체중, 일당 사료 섭취량, 일당 증체량, 사료 요구율
도체 특성	도체중, 발바닥 병변
육질 특성	일반성분분석, 육색

- 매주 1) 사료 섭취량, 2) 증체량, 3) 사료요구율 측정
- 각각 21일령과 42일령에, Pen 당 1수씩 육용오리를 도계 후 다리육과 가슴육의 도체수율을 측정 한 뒤 발바닥 병변 측정. 또한, 가슴육은 수집하여 일반성분분석 그리고 육색 분석
- 본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS (version 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 ANOVA 분석
- 처리 간 성장능력의 통계단위는 Pen으로 계산하며, 도체 특성 및 육질 특성은 개체를 통계 단위로 계산
- 각 처리구간의 표준 값을 Tukey's test를 통하여 다중 검정하고, 95% 신뢰수준에서 유의성 검정

## □ 주요 결과

### ○ 성장 능력

표 37 주령 별 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 평균체중

Item	4 cm	8 cm	12 cm	16 cm	SEM	P-value
Body weight, g						
Day 1	47.95	48.09	47.86	48.05	0.117	0.908
Day 7	254.87a	253.17a	256.41ab	263.87b	1.341	0.014
Day 14	678.00a	684.67a	686.57a	734.07b	6.671	0.003
Day 21	1266.45a	1272.43ab	1287.38ab	1322.84b	7.910	0.040
Day 28	1627.76a	1630.32a	1693.41a	1806.77b	18.874	0.000
Day 35	2169.34a	2174.67a	2219.42ab	2353.29b	24.635	0.017
Day 42	2717.03a	2727.91a	2797.57ab	3057.29b	44.906	0.013

- 1일령을 제외한 모든 주령에서 16 cm 깔짚재를 사용했을 경우 육용오리의 체중이 4 cm 깔짚재를 사용했을 경우보다 유의적으로 높은( $p < 0.05$ ) 수치를 보임

표 38 주령 별 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 일당 증체량

Item	4 cm	8 cm	12 cm	16 cm	SEM	P-value
Average daily gain, g/d						
Day 7	36.16a	36.41a	36.63ab	37.69b	0.191	0.015
Day 14	64.64a	60.45a	61.45a	67.17b	0.821	0.007
Day 21	73.47	73.55	75.1	73.59	0.771	0.874
Day 28	59.65	60.21	67.67	80.65	2.388	0.148
Day 35	77.76	77.46	75.145	78.07	2.285	0.973
Day 42	79.03	78.14	82.59	100.57	3.745	0.503
Day 1-21	174.90	174.07	177.07	182.11	0.993	0.239
Day 22-42	207.92	207.22	215.74	247.77	0.185	0.558
Day 1-42	382.83	381.29	392.81	429.89	5.294	0.222

- 7일령과 14일령에 16 cm 깔짚재를 사용했을 경우 육용오리의 일당 증체량이 4 cm 그리고 8 cm 깔짚재를 사용했을 경우보다 유의적으로 높은( $p < 0.05$ ) 수치를 보임

표 39 주령 별 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 일당 사료섭취량

Item	4 cm	8 cm	12 cm	16 cm	SEM	P-value
Average daily feed intake, g/d						
Day 7	34.36a	34.86a	38.65ab	41.82b	0.814	0.000
Day 14	79.60	76.80	80.33	85.29	1.392	0.185
Day 21	132.88	131.89	138.98	145.95	2.208	0.078
Day 28	156.54	156.88	157.02	159.18	1.336	0.909
Day 35	145.20	151.07	152.86	171.65	3.800	0.067
Day 42	179.37a	181.87a	191.73ab	222.15b	5.229	0.006
Day 1-21	243.55	246.85	257.96	273.10	2.138	0.279
Day 22-42	489.82	481.13	501.61	551.01	6.023	0.907
Day 1-42	733.38	727.98	759.57	824.11	6.915	0.479

- 7일령과 42일령에 16 cm 깔짚재를 사용했을 경우 육용오리의 일당 사료섭취량이 4 cm 그리고 8 cm 깔짚재를 사용했을 경우보다 유의적으로 높은( $p < 0.05$ ) 수치를 보임

표 40 주령 별 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 사료 요구율

Item	4 cm	8 cm	12 cm	16 cm	SEM	P-value
Feed conversion ratio, g/g						
Day 7	0.94a	0.96a	1.05ab	1.11b	0.02	0.003
Day 14	1.18	1.14	1.21	1.21	0.014	0.258
Day 21	1.26	1.24	1.26	1.33	0.015	0.184
Day 28	1.66	1.64	1.61	1.59	0.009	0.057
Day 35	1.75	1.69	1.71	1.70	0.014	0.544
Day 42	1.86	1.84	1.81	1.75	0.019	0.219
Day 1-21	1.11	1.12	1.17	1.21	0.039	0.755
Day 22-42	1.72	1.75	1.71	1.68	0.028	0.975
Day 1-42	1.41	1.44	1.44	1.44	0.067	0.514

- 7일령에 4 cm 그리고 8 cm 깔짚재를 사용했을 경우 육용오리의 사료 요구율이 16 cm 깔짚재를 사용했을 경우보다 유의적으로 낮은( $p < 0.05$ ) 수치를 보임

### ○ 도체 특성

표 41 깔짚재 깊이에 따른 6주차 육용오리의 도체 특성

Item	4 cm	8 cm	12 cm	16 cm	SEM	P-value
Carcass relative percentages						
Carcass, %	89.55	89.78	89.82	90.30	0.521	0.975
Breast, %	17.13	17.81	17.40	17.52	0.357	0.936
Drumstick, %	13.04	12.70	13.34	12.27	0.205	0.104
Footpad Score	0.66	0.166	0.00	0.00	0.840	0.234

- 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 도체 특성은 유의적인 차이를 보이지 않음( $p > 0.05$ )

### ○ 육질 특성

표 42 깔짚재 깊이에 따른 6주차 육용오리의 육질 특성

Item	4 cm	8 cm	12 cm	16 cm	SEM	P-value
Breast proximate analysis						
Dry matter, %	77.13	77.58	76.83	77.44	0.205	0.605
Crude protein, %	18.85	19.3	20.07	19.64	0.199	0.170
Crude fat, %	2.11b	1.37ab	1.02a	1.02a	0.142	0.010
Ash, %	1.61	1.52	1.53	1.53	0.023	0.500
Drumstick proximate analysis						
Dry matter, %	73.95	74.16	75.13	73.85	0.191	0.059
Crude protein, %	20.96	21.34	20.6	20.78	0.185	0.572
Crude fat, %	3.33	2.76	2.03	2.72	0.176	0.068
Ash, %	1.4	1.53	1.55	1.52	0.027	0.184
Breast meat color						
Lightness*	39.18	38.90	40.64	36.38	0.678	0.162
Redness*	17.04a	18.46ab	17.02a	20.39b	0.504	0.045
Yellowness*	4.14	5.42	4.47	5.09	0.434	0.744
Leg meat color						
Lightness*	41.71	42.00	42.15	46.21	0.869	0.213
Redness*	17.48	18.10	16.72	14.94	0.629	0.333
Yellowness*	7.23	6.49	5.34	5.43	0.403	0.301

- 가슴육의 조지방 함량의 경우 12 cm와 16 cm 깔짚재를 사용했을 경우 4 cm 깔짚재를 사용했을 경우보다 유의적으로 낮은( $p < 0.05$ ) 수치를 보임

- 가슴육 적색도의 경우 16 cm 깔짚재를 사용했을 경우 4 cm 그리고 12 cm 깔짚재를 사용했을 경우보다 유의적으로 높은( $p < 0.05$ ) 수치를 보임

### 3) 깔짚재가 오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향 구명(3차 년도)

- 깔짚재와 육용오리의 생산성 그리고 경제성과의 상관관계 구명

#### □ 연구수행내용

##### ○ 깔짚 살포로봇 설치 농장 현장 검증을 통한 깔짚재와 육용오리의 상관관계 구명

- (주)다운, (주)체리브로, (주)제일사료, (주)우성사료 등 국내 기업을 통한 농장 섭외
- 현장 환경 검증 후, 깔짚재와 육용오리의 성장 능력 상관관계 구명

##### ○ 깔짚 살포로봇 이용시 깔짚환경과 오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향 구명

- 1단계의 연구를 기반으로 통계분석 등을 통한 경제성 분석
- 해당 연구 관련 논문의 데이터를 수집 후, 통계 검정 실시

#### □ 주요 결과

##### ○ 농장 현장 검증 실험 설계

- 섭외된 농장은 1,000마리 사육 가능한 평사 형태의 2동을 기준으로 현장 검증을 진행함
- A동은 16 cm 깔짚재를 이용하여 현장 농장에서 일반적으로 사양하는 방식에 따라 실험을 진행
- B동은 평소 사양 기준인 8 cm 깔짚재를 이용하여 현장 농장에서 일반적으로 사양하는 방식에 따라 실험을 진행

##### ○ 농장 현장 검증 실험 결과

표 43 농장 현장 검증 실험 결과

Item	평균 출하 체중, kg	총 생체가격, 원	소요된 총 깔짚재, 원	사료비, 원	순이익, 원
A동 (16 cm)	3,858.25	14,442,271	1,400,000	527,430	12,515,290
B동 (8 cm)	3,673.47	13,751,013	700,000	465,441	12,585,572

- A동은 B동보다 출하 체중이 5.03% 높은 결과를 보임
- A동이 출하 체중 및 생체가격이 높은 수치를 보였으나, 순이익의 경우 B동이 A동보다 0.56% 높은 결과를 보임

##### ○ 깔짚재 높이에 따른 연구 결과의 경제성 분석

표 44 깔짚재 높이에 따른 연구결과의 경제성 분석

Item	평균 출하 체중, kg	총 생체가격, 원	소요된 총 깔짚재, 원	사료비, 원	순이익, 원
4 cm	2,717.03	662,390	31,500	33,546	597,344
8 cm	2,727.91	673,396	63,000	33,795	576,601
12 cm	2,797.57	707,041	94,500	35,001	577,540
16 cm	3,057.30	776,173	126,000	37,975	612,198

- 2년차 연구의 깔짚재 깊이에 대한 연구결과를 토대로 경제성 분석을 한 결과 16 cm 깔짚재의 깊이가 8 cm 깔짚재보다 12.07% 높은 출하 체중의 결과를 보임
- 순이익의 경우 16 cm 깔짚재의 깊이가 8 cm 깔짚재보다 6.17% 높은 결과를 보임

## 2.3 Si기반 오리 폐사체와 이상 개체 검출 및 깔짚 상태 인식 방법론 연구(가톨릭대학교)

### 1) Si기반 개체 검출 기술 개발 및 고도화

#### □ 오리 개체 검출 성능 고도화

#### ○ 오리 객체 검출 및 깔짚 영역 분할을 위한 데이터 가공

- 수집한 오리 데이터에 대한 바운딩박스 및 영역 관련 annotation 작업 진행
- Labelme 프로그램을 이용하여 학습에 사용할 index map을 만들고 객체 및 영역의 지점, 코너 혹은 edge 기준 annotation 진행

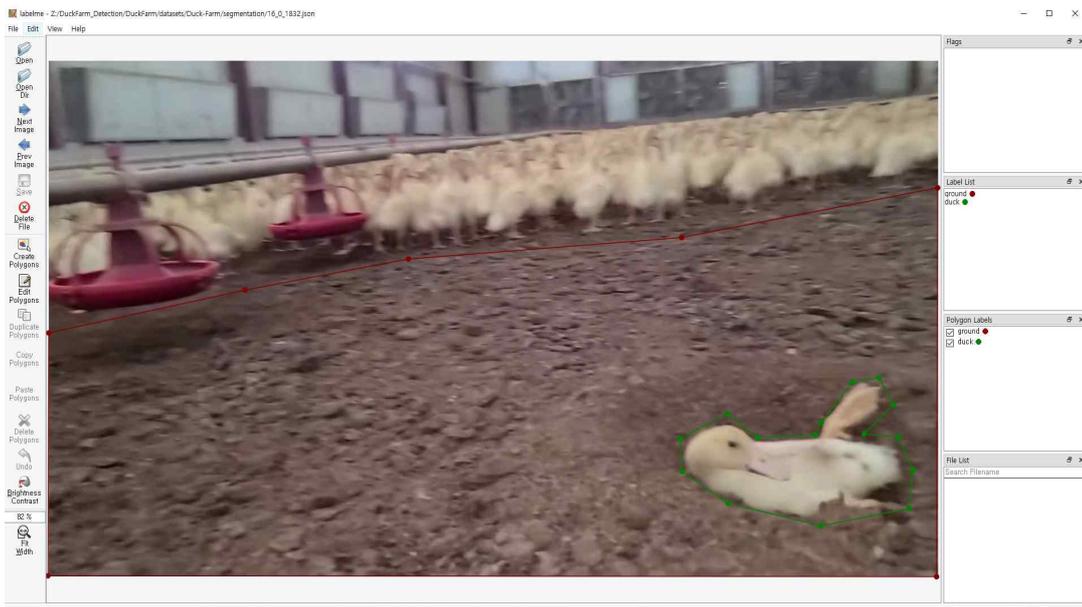


그림 104 깔짚 영상 분할을 위한 깔짚 포인트 라벨링

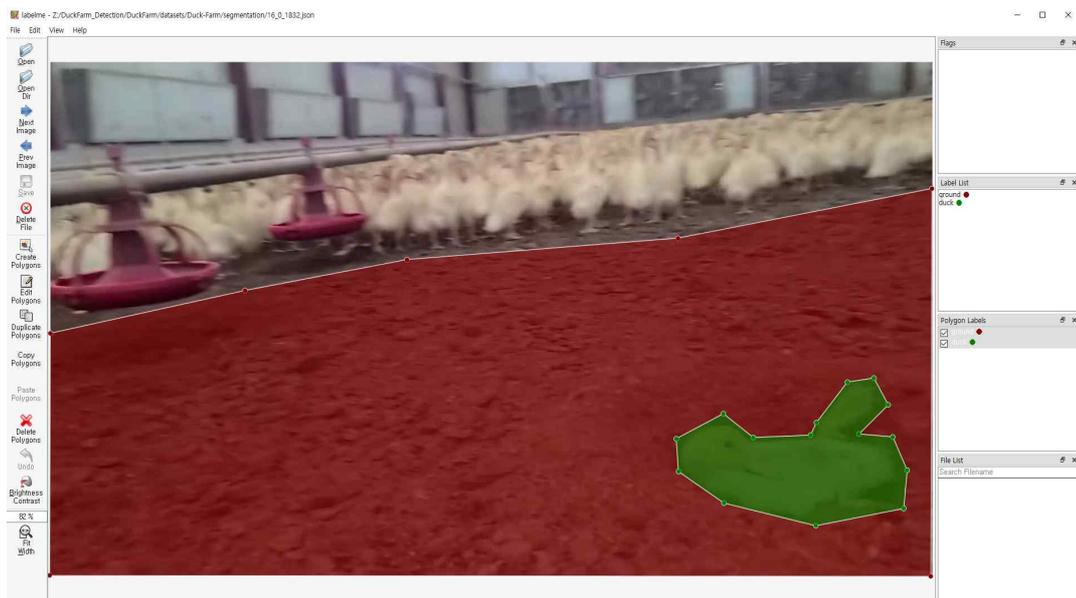


그림 105 깔짚 영상 분할을 위한 깔짚 index map

○ 검출 모델과 분할 모델 병합 및 성능 고도화

- 1, 2차년도에 개발한 검출 모델 및 분할 모델을 병합하고 분산 처리 방식을 이용하여 네트워크 구성
- 하나의 서버에 두 네트워크를 실행하기에 GPU 메모리 부족으로 분산 처리 방식으로 연구 진행
- 한 서버에 멀티 GPU를 장착하여 각각 분산 실행을 구현 및 적용함



그림 107 검출 및 분할 분산 실행 결과

○ 검출 및 분할을 위한 데이터, 모델 분산 처리

- 데이터 분산 처리를 위해 두 개의 네트워크를 각각 두 개의 GPU에 올리는 방식을 채택하고 학습에 적용
- 분산처리는 주로 데이터 학습과 관련되어 있지만 각 GPU의 모델을 동시에 로딩 후 데이터 병렬 처리가 가능하여 이를 통해 하나의 서버에 오리 객체 검출 모델과 깔짚 영역 분할 네트워크 실행

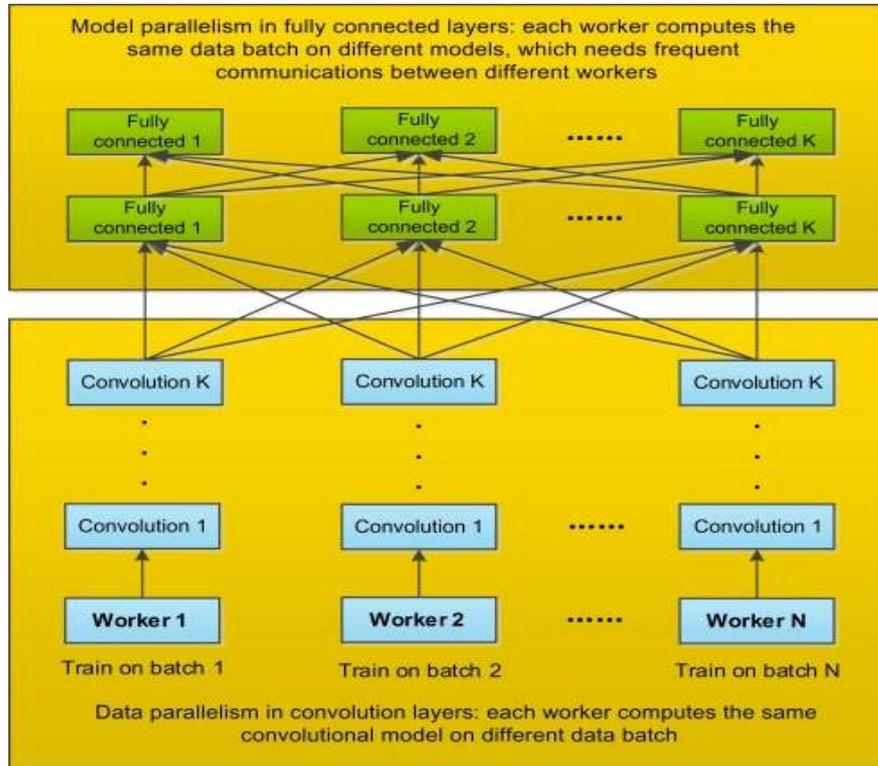


그림 108 데이터 분산, 모델 분산, 데이터-모델 분산 처리

## 2) 오리사 위치별 오리 분포도 분석 및 사육환경 연관성 규명

### □ 습도와 오리 분포의 관계성

#### ○ 자동화 시각 기술을 활용한 오리 자동 탐지

- 자동화 시각 기술에는 오픈 소스 라이브러리인 OpenCV 사용
- OpenCV는 컴퓨터 비전을 위한 open library로 영상처리, 컴퓨터 비전 뿐만 아니라 인공지능, 머신러닝 분야에서 광범위하게 사용됨
- 가장 먼저 촬영된 폐쇄회로 영상을 모두 편집하여 이미지로 변환
- 변환된 영상은 adaptiveThreshold, medianBlur, ImageSubstraction 등을 이용하여 자동으로 오리를 탐지하도록 프로그램 설계 및 구현

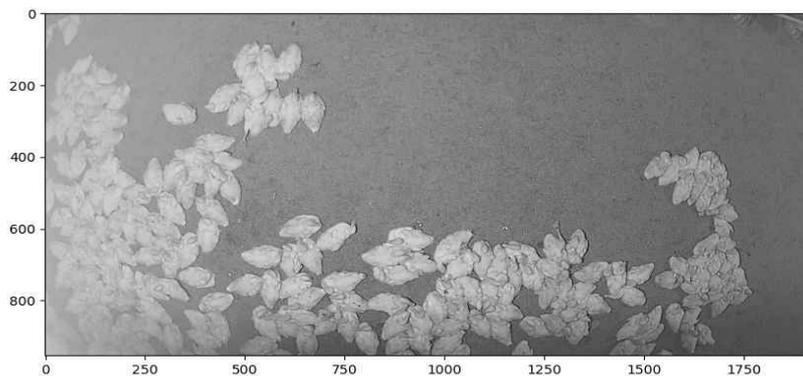


그림 109 Original Frame

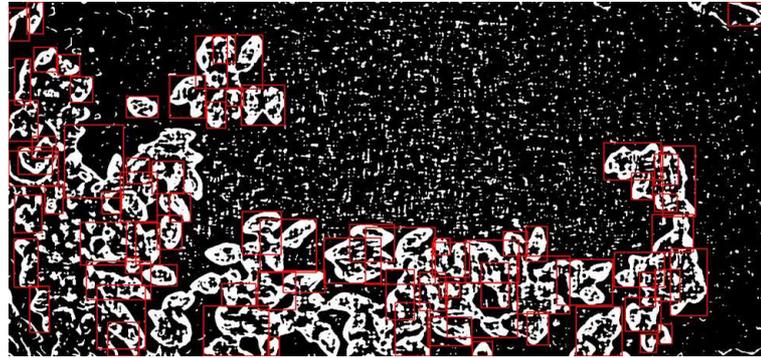


그림 110 Result Frame



그림 111 Preprocessed Frame

○ 환경 조건과 오리 군집의 상관관계

- 오리 분포도 인식 및 사육환경 연관성 규명을 위한 데이터 분석.
- 온도, 습도에 대한 오리 개체수 및 오리 군집크기 분석을 위하여 온도, 습도, 오리 개체수와 오리군집 크기를 분석하였으며 결과는 아래와 같음

표 45 온도, 습도에 따른 오리 개수 및 군집크기 데이터

일시	온도	습도	오리개체수	오리군집크기
23.05.31 - 1	20.5	82.5	12	5490
23.05.31 - 2	19.4	86.7	24	24764
23.05.31 - 3	23.0	71.1	18	13977.9
23.05.31 - 4	28.6	49.0	36	11067.2
23.05.31 - 5	30.3	49.3	70	28720.8
23.06.01 - 1	23.0	81.6	67	21406.0
23.06.01 - 2	22.7	85.1	45	24508.8
23.06.02 - 1	23.9	81.3	25	13095.6
23.06.02 - 2	23.1	80.2	35	13757.4
23.06.03 - 1	21.0	85.0	43	17125.6
23.06.03 - 2	20.9	85.2	49	20865.7
23.06.04 - 1	19.7	76.7	22	13678.9
23.06.04 - 2	19.4	78.6	41	25408.3
23.06.05 - 1	20.6	74.2	17	17580.8
23.06.05 - 2	20.1	76.0	28	13222.694
23.06.06 - 1	20.5	79.9	64	22134.2
23.06.06 - 2	20.3	79.9	60	276160.0
23.06.07 - 1	21.2	77.5	40	18421.9
23.06.08 - 1	23.1	81.5	40	14737.4
23.06.08 - 2	22.9	82.5	60	24161.5

- 분석된 영상은 수집된 수분 데이터와 함께 통계적으로 분석되어 오리의 수와 습도가 어떤 관계를 갖는지 분석. 표기의 편의를 위해 자유도와 유의도의 실제 값은 제외.
- 상관 행렬에서 오리의 수는 화면에 등장한 모든 오리의 수.
- 측정된 환경조건은 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아가스 등 4종류 임
- 오리 군집크기는 일정거리 이하로 오리간의 거리가 감소했을 때 이를 하나의 군집으로 묶고 그 크기를 측정.

표 46 탐지된 오리과 환경 조건간의 상관 행렬

Correlation Matrix(Pearson, two-tailed 95%)

	오리 수	오리 군집크기	이산화탄소	암모니아가스
오리 수	1	-	-	-
오리 군집크기	0.483***	1	-	-
이산화탄소	0.128	-0.019	1	-
질산암모늄	-0.001	-0.132	0.806***	1

Note. \*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

- 분석 결과 오리의 수와 오리 군집크기의 상관, 이산화탄소 농도와 암모니아가스 농도의 상관, 두 개의 결과가 매우 유의미한 정적 상관.
- 오리군집의 크기의 유의미한 상관은 오리들이 뭉쳐서 이동하는 경향성이 강하다는 것을 의미. 이산화탄소와 암모니아가스는 둘 사이의 상관관계는 매우 높지만 오리의 수나 오리 군집의 크기와 각각의 상관이 낮음
- 유기체의 생명활동에 의해 이산화탄소와 암모니아가스가 발생하지만 오리의 수나 군집 크기과 관련이 없다는 것은 축사의 환기 시스템과 같은 제3의 요인이 오리 축사 밖에 있을 가능성 존재
- 환경조건 중 온도와 습도가 오리의 군집 크기에 영향을 주는 것으로 나타나 회귀분석을 통해 더 정밀하게 분석됨

Model Fit Measures

Model	R	R <sup>2</sup>
1	0.320	0.102

Model Coefficients - area

Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	11252	1644.3	6.84	<.001
temp	-168	70.4	-2.39	0.021

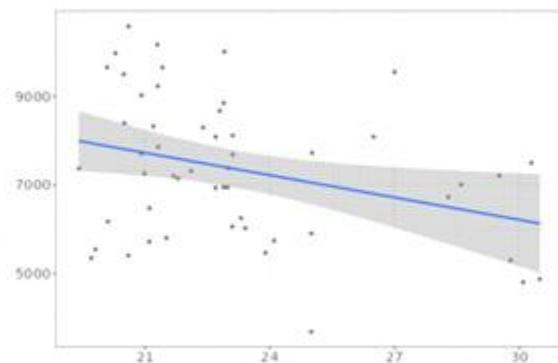


그림 112 Linear Regression two tailed 95% (오리 군집크기 by 온도)

- 온도에 의한 군집의 크기에 대한 선형회귀 분석의 결정계수는 0.102이며, 해당 모델의 회귀계수 역시 유의한 것으로 나타났(-168, p<0.021). 결과적으로 오리들은 온도가 내려가면 개체들 간의 거리가 줄어들며 군집의 크기가 증가하는 것으로 나타남

Model Fit Measures		
Model	R	R <sup>2</sup>
1	0.283	0.0803

Model Coefficients - area				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	4341.8	1460.0	2.97	0.005
moi	40.1	19.2	2.09	0.042

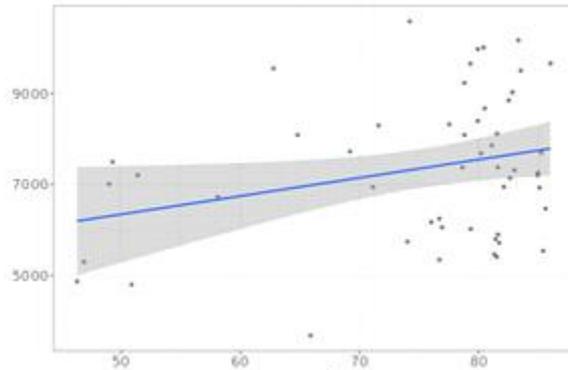


그림 113 Linear Regression two tailed 95% (오리 군집크기 by 습도)

- 습도에 의한 군집의 크기에 대한 선형회귀 분석의 결정계수는 0.083로, 해당 모델의 회귀계수 역시 유의한 것으로 나타남(40.1,  $p < 0.042$ ).
- 결과적으로 오리들은 습도가 올라가면 개체들간의 거리가 줄어들며 군집의 크기가 증가하는 것으로 나타남
- 두 선형회귀의 결과는 온도와 습도가 오리의 군집에 반대의 영향을 준다는 것을 의미함
- 오리들은 기온이 낮고 습도가 높으면 개체들의 거리가 줄어드는 경향이 있고, 기온이 높고 습도가 낮으면 습도가 낮으면 개체간의 거리가 증가하는 경향이 있는 것으로 분석됨
- 추가적으로 온도, 습도, 군집의 크기에 대해 제시된 것 외에 비선형 회귀분석, 매개효과, 조절효과 등을 검증하였으나 유의미하지 않음

### □ 특이사항 및 제한점

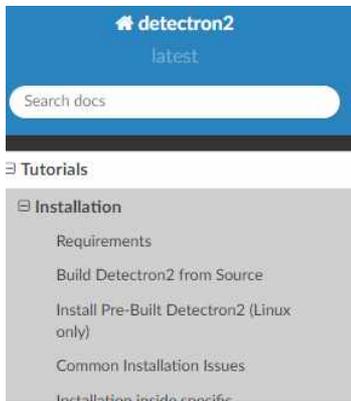
- 천장에 달린 폐쇄회로 카메라로 영상을 수집하여 분석을 진행함
- 오리의 수가 늘어나면 군집의 크기가 늘어나는 것으로 가정하고 측정함
- 극단적으로 오리가 밀집하는 경우에는 오리들이 서로 겹쳐지는 경우가 발생하기 때문에 3차원으로 군집크기를 측정하는 경우 다른 결과가 나올 수 있음
- 가끔류 측사는 온도와 습도 조절을 위해 규칙적으로 측사를 개방하기 때문에 영상의 명도, 채도가 일정하지 않아 수집된 영상이 고르지 않음
- 이로 인해 밝은 햇빛이 들어오거나 영상 외곽의 어두운 부분의 오리들은 탐지가 안 되는 경우가 발생함
- 영상의 밝기를 일정하게 유지하면 더 명확한 연구 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대됨

## 3) 영상 기반 환경 제어 시스템 개발

### □ WINDOWS 통신 제어 시스템 개발

#### ○ Detectron2의 한계

- Detectron2의 성능은 우수하나, windows 환경에서 공식 지원하지 않음.
- 통신 환경의 레이턴시로 인해 실제 인퍼런스 시간의 속도 개선이 필요.



Docs » Tutorials » Installation

Edit on GitHub

# Installation

## Requirements

- Linux or macOS with Python  $\geq 3.7$
- PyTorch  $\geq 1.8$  and torchvision that matches the PyTorch installation. Install them together at [pytorch.org](https://pytorch.org) to make sure of this
- OpenCV is optional but needed by demo and visualization

그림 114 Detectron2 설치 요구사항

### ○ YOLOv8 사용 및 Windows 테스트

- 대안으로 YOLOv8을 사용하여 Inference 속도 개선 및 Windows 환경 테스트 완료.
- 가지고 있는 .mp4 형식의 오리영상이 아닌 Intel RealSense Camera(실 기계 사용 장비)를 사용해 촬영한 .bag 파일 형식의 다른 영상 파일로 대체 하여 통신 환경 구축 시 정상 작동 여부를 확인.
- MFC에서의 통신 테스트 성공.

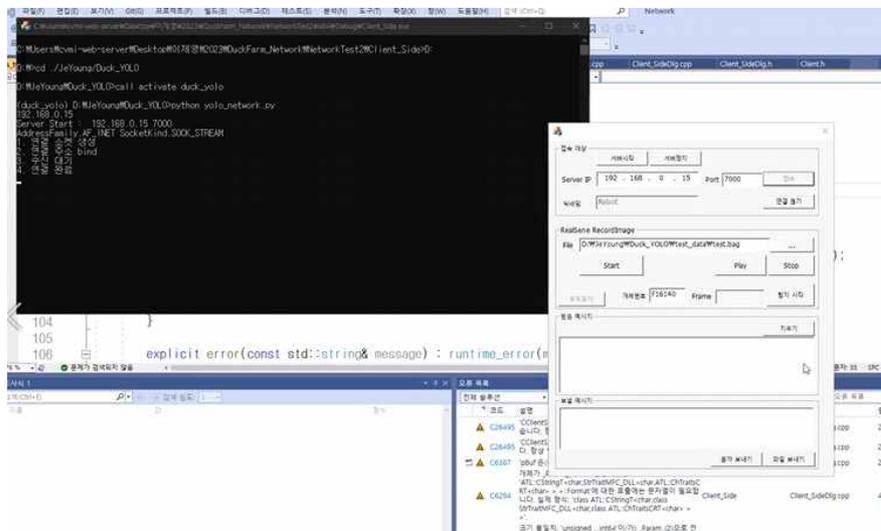


그림 115 Sever Client 접속 예시

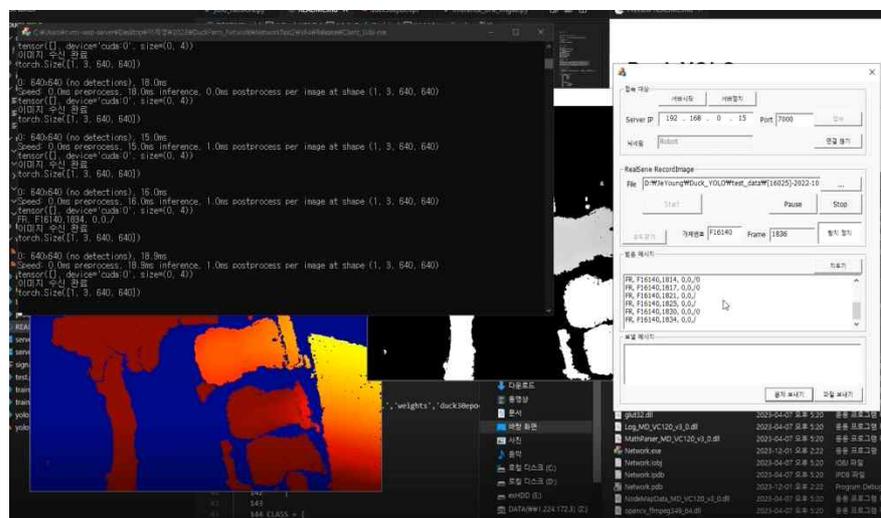


그림 116 영상 수신 및 좌표 제공 예시

## □ Linux 통신 제어 시스템 개발

### ○ Linux 환경 제어 API 개발

- YOLOv8을 활용하여 Linux 환경에서 동작하도록 API 개발
- Python을 활용하여 Local 환경에서 제어할 수 있도록 모듈화 및 문서화

#### 생성자

```
def __init__(self, path, v):
```

파라미터 이름	default	설명
path	duck_detection/weights/yolo8m_duck.pt	weights 파일 경로 설정
v	False	비주얼라이제이션 여부(만약 True면, oepncv로 비주얼라이제이션 한다.)

#### start()

```
def start(self):
```

realsense의 pipeline을 동작시킨다. (리얼 센스 동작)

#### stop

```
def stop(self):
```

realsense의 pipeline을 중지시킨다. (리얼 센스 동작 멈춤)

#### inference()

그림 117 Documents 예시

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

□ **오리축사용 궤도주행형 왕겨살포로봇 개발 및 현장 실증(주식회사 다운)**

○ **깔짚 살포로봇(2종) 현장 적응 시험 및 데이터 수집**

- 기 개발 현수형(레일형) 깔짚 살포로봇 현장 적응시험(육용오리 사육농가 1개소) 수행 및 그에 따른 데이터 수집
- 신규 개발 자율주행형(상용모델) 깔짚 살포로봇 현장 적응시험(육용오리 사육농가 1개소) 수행 및 그에 따른 데이터 수집, 기능 개선
- 기 개발 현수형 모델, 신규 개발 자율주행형 모델의 기종별 특성 분석 및 경제성 비교

○ **깔짚 살포로봇의 성능 고도화**

- H/W 고도화: 깔짚 살포로봇 통합제어기 개발, GPS 기반 자율주행기술 구현, AI 오리 인식 인터페이스 개발 및 로봇 탑재
- S/W 고도화: 깔짚 살포로봇의 관제 프로그램 및 센서 데이터 통합서버 제작, 웹·모바일 서비스 고도화

○ **깔짚 살포로봇의 상용제품 시작기 제작 및 기능 점검**

- 현장 검증결과에 따른 깔짚 살포로봇의 상용 모델 재설계
- 깔짚 살포로봇 상용모델의 정밀주행 I/O 보드 제작, 센서 baseboard 제작, 완제품 조립 및 시작기 1기 제작
- 깔짚 살포로봇 상용모델 시작기의 주행 기능 점검 및 개선, 2D LiDAR 기반 자율주행 기술 구현, 오리 인식 기능 점검 및 교반 기능 개선
- 4륜 구동 주행형 깔짚 살포로봇 시작기 개발 및 현장 적응 시험 수행

○ **깔짚 살포로봇의 상용화 기반 마련**

- 농업용 로봇 시험(한국농업기술원) 수행, ICT 축산기자재 제품 추진
- 소비자 신뢰 제고 및 각종 마케팅, 전시회 및 박람회 출품 등을 통한 홍보 활동

□ **깔짚재에 따른 육용오리의 생산성과 경제성 분석 및 검증(충남대학교)**

○ **깔짚재 종류에 따른 육용오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향**

- 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 성장 능력, 도체 특성, 육질 특성 데이터 확보
- 실험 결과에 따라 육용오리 사양에 있어서 최적의 깔짚재로 왕겨 제시

○ **깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향**

- 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 성장 능력, 도체 특성, 육질 특성 데이터 확보
- 실험 결과에 따라 육용오리 사양에 있어서 종합적으로 보았을 때 16 cm 깔짚재 깊이가 최적 깊이임을 제시

○ **깔짚재와 육용오리의 생산성 그리고 경제성에 미치는 영향 규명**

- 농장 현장 실증 실험을 통해 깔짚재의 깊이에 따른 현장 환경 검증 및 실질적인 육용오리의 성장 능력, 경제성 데이터 확보
- 2차년도 실험인 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 경제성 분석 데이터 확보
- 농장 현장 실증 실험의 경우 8 cm 깔짚재 깊이가 16 cm 깔짚재보다 순이익이 높았으나, 2차년도 실험의 결과는 16 cm 깔짚재 깊이가 8 cm 깔짚재보다 6.17% 높은 순이익의 결과를 보임

□ **시 기반 오리 폐사체와 이상 개체 검출 및 깔짚 상태 인식 방법론 연구(가톨릭대학교)**

○ **시 기반 개체 검출 기술 개발 및 고도화**

- 오리 개체 검출 성능 고도화 - 객체 검출 및 영역 분할 고도화 - 오리 객체 검출, 깔짚 영역 분할을 위한 데이터 가공 및 학습에 적용하고 데이터, 모델 분산처리 설계 및 구현

○ **오리사 위치별 오리 분포도 분석 및 사육환경 연관성 규명**

- 습도와 오리 분포의 관계성 - 자동화 시각 기술을 활용한 오리 자동 탐지 및 환경 조건과 오리 군집의 상관관계 - OpenCV를 이용한 자동화 시각 기술 개발 및 통계 도구를 이용한 환경과 군집에 대한 상관관계 분석 완료

○ **영상 기반 환경 제어 시스템 개발**

- 윈도우즈 통신 제어 시스템 개발 - YOLOv8 적용 및 테스트 - detectron2가 윈도우즈 환경을 지원하지 않아 YOLO모델로 변경 및 윈도우즈 기반 테스트 및 리눅스 통신제어 시스템 개발

**(2) 정량적 연구개발성과****○ 특허출원 5건 및 특허 등록 1건 달성**

- “동물사체 자동 수거장치(10-2022-0086212), 자율주행형 왕겨 살포로봇(10-2021-0174647), 동물사체 수거 및 왕겨살포기능을 갖는 축사관리로봇(10-2022-0124326), 왕겨살포로봇 자율주행 방법(10-2023-0177575), 축사용 동물사체 수거장치(10-2023-0191062)”의 특허 출원 진행
- “자율주행형 왕겨 살포로봇 (10-2590318)” 특허 등록 진행

**○ SCI 논문 및 비SCI 논문 6건 / 국내외 학술대회 8건 진행**

- “Transposed convolutional layer 기반 Stacked hourglass network를 이용한 얼굴 특징점 검출에 관한 연구(2021), “Dietary effect of energy levels on growth performance and carcass characteristics of White Pekin duck over 21 days(2022)“, A Study on the Classification of Cancers with Lung Cancer Pathological Images Using Deep Neural Networks and Self-Attention Structures(2023)“, Differences in bedding material type could alter the growth performance of White Pekin ducks raised over 42 days(2023)“, “Effect of different bedding depths of rice hulls on growth performance and carcass traits of White Pekin ducks(2023)“, Research Note: Evaluation of standardized ileal amino acid digestibility in feed ingredients for Pekin ducks(2023)” 논문 6건 달성
- 한국축산학회 및 한국농공학회, 한국가금학회등의 국내 학술대회 8건 참가

**○ 고용창출 16명, 제품화 1건, 매출액 340,000천원, 기술 이전 1건, 기술료 11,974천원 달성**

- ㈜다운의 고용 창출 16명 달성 및 “왕겨살포로봇 사업화” 제품화 1건, 제품화에 따른 매출액 340,000천원 누적매출액 달성
- ㈜다운의 “자율주행형 왕겨 살포로봇” 기술 이전 1건 실시 및 이에따른 기술료 11,974천원 달성

**○ 기술인증**

- 농업용 로봇 성능시험(시험 번호 : 24-KOATMP-0123, 한국농업기술진흥원)

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2021~2022)	2단계 (2023)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	특허출원	목표(단계별)	3	2	5	10
		실적(누적)	3	2	5	
	특허등록	목표(단계별)	1	2	3	10
		실적(누적)	0	1	1	
	논문(SCI)	목표(단계별)	1	2	3	-
		실적(누적)	1	3	4	
	논문(비 SCI)	목표(단계별)	2	2	4	-
		실적(누적)	1	1	2	
	학술발표	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	7	1	8	
	고용창출	목표(단계별)	4	2	6	15
		실적(누적)	13	3	16	
	제품화	목표(단계별)	1	-	1	20
		실적(누적)	1	-	1	
	매출액	목표(단계별)	190,000	150,000	340,000	20
		실적(누적)	290,000	50,000	340,000	
	기술이전	목표(단계별)	1	-	1	10
		실적(누적)	1	-	1	
기술료	목표(단계별)	500	-	5,000	5	
	실적(누적)	11,000	-	11,000		
기술인증	목표(단계별)	-	1	1	10	
	실적(누적)	-	1	1		
계						100
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	깔짚 살포 균일도	목표(단계별)	< 5 %	< 3 %	< 3 %	20
		실적(누적)	5 %	-	-	
	작업주행속도	목표(단계별)	> 0.25 m/s	> 0.3 m/s	> 0.3 m/s	20
		실적(누적)	0.5 m/s	0.27 m/s	0.27 m/s	
	주행 경로 오차	목표(단계별)	< 20 cm	< 15 cm	< 15 cm	20
		실적(누적)	3.2 cm	8.9 cm	8.9 cm	
	1회 충전 작업시간	목표(단계별)	> 1 hr	> 1 hr	> 1 hr	30
		실적(누적)	3 hr	7 hr	7 hr	
	오리 이상개체 검출 속도	목표(단계별)	3 s	1 s	1 s	5
		실적(누적)	1s	0.5s	0.5 s	
	오리 이상개체 검출 정확도	목표(단계별)	70 %	80 %	80 %	5
		실적(누적)	75 %	85 %	85 %	
계						100

\*살포균일도는 기존 현수형 왕겨살포로봇에서 평가된 항목으로 동일 메커니즘을 사용한 관계로 검증에서 제외됨.

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (2021~2022)	2단계 (2023)	
깔짚 살포 균일도	CV%	30	-	10	10	5	3	선행연구
작업주행속도	m/s	20	-	0.2	0.2	0.25	0.3	선행연구
주행 경로 오차	cm	20	-	-	-	20	15	선행연구
1회 충전 작업시간	hr	30	-	1	1	1	1.2	선행연구
오리 이상개체 검출 속도	sec	5	-	1s	-	3s	1s	선행연구
오리 이상개체 검출 정확도	%	5	-	80%	-	70%	80%	선행연구

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/ 비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Transposed convolutional layer 기반 Stacked hourglass network를 이용한 얼굴 특징점 검출에 관한 연구	멀티미디어 학회논문지	구정수	24(8)	대한민국	멀티미디어 학회논문지	비SCIE	2021-08-24	1229-7771	100
2	Dietary effect of energy levels on growth performance and carcass characteristics of White Pekin duck over 21 days	Journal of Animal Science and Technology	홍준선	64(3)	대한민국	Journal of Animal Science and Technology	SCI	2022-05-06	2672-0191	100
3	A Study on the Classification of Cancers with Lung Cancer Pathological Images Using Deep Neural Networks and Self-Attention Structures	Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology	Seung Hyun Kim	30(6)	국외	Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology	비SCIE	2023-04-09	1710-6222	100
4	Differences in bedding material type could alter the growth performance of White Pekin ducks raised over 42 days	Journal of Animal Science and Technology	Elijah Ogola Oketch	65(2)	국외	Journal of Animal Science and Technology	SCI	2023-05-31	2672-0191	100
5	Effect of different bedding depths of rice hulls on growth performance and carcass traits of White Pekin ducks	Journal of Animal Science and Technology	JAYASEKARA VITHANAGE NUWAN CHAMARA	-	대한민국	Korean Society of Animal Science and Technology	SCI	2023-07-31	2672-0191	50
6	Research Note: Evaluation of standardized ileal amino acid digestibility in feed ingredients for Pekin ducks	Poultry Science	OKETCH ELIJAHO GOLA	102(10)	국외	Poultry Science	SCI	2023-07-18	0032-5791	50

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	(사)한국축산학회 학술발표회	김유빈	2021-07-08	충북 청주시 충북대학교 첨단바이오연구센터	대한민국
2	The 2nd International Conference On Agricultural Science & Research	Elijah Ogola Oketch	2022-10-07	Links to ZOOM rooms	대한민국
3	2022 한국농공학회 학술발표회	조범진, 이제영	2022-10-14	대구 인터볼고호텔	대한민국
4	2022 한국농공학회 학술발표회	이제영	2022-10-14	대구 인터볼고호텔	대한민국
5	2022 4th Domestic and International Integration Conference	김승현	2022-10-27	제주 제주시 제주대학교	대한민국
6	2022 한국가금학회 제39차 정기총회 및 학술발표회	Elijah Ogola Oketch	2022-11-04	대전 IBS과학문화센터	대한민국
7	2022 한국가금학회 제39차 정기총회 및 학술발표회	Nuwam Chamara Chathuranga	2022-11-04	대전 IBS과학문화센터	대한민국
8	HCI Korea 2023 학술발표회	이제영, 강호철	2023-02-03	하이원 리조트(강원 정선)	대한민국

## [기술적 성과]

### □ 지식재산권(특허)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	동물사체 자동 수거장치	대한민국	주식회사 다운	2022-07-13	10-2022-0086212				100	미활용
2	자율주행형 왕겨 살포로봇	대한민국	주식회사 다운	2021-12-09	10-2021-0174647				100	활용
3	동물사체 수거 및 왕겨살포기능을 갖는 축사관리로봇	대한민국	주식회사 다운	2022-09-29	10-2022-0124326				100	미활용
4	자율주행형 왕겨 살포로봇	대한민국				주식회사 다운	231012	10-2590318	100	활용
5	왕겨살포로봇 자율주행 방법	대한민국	주식회사 다운	2023-12-08	10-2023-0177575				100	미활용
6	축사용 동물사체 수거장치	대한민국	주식회사 다운	2023-12-26	10-2023-0191062				100	미활용

### ○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√									
2	√		√							
3	√									
4	√		√							
5	√									
6	√									

### □ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	농업용 로봇 성능시험	한국농업기술진흥원	농업용 로봇 성능시험	24-KOATMP-012	24.02.29	대한민국

## [경제적 성과]

### □ 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	자율주행형 왕겨 살포로봇	주식회사 다운	2021-06-22	11,974,100	11,974,100

### □ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	기술이전	공정개선	국내	왕겨살포 로봇 사업화	오리축사 깔짚 관리용 왕겨살포로봇 농가 보급 및 매출 발생	주식회사 다운	340,000,000		2021-2023	

\* 1) 기술이전 또는 자기실시 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 국내 또는 국외 중 해당하는 사항을 기재합니다.

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
왕겨살포로봇 사업화	2021	180,000,000		180,000,000	전자세금계산서
	2022	110,000,000		110,000,000	전자세금계산서
	2023	50,000,000		50,000,000	전자세금계산서
합계		340,000,000		340,000,000	

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과		왕겨살포로봇			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(천원)	120,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		180,000	200,000	375,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	50	65
국외		-	5	15	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	오리사용 왕겨살포로봇에 탑재한 환경모니터링시스템 기술을 응용한 방사형 육계사 환경모니터링 시스템 개발, 이동형 산란계사 환경모니터링 시스템 개발				
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		180,000	200,000	375,000	
	수 출	-	-	60	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2021년	2022년	2023년	
1	왕겨살포로봇 사업화	주식회사 다운	3	10	3	16
합계			3	10	3	16

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	9
		생산인력	7
	개발 후	연구인력	11
		생산인력	18

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	중앙전문지	인공지능신문	축사 작업 알아서 척척 '로봇화자동화 시대 열어...디지털축산 성공 디와	2021-10-27
2	지방TV방송	YTN 뉴스	[녹색] 농민 대신 일하는 로봇...디지털 축산 눈앞	2021-10-28
3	지방TV방송	연합뉴스TV	축사 작업 알아서 척척...로봇·자동화 시대 개막	2021-10-30
4	중앙전문지	한국농어민신문	인력난 심화 대비...축사 내 로봇·자동화 속속 도입	2021-11-02
5	박람회	박람회	2023 농식품 테크 스타트업 창업 박람회	2023-07-26 ~ 2023-07-28
6	박람회	박람회	제13회 AGRI WEEK TOKYO 2023 일본 농업박람회	2023-10-11 ~ 2023-10-13

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장 적응시험을 통한 제품성능 고도화</li> <li>○ 상용성 강화를 위한 고도화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기 개발 현수형 깔짚 살포로봇 및 신규 개발 자율주행형(상용모델) 깔짚 살포로봇의 기능 검증, 현장 적응시험</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 ICT통합제어기 개발, 센서 데이터 통합 서버 제작 및 웹·모바일 서비스 고도화, ICT 통합관제프로그램 검증</li> <li>○ 깔짚 살포로봇을 이용한 육용오리 농가 데이터 수집</li> <li>○ 깔짚 살포로봇의 AI 오리 인식 인터페이스 탑재 및 AI 연계 기능 검증</li> <li>○ 깔짚 살포로봇 상용모델 시작기 제작, 기능 검증 신규 개발</li> <li>○ 농업용 로봇 성능시험(한국농업기술진흥원)</li> <li>○ 기술실시 및 매출발생, 박람회 출품을 통한 홍보 마케팅 활동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 오리사 깔짚재의 종류별 사육환경 및 오리 생산성에 미치는 영향 구명</li> <li>○ 오리사 깔짚재 깊이별 사육환경 및 오리 생산성에 미치는 영향 구명</li> <li>○ 깔짚재가 오리의 생산성과 경제성에 미치는 영향 구명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 깔짚재 종류에 따른 육용오리의 성장 능력, 도체 특성, 육질 특성 데이터 확보</li> <li>○ 실험 결과에 따른 육용오리 사양에 있어서 최적의 깔짚재로 왕겨 제시</li> <li>○ 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 성장 능력, 도체 특성, 육질 특성 데이터 확보</li> <li>○ 실험 결과에 따라 육용오리 사양에 있어서 종합적으로 보았을 때 16 cm 깔짚재 깊이가 최적 깊이임을 제시</li> <li>○ 농장 현장 실증 실험을 통해 깔짚재 깊이에 따른 현장 환경 검증 및 실질적인 육용오리의 성장 능력, 경제성 데이터 확보</li> <li>○ 2차년도의 실험인 깔짚재 깊이에 따른 육용오리의 경제성 분석 데이터 확보</li> <li>○ 농장 현장 실증 실험의 경우 8 cm 깔짚재 깊이가 16 cm 깔짚재보다 순이익이 높았으나, 2차 년도 실험의 결과는 16 cm 깔짚재 깊이가 8 cm 깔짚재보다 6.17% 높은 순이익의 결과를 보임</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ AI기반 객체 검출 기술 개발 및 고도화</li> <li>○ 오리사 위치별 오리 분포도 분석 및 사육환경 연관성 규명</li> <li>○ 영상 기반 환경 제어 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 오리 객체 검출, 깔짚 영역 분할을 위한 데이터 가공 및 학습에 적용하고 데이터, 모델 분산처리 설계 및 구현</li> <li>○ 자동화 시각 기술 개발 및 통계 도구를 이용한 환경과 군집에 대한 상관관계 분석 완료</li> <li>○ YOLO모델로 변경 및 윈도우즈 기반 테스트 및 리눅스 통신제어 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> <li>○ 100</li> </ul>

## (1) 목표 미달 시 원인분석

### □ 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

---

- 연구개발성과목표 특허 등록 3건 중 1건 달성으로 2건의 미흡 부분이 발생
  - 특허출원은 1단계(2021년~2022년) 진행 시 완료하였지만 2단계 과제 수행 기간 내 특허 심의량 증가로 인해 일정이 뒤로 밀려 금년(2024년) 중에 평가 및 획득 가능
  - 비SCI 성과 목표 4건 중 2건 달성으로 2건의 미흡 부분 발생 (SCI 목표 3건 대비 4건을 달성하여 연구성과 상향조정이 필요하였으나 시기를 놓쳐 변경하지 못함)
- 

### □ 자체 보완활동

---

- 과제 종료 1년차인 2024년내 특허 등록 2건 완료 예정
  - 과제 종료 1년차인 2024년내 비SCI 2건 완료 예정
- 

### □ 연구개발 과정의 성실성

---

- 연구 개발 단계에 맞추어 특허 출원은 모두 완료하였으나 등록은 특허청 심사 일정상의 이유로 지연된 점이 있으며, 현재 등록 심사 신청은 완료(2023년도 초 진행)되어 심사 대기 중에 있음
  - 연구개발 단계에 따른 결과물에 대한 수행 과정을 충실히 이행하고 일정에 맞춰 결과물 도출에 대한 노력을 하였으나 심의 지연사항에 대해 어려움이 있었으며, 금년 중 등록이 완료 될 수 있도록 노력하겠음
  - SIC는 목표 3건, 달성 4건으로 초과 달성하였으며, 비SCI 2건은 2024 내 달성할 수 있도록 준비 중임
-

#### 4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 오리축사용 궤도주행형 왕겨살포로봇 개발 및 현장 실증(주식회사 다운)
  - 깔짚 환경 개선, 오리 사육환경 개선 및 유해 가스농도 저감, 오리의 발바닥 피부염 발생 감소, 가축 복지 증진
  - 위치별 오리 폐사체 발생 자동확인 및 분포도 활용으로 오리사 정밀 관리, 폐사체 수거 노동력 절감, 축산 무인화·자동화를 통한 근로 해방 및 작업 최소화
  - ICT를 이용한 오리 생육 환경 모니터링, 통합관제시스템을 통한 데이터 관리도구 제공 및 빅데이터 구축, ICT 기반 첨단 기술을 이용한 스마트 축산 확산

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
오리축사 깔짚 관리용 자율주행 로봇 개발	오리축사용 궤도주행형 왕겨 살포로봇 개발 및 현장 실증	주식회사 다운	중소기업 (영리)	1,665	1,375	0.826	기존 공정개선	①-①	82.58
계				1,665	1,375	-	-	-	-

- 깔짚재에 따른 육용오리의 생산성과 경제성 분석 및 검증(충남대학교)
  - 최적의 깔짚재의 종류를 제시함으로써 육용오리 사양을 할 때 생산비 절감 및 생산성 개선에 기여
  - 최적의 깔짚재의 깊이를 제시함으로써 생산성 개선에 기여
- AI기반 오리 폐사체와 이상 개체 검출 및 깔짚 상태 인식 방법론 연구(가톨릭대학교)
  - AI기반 오리 이상 개체 검출 및 깔짚 영역 분할 고도화를 위한 데이터, 모델 분선 처리 설계 및 구현을 통해 실시간 모니터링 시스템의 성능을 높이고 오리 사육 환경 개선에 이바지 할 것으로 기대
  - 오리사 위치 별 오리 분포도 분석 및 사육 환경 연관성 규명을 통해 오리 사육 환경과 균집에 대한 분석으로 전반적인 사육 환경을 개선할 것으로 기대
  - 영상 기반 환경 제어 시스템 개발을 통해 실시간 모니터링 시스템에 적용하고 다른 분야의 모니터링 시스템에 적용 가능 할 수 있는 기반을 마련

## 5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

---

### □ 오리축사용 궤도주행형 왕겨살포로봇 개발 및 현장 실증(주식회사 다운)

#### ○ 특허 등록을 통한 산업재산권 확보, 박람회·전시회 홍보 및 영업마케팅

- 총 연구기간(2021-2023) 내 특허 출원 5건 달성, 특허 등록 1건 달성
- 연구기간 종료 이후 1년(2024) 내 특허 등록 2건 이상 달성 목표

#### ○ 지속적인 공정 개선 및 제품 개선, 상용화 모델 제작하여 매출 실현, 기술실시

- 총 연구기간(2021-2023) 내 매출액 340백만 원, 기술실시료 11백만 원 이상 달성
- 연구기간 종료 이후 5년(2024-2028) 내 매출액 2,825백만 원 이상, 기술실시료 2,332백만 원 이상 달성 목표

#### ○ 사업화를 위한 기술인증 획득 준비

- 자율주행형 깔짚살포로봇은 새로 개발된 신기술로 인증기준이 없어 인증획득에 어려운 부분이 존재하며, 인증 기관과 협의하여 농장에 적합한 인증 기준 마련에 따른 인증 획득 준비

#### ○ 연구개발제품 고도화를 통한 농장 맞춤형 제품 개선 진행

- 적용 축사, 농장에 적합한 주행 알고리즘 적용 및 내구성 평가 진행
- 전문기관과 협업을 통한 제품의 시장성, 경쟁력 분석 진행

### □ AI기반 오리 폐사체와 이상 개체 검출 및 깔짚 상태 인식 방법론 연구(가톨릭대학교)

#### ○ 객체 검출 알고리즘 및 영역 분할 알고리즘 고도화를 통해 SCIE 논문을 작성할 계획

#### ○ AI기반 깔짚 영역 분할 알고리즘 고도화 진행 및 영상 분할 알고리즘 관련 SCIE논문을 과제 종료 후 매년 작성할 계획

#### ○ 바닥재 수분 함량 인식 알고리즘 고도화 진행 및 영상 분류 알고리즘 관련 SCIE논문을 과제 종료 후 매년 작성할 계획

---

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2024	2025	2026	2027	2028
국외논문	SCIE					
	비SCIE					
국내논문	SCIE					
	비SCIE					
특허출원	국내					
	국외					
특허등록	국내	2				
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사					
사업화	시제품개발					
	상품출시					
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	200,000	300,000	375,000	750,000	1,200,000
기술료(단위 : 천원)	165,160	247,740	309,675	619,350	990,960	
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. 별첨 자료	1) 자체 평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3) 평가의견에 대한 조치 및 개인정보 삭제 확인서

#### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 2025축산현안대응 산업화기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 2025축산현안대응 산업화기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.