

발간등록번호

11-1543000-002552-01

보안과제( ), 일반과제(○) / 공개( ), 비공개( ) 발간등록번호(○)  
첨단생산기술개발사업 제3차 연도 최종보고서

# ICT 연동 축사자동사료급여 및 다기능 작업용 로봇시스템 최종보고서

---

2018.12.30.

주관연구기관 / 포테닛(주)  
협동연구기관 / 전남대학교

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

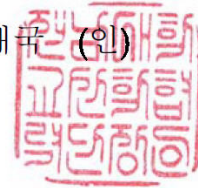
본 보고서를 “ICT 연동 축사 자동 사료 급여 및 다기능 작업용 로봇 시스템 개발”(개발기간 : 2016.09.05 ~ 2018.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12. 31.

주관연구기관명 : 포테닛(주) (대표자) 남형도



참여기관명 : 전남대학교산학협력단 (대표자) 김재욱 (인)



주관연구책임자 : 남형도

참여기관책임자 : 문창배

위탁기관책임자 : 이지웅

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

### 보고서 요약서

과제고유번호	116058-03	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.09.05. ~ 2018.12.31	단 계 구 분	(3차년도)/ (3차년도)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	침단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	ICT 연동 축사 자동 사료 급여 및 다기능 작업용 로봇 시스템 개발			
연구책임자	남형도	해당단계 참여연구원 수	총: 17명 내부: 16명 외부: 1명	해당단계 연구개발비	정부: 300,000천원 민간: 100,000천원 계: 400,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 19명 내부: 3명 외부: 22명	총 연구개발비	정부: 700,000천원 민간: 233,334천원 계: 933,334천원
연구기관명 및 소속부서명	포테닛(주)			참여기업명 전남대학교	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 전남대학교			연구책임자: 이지용	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반등급 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음
-------------------------	---

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품중	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)      보고서 면수

--	--

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>본 연구에서는 <b>ICT 연동 축사자동사료급여 및 다기능 작업용 로봇시스템 개발</b>을 통해서 축사 환경에서 자동화된 급여를 포함한 다양한 축사 작업을 자동화하고 <b>ICT 연동을 통한 원격 제어/모니터링 기능</b>으로 작업자가 축사를 효율적으로 관리하는 다음 기술을 개발한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>축사자동급여기술:</b> 3종의 사료를 자동으로 급여하고 2일간 무인급여</li> <li>○ <b>축사작업자동화:</b> 축사환경에서 필요한 청소, 자동사료적재기능을 통한 자동화</li> <li>○ <b>ICT 연동 원격제어/모니터링:</b> 이동플랫폼과 ICT기술연동을 통해 시각 없이 원하는 곳을 모니터링</li> </ul> <p>본 연구의 개발목표는 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>사료급여 및 관리 노동력 투입:</b> 기존 100%에서 30%까지 감소(노동력 투입은 사료급여기능만 수행)</li> <li>○ <b>축사 관리 노동력 투입:</b> 직접 작업을 최소화 및 원격화를 통한 기존 100%에서 40%까지 감소 (축사내 불필요한 관리 인력 최소화)</li> </ul> <p>본 연구의 개발내용은 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>축사 자율주행 이동 로봇 플랫폼 개발</b></li> <li>○ <b>축사 자율주행을 위한 지도작성/위치추정/운동제어 기술 개발</b></li> <li>○ <b>다양한 사료 급여를 위한 급이 기술 개발</b></li> <li>○ <b>다목적 작업을 위한 축사용 매니플레이션 기술 개발</b></li> </ul> <p><b>(1) 축사용 자율 주행 플랫폼/자율주행 기술 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축사 내 환경을 고려한 자율주행플랫폼 H/W 개발 및 사양도출</li> <li>- 다기능 작업을 위한 확장형 아키텍처 개발</li> <li>- 거리센서/마커 기반 지도작성 기술 개발</li> <li>- 거리센서/마커 기반 위치추정 기술 개발</li> <li>- 다목적 작업용 경로생성 및 운동제어 기술 개발</li> </ul> <p><b>(2) 다기능 급여 및 매니플레이션 시스템 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사료/건사료/복합사료 급여를 위한 급이 기술 개발</li> <li>- 청소/보조작업을 위한 매니플레이션 기술 개발</li> </ul> <p><b>(3) ICT 연동 원격 모니터링 및 근거리 원격제어 기술 개발</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>360 Around View</b> 기능 연동 원격 모니터링 기술 개발</li> <li>- 사용자 입력을 통한 근거리 제어 기술 개발</li> </ul>
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동사료급여를 위한 자율주행플랫폼 <b>1SET</b> 개발</li> <li>- 3종의 사료급여가 가능한 자동사료적재기 <b>1SET</b> 개발</li> <li>- 축사작업자동화 시스템 개발</li> <li>- 사료 급여 종류 <b>3종류</b> 달성</li> <li>- 1회 사용 급여시간 <b>65min</b> 이내 달성</li> <li>- 사료공급 성공률 <b>95%</b> 이상 달성</li> <li>- <b>ICT 영상 모니터링 해상도 HD급</b> 달성</li> <li>- 위치추정 정밀도 <b>15cm</b> 이내 달성</li> <li>- 4자유도 스카라 타입 매니플레이터 개발</li> <li>- <b>10kg(수직하중)</b> 페이로드 매니플레이터 개발</li> <li>- <b>300kg</b> 페이로드(Max.1000kg) 이동플랫폼 개발</li> <li>- 지도 정밀도 <b>15cm</b> 이내 달성</li> <li>- 논문게재(2건), 논문발표(7건), 특허출원(8건)</li> </ul>

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 축사 내 자율주행 기술을 활용한 실환경 테스트를 통한 검증이 이루어짐으로써 실제 축사환경에 다양한 서비스를 제공하기 위한 로봇기술개발이 촉진 될 것으로 기대</li> <li>- 축사 내 요구 조건을 만족하고 다목적 작업을 수행하는 기술개발을 통해서 실제 축사환경에서 동작하는 상용화된 로봇의 상품화를 가능하게 할 것으로 기대</li> <li>- 축사 작업을 자동화함으로써 축산 농가의 노동력 확보 및 중장기적인 노동력 감소에 대응 가능할 것으로 기대</li> <li>- 개발된 축사자동사료급여 로봇시스템을 이용한 사육단계별 맞춤형 급여를 통한 정밀급여 관리가 가능할 것으로 기대</li> </ul>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	이동로봇	자율주행	이동조작기	자동급여	정보통신기술
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	Mobile Robot	Autonomous Navigation	Mobile Manipulation	Automatic Feeding	ICT

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 .....	1
1-1 연구개발의 목적 .....	1
1-2 연구개발의 필요성 .....	7
1-3 연구개발 범위 .....	15
2. 연구수행 내용 및 결과 .....	24
2-1 주관기관 연구개발 결과 .....	24
2-2 2세부 연구개발 결과 .....	29
2-3 연구수행 방법 .....	42
2-4 연구개발 성과 .....	91
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	105
3-1 목표 .....	105
3-2 목표 달성여부 .....	106
3-3 목표 미달성시 원인 및 차우대책 .....	118
4. 연구결과의 활용 계획 등 .....	119
4-1 연구개발 결과의 활용성 .....	119
4-2 기대성과 및 과급효과 .....	121

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발 목적

### 가. 연구개발의 개요

본 연구개발 과제에서는 사료급여 및 축사 관리 자동화를 위해서 급여/청소/모니터링의 축사 사양관리 전체 과정을 포함하는 자동화 플랫폼을 개발한다. 개발 대상 제품은 최소사양에서 최고 사양까지 선택적으로 적용할 수 있도록 한다. 이를 통해서 시장 진입 시 선택적으로 구매 가능하도록 하여 상품화 가치를 높일 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.



<제품 개념도>

본 연구개발 제품은 축사 환경에서 사료급여/청소/원격 모니터링 기능을 구현하기 위해서 자율주행 기술 / 모바일 매니플레이션 기술 / ICT 융합 관리 기술을 개발한다. 각각의 축사 환경에서 필요한 수준에서 기능별 선택이 가능하며 다음 2종의 기능으로 구성되며 상위 사양은 하위 사양을 포함한다.

### (1) 축사 자동 급여 기술

급여는 조사료/배합사료/TMR 3종의 사료를 자동으로 급여하고 작업자의 작업 일정 명령에 따라서 자동으로 2일간 무인 급여

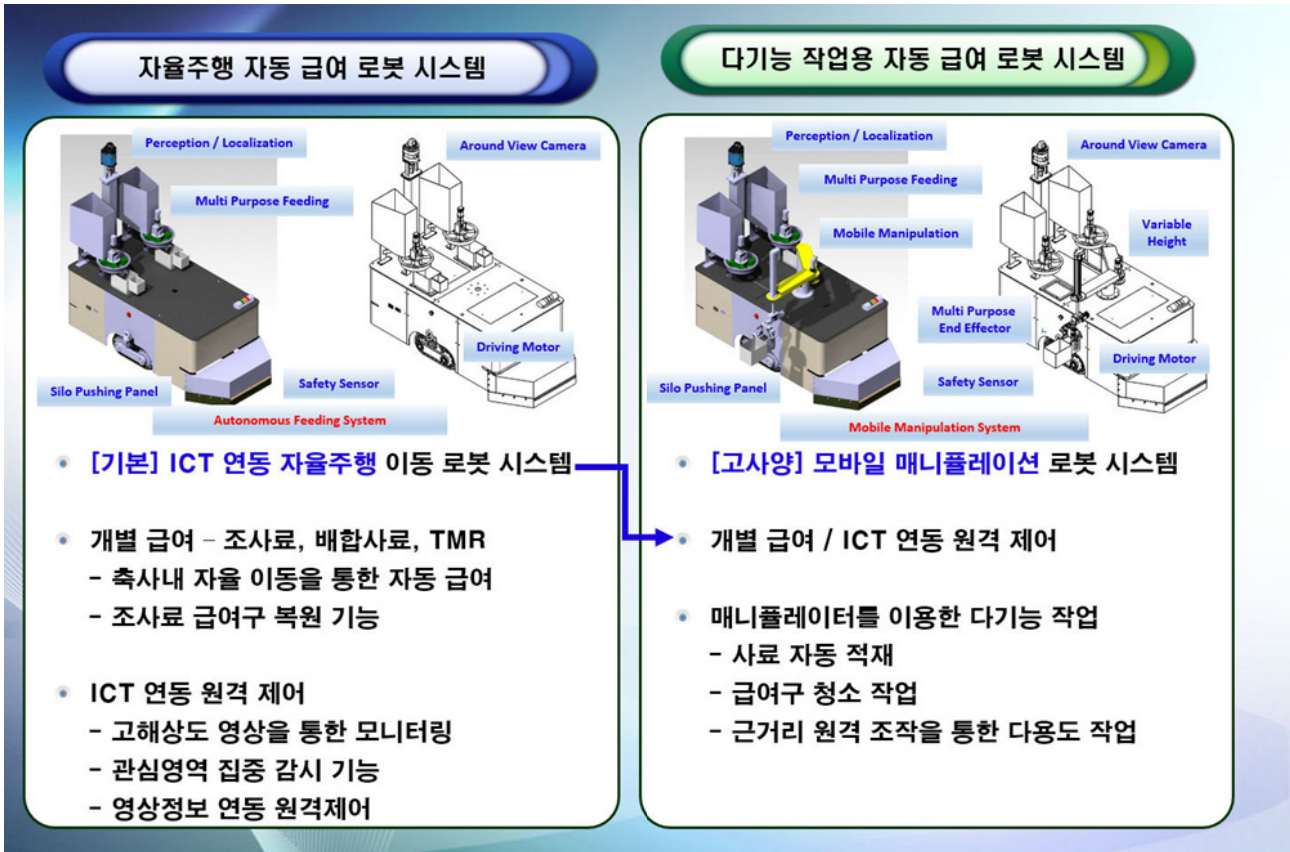


## (2) 축사 작업 자동화

축산환경에서 필요한 청소, 자동 사료 적재 기능을 통한 자동화

## (3) ICT 연동 원격제어/모니터링

이동플랫폼과 ICT 기술을 연동하여 사각지대 없이 작업자가 원하는 곳을 모니터링하고 지정한 위치로 이동하여 확대 등 영상 송출을 통해서 작업자가 원하는 정보제공



<개발제품의 용도 및 목적>

## 나. 연구개발 대상의 용도 및 개요

### (1) 축사자동화 관리 필요성

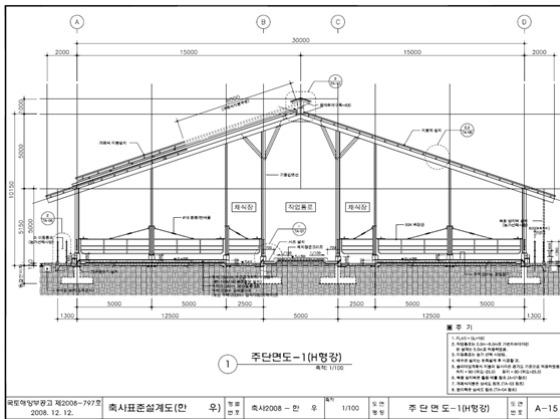
산업동물(한우, 양돈, 낙농, 양계, 육계, 오리 등)중에서 특히 한우 또는 육우의 축사 관리는 자동화가 다른 축종에 비하여 기반이 열악하여 노동의 집약보다 노동의 지속성을 요구하는 축종으로 축사 관리자가 사료 급여 등 사양관리를 위해서 24시간 상주해야하는 환경으로 관리자의 시간적 제한으로 인한 어려움 뿐 아니라 노동력이 다수 필요한 실정이다. 이를 극복하기 위해서는 자동화된 급여 시스템의 개발이 미래 축산 현장에서 반드시 필요하게 된다. 축사 관리에 있어서 자율 사료급여를 위한 필수적으로 필요한 기능은 다음과 같다.

**(2) 축산 자동화 작업**

- 사료급여를 위한 건초(조사료)/사료 등 자동화된 적재
- 축사 실내 환경 모니터링 및 원격 작업 지정
- 사육 조건에 따라서 조사료/배합사료 급여
- 사료 급여 완료 후 사료급여 투입로 잔여 이물질 제거

**(3) 축산 자동화 작업을 위한 추가 기능**

- 사료급여 후 자동 충전 기능
- 투입로 청소 작업 후 이물질 배출
- 작업 공간 수동 주행 후 환경 지도 작성 기능
- 주행 궤적 학습 후 최적 경로 자동 생성 기능
- 근거리 직접 조작을 통한 다목적 작업



**가변형 축사 (한우사) 면적 구성표**

구분	건축이론 단위조항	건물규격(M)	비대면적(면적(n²))			건축면적 (n²)	암 사 적		비 고
			우 방	직입통로	합 계		사육용도 (n²/방)	사육가능 우수(방)	
최소건축면적	A+ 1K+G	15.0 x 30.0	375.0	75.0	450.0	624.0	사육용도 이상 10.0	38	
	A+ 2K+G	20.0 x 30.0	500.0	100.0	600.0	774.0		50	
	A+ 3K+G	25.0 x 30.0	625.0	125.0	750.0	924.0		63	
	A+ 4K+G	30.0 x 30.0	750.0	150.0	900.0	1,074.0		75	
	A+ 5K+G	35.0 x 30.0	875.0	175.0	1,050.0	1,224.0		88	
가변건축면적	A+ 6K+G	40.0 x 30.0	1,000.0	200.0	1,200.0	1,374.0	100		
	A+ 7K+G	45.0 x 30.0	1,125.0	225.0	1,350.0	1,524.0	113		
	A+ 8K+G	50.0 x 30.0	1,250.0	250.0	1,500.0	1,674.0	125		
최대건축면적	A+ 9K+G	55.0 x 30.0	1,375.0	275.0	1,650.0	1,824.0	138	설계 적용	

1. 동장단개별 투입 가능 사육시설 소모면적  
 2. 투입 가능 사육시설 소모면적 신장방형  
 1) 육상부는 성우로 신장하여 계신함 (성우 1두 = 육상부 2두)  
 2) 송아지는 반식부(미스)와 함께 사육하지 않는 우수를 기준 으로 함 (포유중인 송아지는 우수에서 제외)  
 3) 신장단개는 다음 기준을 적용하여 구분함.

구 분	송아지	육상부	성 우
성장 단계	신장중일 미만	신장중일 - 15개월 이상	14개월 이상

<축사 표준 설계 사양>

**(4) 축내 축사 환경 고려한 커스터마이징 가능한 설계 필요**

- 축사의 다양한 조건을 고려해서 각 부품이 조절 가능해야 함
- 사료급여 먹이통 높이, 축사 내 통로 폭 등을 고려

**다. 핵심기술**

**(1) 축사내 작업을 위한 자율주행 제어기술**

**(가) H/W 구성**

- 플랫폼: 최소 사양 공통 (양산 예상가 약 500)
- 규격1: 센서 등 최소화 (LMS 100 단독 사양 200)
- 규격2: 센서 S300 + NAV350 (양산 예상 가격 약 400만원)
- 추가: VR 기능 (양산 예상가 100만원)

(나) 축사내 지도작성 기술

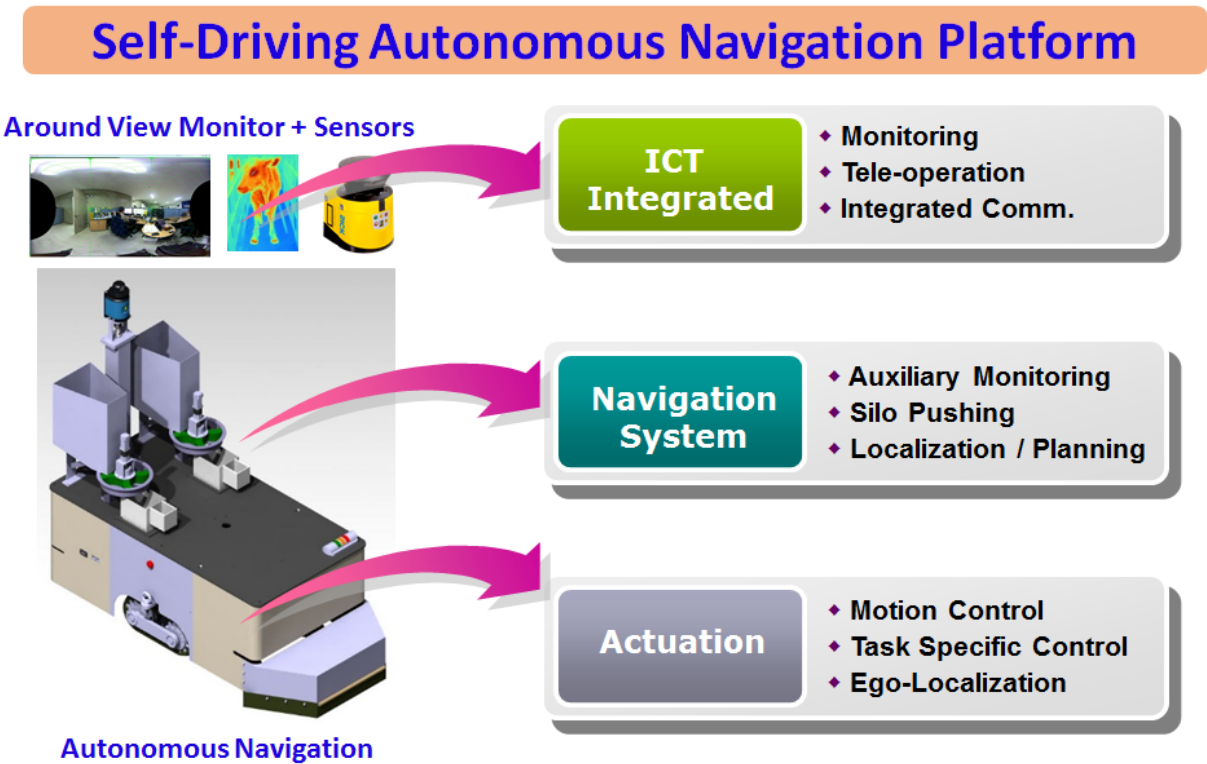
- 센서 정보 융합기술: 오도메트리 정보 및 거리센서, 환경인식 센서의 불확실성보정 기술 (거리측정 정밀도 오차 < 5cm 이내)
- 지도작성 기술: 축사환경내 주행 정보를 통해서 환경정보 지도를 작성하고, 특수 환경의 경우 반사체를 부착하여 환경 정비를 최소화하는 지도 작성 기술 개발 (지도작성 정밀도 < 10cm 이내)

(다) 축사내 위치추정

- 거리센서 기반 위치추정 기술: 작성된 지도 내에서 거리센서 정보와 지도 정보 정합을 통한 축사내 상대 위치추정 (위치추정 정밀도 20cm 이내)
- 반사체 기반 위치추정 기술: 반사체의 저장된 위치를 기반으로 축사 환경내에서 반사체를 탐지하고 이를 이용하여 로봇의 상대적 위치를 고정밀도로 계산 (고사양 적용시 위치추정 정밀도 10cm 이내)

(라) 축사 환경 운동제어 기술

- 축사 작업을 위한 경로생성 기술: 사용자 입력과 작업을 고려한 복수의 경로 생성 기술 개발 (순찰, 사료급여, 청소 등)
- 원격 조정시 안전주행 기술: 원격 주행시 센서정보 이용 안전 주행 기술 개발



<자율주행 플랫폼 및 ICT 연동>

## (2) 모바일 매니플레이션 제어 기술 개발

### (가) 측사 작업용 매니플레이터 설계 기술

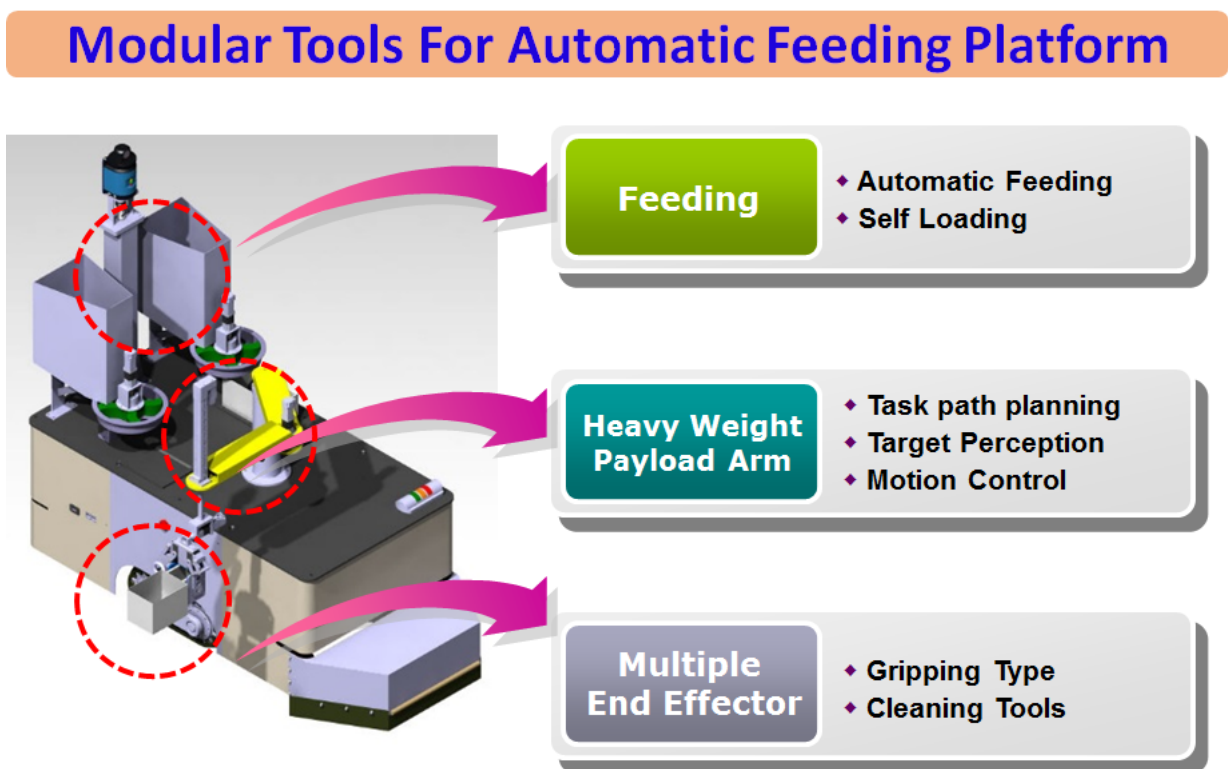
기존의 매니플레이터는 고성능/고정밀도/고가형을 요구하는 공장자동화 용도가 대부분임. 측산 환경에서는 저정밀도/고중량/저가형 작업이 필요하며 이를 위한 로봇 매니플레이터가 필요하고 측산용 H/W 및 제어기를 설계하고 개발 (중량 10kg 이상)

### (나) 측사 작업을 위한 인지 기술

측사내 작업 대상을 영상정보를 통해서 인식하는 기술을 개발하고 작업기의 상태에 따른 조작을 수행 (정보 인지 성공률 80% 이상)

### (다) 측사 작업을 위한 다자유도 경로생성 기술

인공지능 학습기반 기술을 이용하여 다자유도 제어기의 저정밀도 특성을 고려한 경로 설계 기술을 개발 (경로 생성 시간 1초 이내)



<확장형 모듈 개발 및 매니플레이터 기술>

### (3) ICT 융복합 센서 연동 기술 개발

#### (가) Around View 카메라 연동 기능

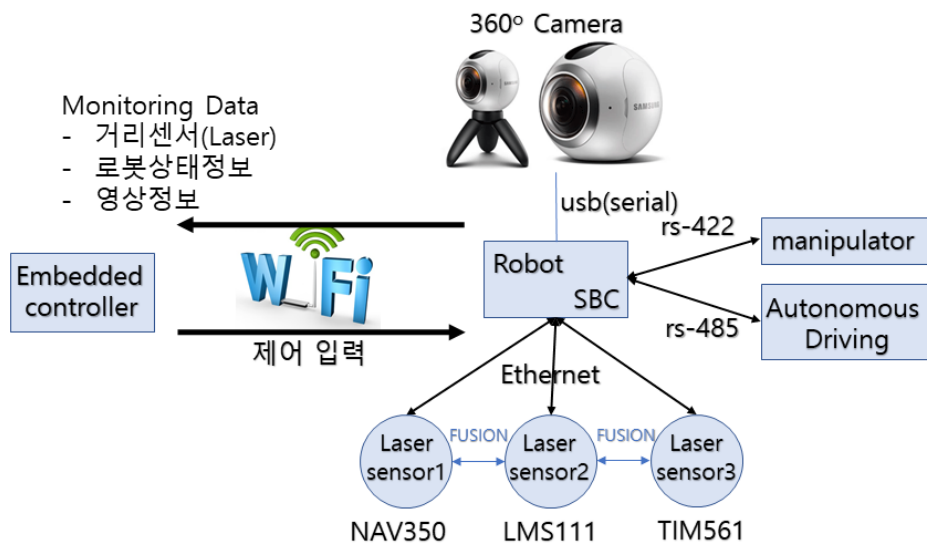
개체 관리 및 축사 환경 감시를 위한 전방향 화면 전송을 통한 근거리/원격 조정 기능. (최고 화질 전송시 영상 지연: 3초 이내)

#### (나) 원격 경로설정 및 작업 기능

사용자 편의를 위한 최소 입력을 통한 경로생성 및 작업보정 기능 개발



<ICT 융복합 센서연동기술 개념도>



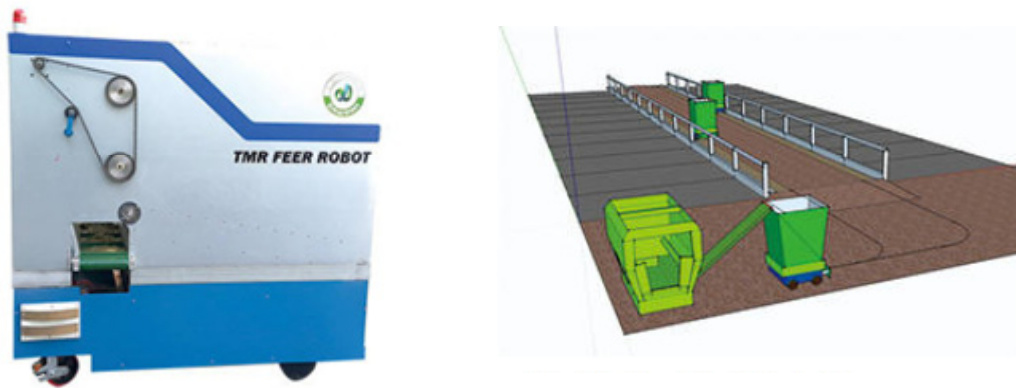
<ICT Around View Monitor 연동 기술 개념도>

## 1-2. 연구개발의 필요성

### 가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

국내 축산 시설 로봇의 경우 대학과 기업 연구소등에서 많은 연구가 진행되어지고 있지만 현재까지 상용화 단계까지 온 제품은 전무 하다. 대부분의 농가들은 축사 로봇이 아닌 시설 자동화 기기 즉, TMR배합기, 사료 조제시설, 컨베이어 등을 이용하고 있다.

#### ○ 다운



<다운 사료 급여 로봇>

축산자동화 기업인 다운은 TMR사료급여 농가의 인력 부족문제 해결과 생산성 향상에 따른 사료효율 개선에 초점을 맞춰 개발한 ‘무인 자율주행 로봇급여기’를 상용화를 목표로 연구하고 있다.

현재 시중에 유통되고 있는 사료 급여기는 대부분 사람이 직접 차량에 탑승하나 배합기를 수동으로 조작하여 급여하는 제품들이 일반화되어 있다. 하지만 다운이 소개한 본 기술은 사람의 손이 전혀 필요 없는 무인 자율주행 급여기로 기존 기술과 농업과 정보통신기술(ICT)을 접목한 기술이다.

자율주행 급여로봇의 기본 동작은 일반 가정집의 ‘무인 로봇청소기’ 기능과 매우 흡사한 원리이다. 스스로 충전이 완료되면 TMR 사료배합기로 이동하여 배합기를 원격제어를 통해 사료를 채우고 목적지로 이동한다. 사용주가 입력해둔 사료량 만큼 정확하게 투여한 후 다시 충전 장소로 돌아와 대기상태에 놓인다.

자율주행 급여로봇의 주요 특징은 일일 4~6회 급여가 가능하여 신선사료를 소량씩 자주 먹을 수 있게 함으로서 가축의 소화성 질병을 줄이고 사료효율을 극대화함으로써 수익성 개선에 큰 도움을 준다.

또한 자동충전 및 무선 원격제어를 통해 모든 동작이 가능하므로 관리자의 별다른 조치가 필요 없을 뿐만 아니라, 오르막이나 내리막 노면에서도 안전을 위한 전용 모터드라이버를 탑재함으로써 노면 주행에 따른 성능을 최적화 시켰다.

한편 자기 신호발생장치와 자기신호 검출센서를 채택하여 지정된 공간 안에서 안전하게 이동할 수 있는 자율주행 시스템을 구축했으며, 외부기기와의 통신은 신뢰성이 높은 447MHz의 주

과수를 이용한다.

또한 4채널 로드셀을 부착하여 기기내의 사료잔량확인을 가능케했고, 가축에게 사료를 급여할 경우 원하는 양이 급여되는지를 즉시 확인 가능하여 잔량 부족 시 신속하게 배합기로 이동하여 재공급을 받을 수 있도록 했다.

#### 나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

해외의 경우 유럽 미국을 중심으로 축사용 자동 급여 로봇에 대한 제품이 출시되고 있다.

##### (1) WASSERBAUER

WASSERBAUER사의 **Bulter gold**제품은 축사를 자율주행하며 가축으로부터 떨어진 사료를 감지하고 가축 방향으로 사료를 밀어주는 주행 로봇이다. 이 플랫폼은 사료를 밀어주는 과정에서 플랫폼에 장착된 스크류가 사료를 압축하지만 손상을 주지 않고 사료를 밀어주는 시점에서 한번 더 사료를 혼합하여 사우에게 제공한다. 필드 실험 결과 가축은 더 많은 사료를 섭취했고 우유 생산량은 증가 했다. 주행 방법은 축사의 바닥면에 2m간격으로 소형 자석을 설치하고 이를 통해 로봇의 현재 위치를 추정하며 이동한다. 전기에너지로 구동되며 작업 수행 중 전력을 일정치 이하로 떨어지게 되면 자동으로 충전 장소로 이동 후 충전하고 다시 작업을 수행한다.



<WASSERBAUER사의 Bulter gold>

##### (2) TRIOLIET

TRIOLIET사의 자율주행 자동급여 플랫폼은 네개의 바퀴로 움직이며 두 개의 차동 스티어링을 장착하여 축사내의 코너 혹은 좁은 곳을 자유롭게 움직일 수 있게 설계되었다. 마찬가지로 사우로부터 떨어진 사료를 사우 쪽으로 밀어 주는 역할을 하고 더불어 자동사료급이 작업도 수행한다. 전기로 움직이며 전동차와 마찬가지로 천장에 설치된 배선라인에서 전력을 바로 공급 받아 충전이 필요치 않으며 24시간 작동이 가능하다.



<Triomatic T15 automatic feeding robot>

### (3) LELY

LELY사가 개발 및 제작한 Lely Vector은 축사에서 자율주행을 하며 작업을 수행한다. 사료 자동급이와 동시에 로봇 하단에 기구부는 회전을 하며 사료를 밀어주는 작업을 한다. 또한 사료의 밀어주는 작업을 할 때 **feed-hight** 센서를 통해 사료공급이 더 필요한지 아닌지를 판단하여 사료 급이량을 조절한다. 내장되어있는 전기 밧데리를 이용하여 구동되며 전력이 부족할시 충전장소로 이동해 충전 후 작업을 지속적으로 수행한다. 자율주행 방법은 축사에 설치된 **magnetic line**을 이용하여 현재위치를 추정하고 이동한다. 이 플랫폼을 이용하면 주당 8시간의 노동력이 절감되며 사료에 들어가는 비용이 절감 할 수 있다.



<Lely Vector>



#### 다. 시장 현황 및 전망 분석

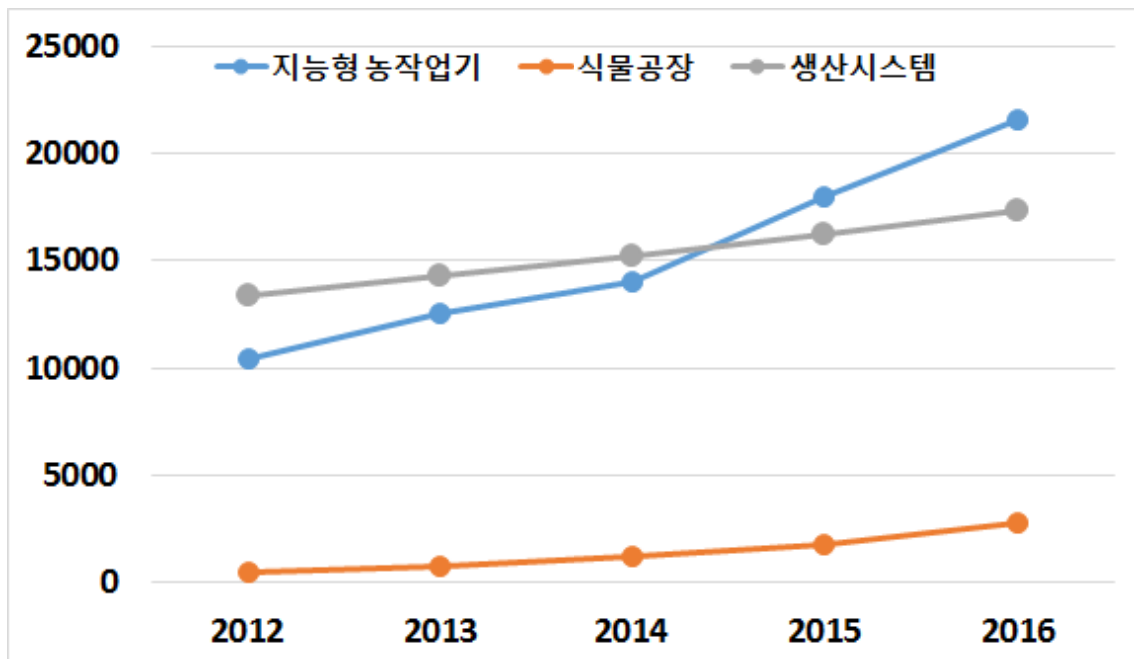
○ 시장현황/ 전망 분석스마트 농업생산시스템 및 지능형 농작업기의 세계적인 수요는 2014년까지 연 4.5% 상승할 것으로 예상됨

○ World Agricultural Equipment 관련 시장 보고서에 따르면, 2011년 1,255억달러 규모에서 연평균 6.7%의 성장률로 2016년 1,735억달러 규모의 시장이 전망됨

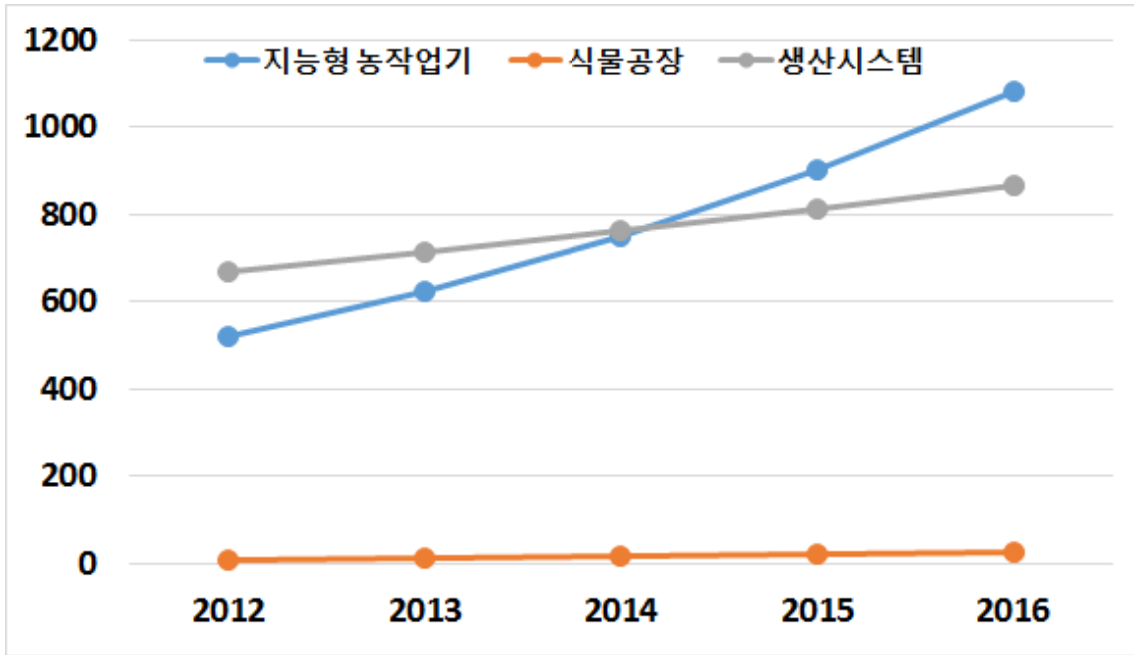
○ 한국의 농기계 산업은 수출주도형 산업으로 변모하고, 농업경쟁력 또한 크게 제고할 것으로 전망됨

구분	품목	2012	2013	2014	2015	2016
국내시장	지능형 농작업기	10,417	12,500	14,000	18,000	21,600
	식물공장	500	767	1,175	1,800	2,759
	생산시스템	13,378	14,274	15,231	16,251	17,340
해외시장	지능형 농작업기	521	625	750	900	1,080
	식물공장	8	11	15	20	27
	생산시스템	669	714	762	813	867

<World Agricultural Equipment(2011), 그린 네트워크(Green Network)를 이용한 도시환경에 적합한 식물재배 및 생산 시스템 개발 융복합 기술개발 기획보고서(2010)>



<국내 스마트 농 작업기의 시장 규모, 단위: 억>



<해의 스마트 농 작업기의 시장 규모, 단위 : 억달러>

#### 라. 연구개발의 중요성

- 최근 고급육 시장이 증가로 인해서 한우 사육 농가가 증가하고 있으며, 축산 농가가 증가 하고 있음
- 고급육 시장의 증가는 사육 농가의 정밀한 개체관리가 필수적이고 이를 위해서는 사육 농가의 자동화 및 사육 시스템의 자동화가 필요
- 축산 작업은 지속적인 사료 급여 및 개체 모니터링으로 인해서 급여 횟수를 항상 조절 필요로 인해서 높은 노동 강도가 요구되지만 농가 고령화로 인한 문제가 발생
- 변화하는 축산 여건과 축산 농가의 노동력 대체 및 삶의 질 향상을 위해서는 로봇 시스템 개발을 통해서 자동화 및 개체관리가 필수적임

#### (1) 국내 축산업 현황

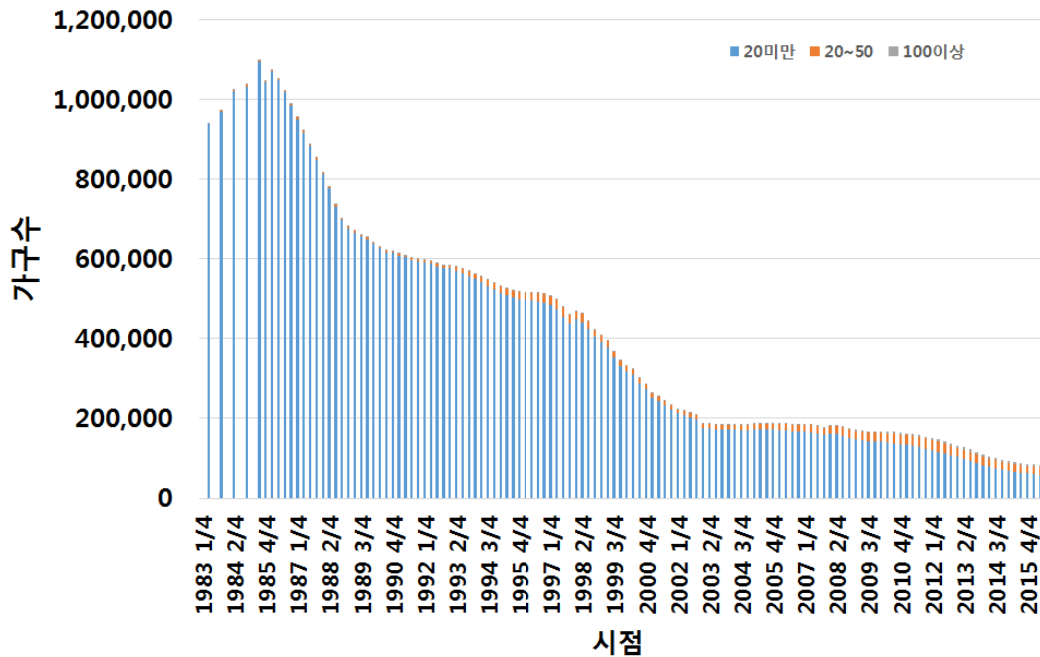
우리나라 경제에 있어서 농림어업이 차지하고 있는 위치는 2011년 국민 총생산액의 2.7% 수준으로 산업화에 따라 그 비중이 점차 감소하고 있으나 농업에서 차지하는 축산업의 비중은 34.7%로서 부가가치가 높은 산업으로 성장하고 있다.

구분	1990	2000	2005	2011
농림어업/GNP	85	46	33	27
축산업/농업	22.1	25.3	33.5	34.7

\* 자료출처 : 1990~2011 농림수산업통계연보

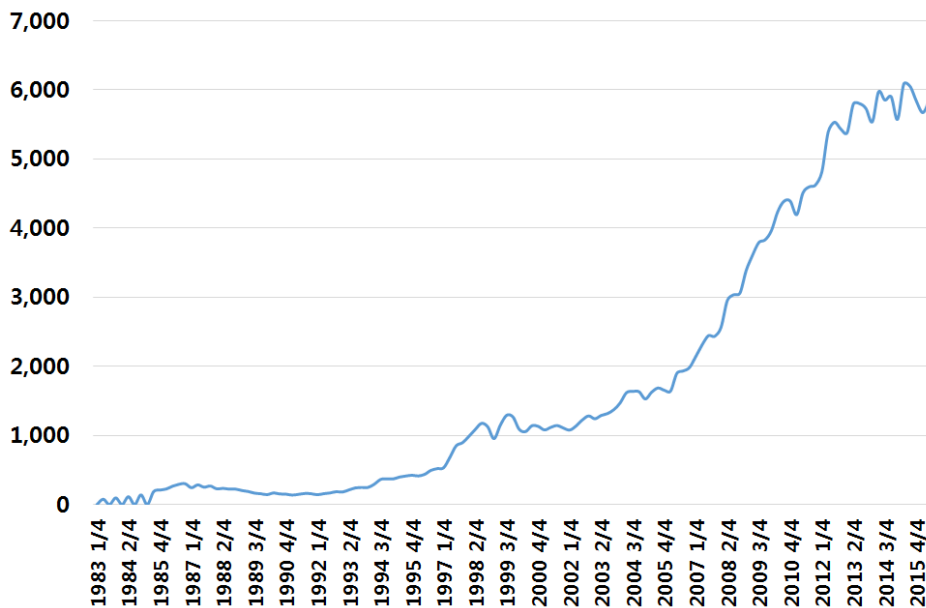
<국가경제에서 농림어업 및 축산업이 차지하는 비율(%)>

가축의 사육규모는 농촌노동력의 감소 및 노령화, 부녀화에 따른 농촌인력 부족과 노임상승 등으로 가축사육 농가 수는 계속 줄어들고 있으나, 급속히 늘어나는 축산물의 수요를 충족시키기 위하여 현대적인 가축사양관리용 기계의 도입과 사육규모의 확대가 이루어져 왔다.



<1983년도부터 현재까지 축사를 운영하는 가구 수\_통계청>

한·육우, 젓소, 돼지 및 닭 등의 사육두수는 1980년에 비하여 2011년에는 한·육우 2.2배, 젓소 2배, 돼지 4.6배, 닭 3.7배 증가되었으며, 사육농가는 모두 감소하여 농가 호당 사육두수는 1980년 한·육우 1.4두, 젓소 9.4두, 돼지 3.5두, 닭 58.0수에서 2011년에는 각각 18.3두, 66.5두, 1,287.4두, 43,935수로 증가하였다. 축산업이 경쟁력 향상을 위하여 과거의 부업 중심에서 전업농, 기업·법인형 등으로 발전되고 있음을 엿볼 수 있다.



<1983년도부터 현재까지 100두 이상 대형축사를 운영하는 가구 수\_통계청>

국내적으로 축산물의 수요증가에 따라 축산의 생산규모가 커졌으며, 아울러 정부의 축산 기계화시책에 힘입어 축산의 기계화 자동화가 큰 발전을 이루어 왔다. 그러나 축산용 기계 및 시설은 아직도 상당히 많은 부분을 해외 수입에 의존하고 있는 실정으로 앞으로 대부분의 축산용 기계와 장비에 대해 국산화와 가축복지 및 친환경 축산 기계화 기술이 개발 보급되어야 수요자에게 낮은 가격으로 보급될 수 있고 축산 기계화 발전의 촉진이 가능 할 것이다

구분	1980	1990	2000	2011
육류수요량천 MT)	433	860	1,509	2,036
1인당육류소비량(kg)	11.3	19.9	31.9	40.6
-소고기	2.6	4.1	8.5	10.2
-돼지고기	6.3	11.8	16.5	19.0
-닭고기	2.4	4.0	6.9	11.4
계란개/1인)	119	167	184	232
우유(kg/1인)	10.8	42.8	59.2	70.7

\* 자료출처 : 1980~2011 농림수산물통계연보

2016년 통계청 조사에 따르면 축산을 운영하는 가구 수는 83143호, 사우 개체 수는 210만 마리로 조사되었다. 해가 바뀔수록 축산을 운영하는 가구 수는 급격하게 감소하는 반면 100두~300두 이상의 중대형 기업형 축사가 점차적으로 늘어나고 있으며, 그 결과 한호 당 관리하는 사우 개체 수는 점차적으로 늘어나는 추세이다. 사육규모별 분포는 100두 이상 대형축사를 운영하는 가구 수는 전체의 7%, 20~50두의 중형 축사는 22.3% 이며 20두 미만 소형축사는 70.6%로 대부분을 차지한다. 하지만 현재 대형축사를 운영하는 가구 7%에서 전체 사우 개체의 54%생산 관리 하고 있다.

## (2) 산업동물 축사의 문제점

축산은 전문화, 규모화가 뚜렷하게 진행됨에 따라 축산의 기계화 자동화는 낙농, 양돈, 양계 모두 빠른 속도로 진행되고 있으며 특히 기업 형 축산경영에 있어서는 선진국 수준에 가깝게 현대화되어가고 있다. 전업규모의 축산경영에 있어서도 노동력 부족현상을 해소시키기 위해 시설의 자동화가 가속화되고 있다. 하지만 축사의 자동화 및 현대화의 속도만큼 농가의 노동인력 또한 줄어들고 있으며 부득이한 경우 해외 및 국내 근로자를 고용하여 운영하고 있다. 또한 축사의 시설 자동화에 소요공간, 소요자본 등의 문제는 축산업의 기계화 제한 요소로 남아있다.

축사에서 고강도의 노동력과 관심이 집중되는 작업은 사료급이와 축사환경관리이다. 대형축사 혹은 소형축사 어느 경우에도 사료급이 체계는 노동력 이용 효율 및 사료이용효율의 증대는 물론 높은 생산성과 소득을 올릴 수 있도록 모든 사우에게 적정량의 사료와 균형된 영양을 공급할 수 있어야 한다. 고품질의 한우육을 생산하기 위해서는 성장곡선을 감안한 균형 잡힌 사료를 급이 해야 한다. 즉 비육초기에는 체중의 감소를 최소한으로 줄일 수 있는 사료급이를 해야 하며, 비육후기에는 비육초기에 잃었던 체중을 회복할 수 있게 해야 한다. 대형축사의 경우 TMR배합기 혹은 자동급이시설을 설치하여 사료를 일괄 급이 한다. 따라서 대형축사의 경우

주된 업무는 사료자동투입기 정상작동 여부 확인 벚짚 주기이며 벚짚의 경우 사우의 생육 단계별 변량 급이가 필요하기 때문에 농장주가 직접 급이 하는 경우가 대다수이다.

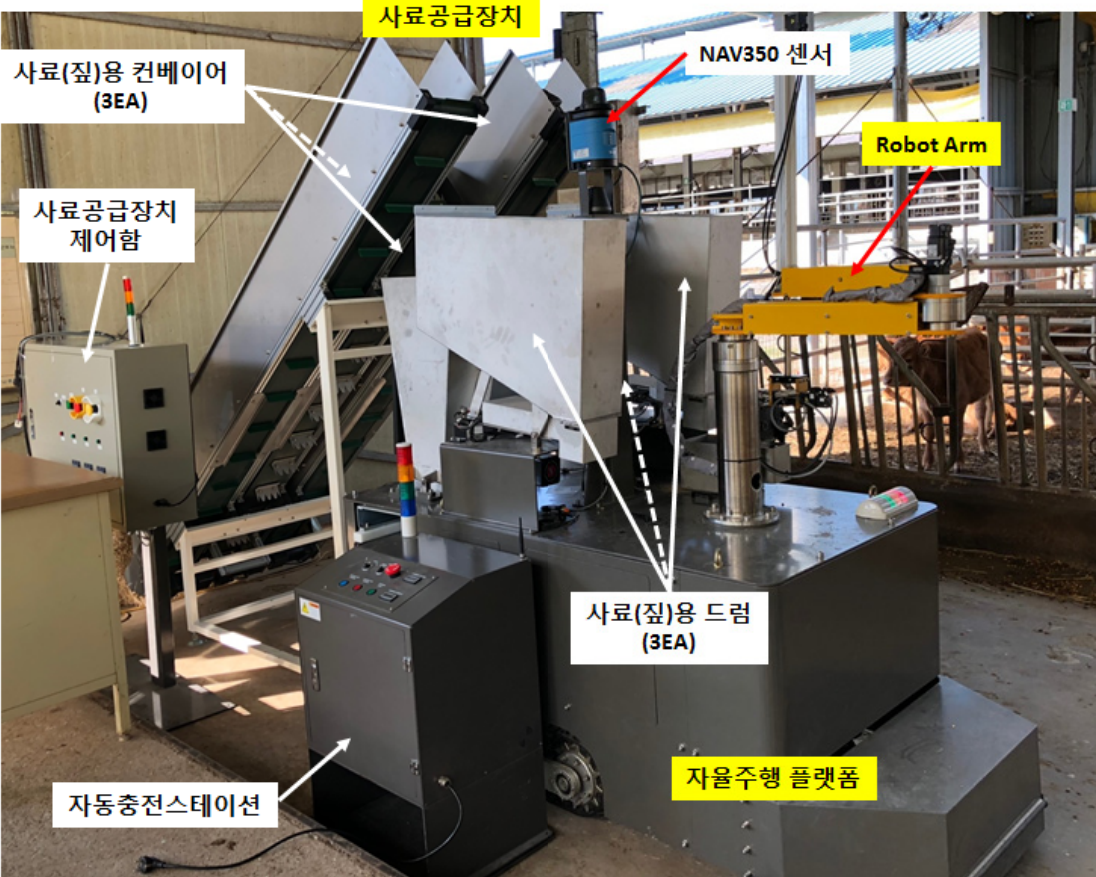
폐사축의 질병원인은 구제역, 결핵, **Neosporosis, Chuzan, Inovirus** 등이 있으며 감염 시 농장주가 받는 피해가 크기 때문에 특히 축사 환경관리에 신경을 써야한다. 보통 축사의 경우 가축의 질병관리 및 복지를 위해 1일 2회 오전과 오후에 축사 청소를 수행하며 지속적으로 환우의 상태를 감시 관리 해야하기 때문에 휴식시간과 야간개인시간이 보장되는 근로자 보다 농장주의 노동시간이 더 길다.

농장주의 주된 업무는 감시 및 관리의 성향이 더 크기 때문에 축산시설의 기계화 자동화가 충분히 되어있다 하더라도 타 지역의 출장 및 부득이한 사정으로 부재지 사우 관리에 어려움이 있는 실정이다.

따라서 기존 자동화의 부분적인 기술과 ICT가 융합되어 원격으로 감시 및 관리가 가능하고 시설 자동화가 아닌 소요 공간 및 소요 자본을 줄일 수 있는 축산 이동 로봇 개발이 필요하다.

### 1-3. 연구개발 범위

#### 가. 연구개발의 최종목표

구분	내용
최종목표	<p>실내 축사환경 내 유립 자율주행로봇의 안전기준을 충족하는 Laser SLAM의 전자지도작성기능과 100mm 이내 정밀근접 자율주행기능을 기반으로 로봇의 작업을 원격에서 확인하고 관리할 수 있는 4개의 카메라 모듈을 이용한 <b>Around View</b>를 장착, 다양한 용도의 로봇 매니플레이터와 연동하여 정시에 정량의 사료를 급여하는 로봇을 개발하고 사료와 건초의 복합 급여하는 기능으로 사육환경에 기여하고자 한다.</p>
세부목표	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 충전 후 4시간 이상 자율주행</li> <li>- 100mm이내의 정밀 근접 자율주행</li> <li>- IoT연동 사료+건초 복합 급여 장치 개발</li> <li>- 원격 <b>Around View</b></li> <li>- 축사환경(지도) 스캔 및 데이터베이스화</li> <li>- 고효율 고정밀성 다목적 매니플레이터 개발 및 장착</li> </ul>

나. 연차별 개발목표 및 내용



(1) 1차년도



(가) 개발목표

연구기관	개발 목표
주관연구 기관 (포테닛)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행 시험 플랫폼 구축</li> <li>○ 측사 작업용 자율주행 플랫폼 개념 설계</li> <li>○ 측사 작업용 피딩기 및 매니퓰레이터 개념 설계</li> </ul>
제 2세부 전남대 문창배	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 측사 환경을 위한 위치추정 기술 개발</li> <li>○ 시험 주행을 위한 시스템 개발</li> </ul>
제 2세부 공동 전남대 이경환	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 측사 환경을 위한 경로생성 기술 개발</li> </ul>
주관 위탁 전남대 이지웅	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 측사 수요 조사 및 피딩 요구사항 도출</li> </ul>

(나) 개발 내용 및 범위

연구기관	개발 내용 및 범위
주관연구 기관 (포테닛)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행 시험 플랫폼 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도 추진 일정을 고려하여 기존 개발된 플랫폼을 이용하여 측사내 기계적 주행 성능 시험을 수행하여 주행 요구 사양을 도출하여 2차년 시제품 개발에 반영</li> <li>- 주행 플랫폼은 측사내 주행을 위해서 위치추정센서/안전센서/ 영상센서를 탑재하여 개별 센서의 동작 및 통합 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 측사 작업용 자율주행 플랫폼 개념 설계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 측사내 자율주행 및 조작기와의 통합을 위한 이동로봇 개념 설계 및 사양 도출</li> <li>- 영상처리 / 주행제어를 위한 제어기 사양 설계</li> <li>- 측사 현장 답사 및 요구사항 주관기관에서 조사</li> <li>- 피딩기/매니퓰레이터 연동을 위한 설계 반영</li> </ul> </li> <li>○ 측사 작업용 피딩기 및 매니퓰레이터 개념 설계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 측산 작업용 필요 자유도 및 페이로드 측산 필요 사양 도출</li> <li>- 페이로드 기반 모의 시험 환경 구축</li> </ul> </li> </ul>



<p>제 2세부 전남대 문창배</p>	<p>○ 측사 환경을 위한 위치추정 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실내 환경에서는 <b>GPS</b> 기반 위치추정이 불가능하기 때문에 거리센서 및 마커기반 위치추정 기술개발이 필수적임</li> <li>- 위치추정을 위해서 가장 기본이 되는 플랫폼의 휠 엔코더 정보를 이용해서 로봇의 초기 위치를 확장 칼만 필터를 통해서 로봇의 위치 불확실성 계산 기술 개발</li> <li>- 주행 환경 정보와 거리센서를 통해서 측정된 이미지 정합을 몬테카를로 확률 기법을 통해서 로봇의 상대 위치 추정 기술 개발</li> <li>- 가상 센서 데이터를 이용한 주행 모의 시험 환경 구축</li> <li>- 측사내 구획 기둥에 레이저 반사체를 부착하여 레이저 반사체의 위치와 센서를 통해서 측정된 위치 차이를 보정하여 로봇의 상대 위치 추정 기술 개발</li> </ul>
<p>제 2세부 공동 전남대 이경환</p>	<p>○ 측사 환경을 위한 경로생성 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 측사 환경에서 필요한 급여/청소를 위해서 필요한 목적형 작업용 경로 생성 기술 개발</li> <li>- 다목적 작업을 위한 경로 생성 기존 기법 조사 및 성능 분석</li> <li>- 기존 기법의 시뮬레이션을 통한 경로 생성 기법 비교</li> <li>- 목적 작업을 위해서 생성된 경로를 운동제어를 위한 국소 궤적으로 생성하고 경로를 추종하는 기술 개발</li> </ul>
<p>주관 위탁 전남대 이지웅</p>	<p>○ 측사 수요 조사 및 피딩 요구사항 도출</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 측사의 생산선 개선과 노동력 절약을 위하여 자동화 사양관리 로봇에 필요로 하는 요인 조사</li> <li>- 측사 규모별 로봇급여기의 최소 <b>spec</b> 조사 및 급이작업에 필요한 상세 요구사항 도출</li> <li>- 노동력 투입 대비 자동화 기계 투입에 따른 효율성 분석</li> </ul>

(2) 2차년도

## 2차년도 연구개발 내용 (시제품 개발)

■ 축산 자율 급여 시스템 시제품 개발 및 주행/매니플레이션 기술 개발

포테닛 (주)

- 자율주행 플랫폼 시제품 제작
- 축사 작업용 피딩기 및 매니플레이터 시제품제작
- 자율주행 시스템 및 매니플레이션 시스템 통합



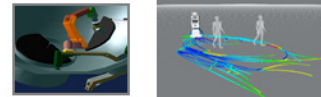
제1세부 (책임)

- 축사 환경을 위한 지도작성 기술 개발
- 매니플레이터 경로생성 기술 개발
- ICT Around View Monitor 연동



제1세부 (공동)

- 축사 환경용 운동제어 기술 개발
- 근거리 원격제어 기술 개발



제1세부 (위탁)

- 축사 테스트베드 구축



(가) 개발목표

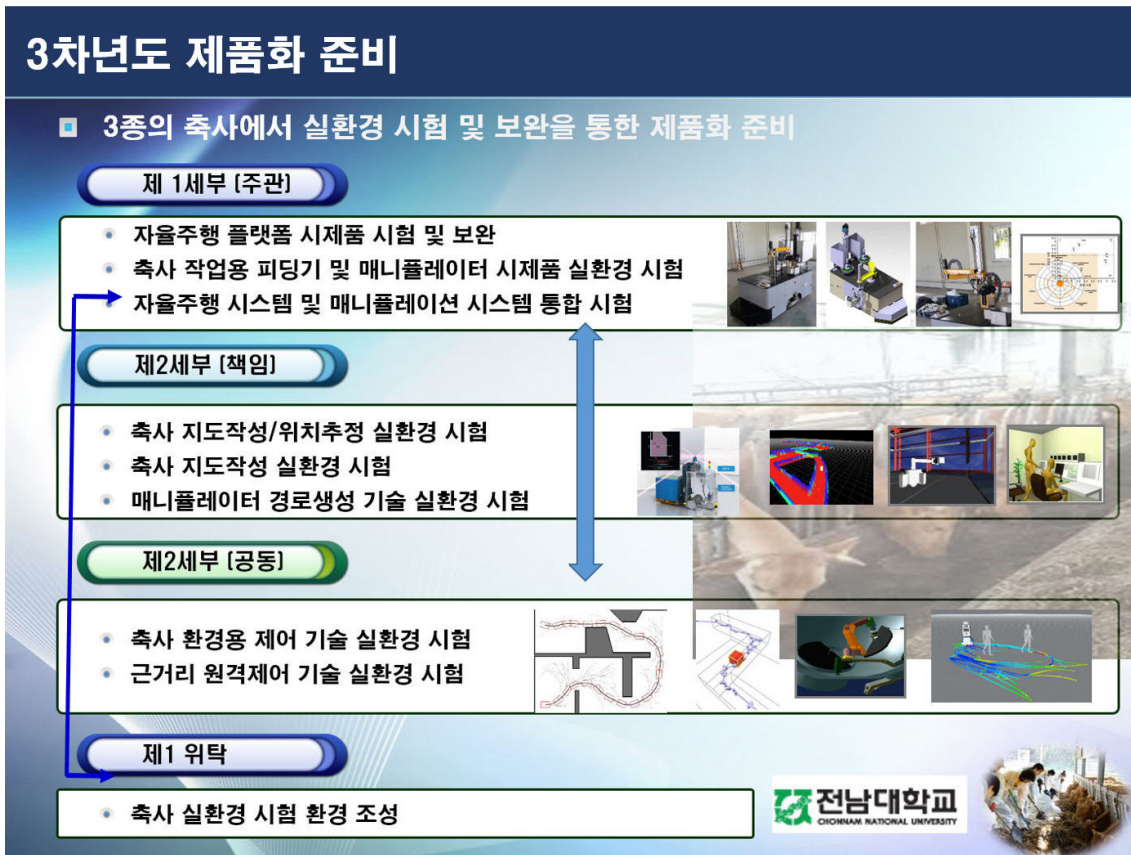
연구기관	개발 목표
주관연구 기관 (포테닛)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행 플랫폼 시제품 제작</li> <li>○ 축사 작업용 피딩기 시제품 제작</li> <li>○ 다목적 작업 매니플레이터 시제품 개발</li> <li>○ 작업기/플랫폼 시스템 통합</li> </ul>
제 2세부 전남대 문창배	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축사 환경을 위한 지도작성 기술 개발</li> <li>○ 매니플레이션 경로 생성 기술 개발</li> <li>○ ICT Around View Monitor 연동</li> </ul>
제 2세부 공동 전남대 이경환	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축사환경용 운동제어 기술 개발</li> <li>○ 근거리 원격제어 기술 개발</li> </ul>
주관 위탁 전남대 이지용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축사 테스트베드 구축</li> <li>○ 축사 테스트베드 수요조사</li> </ul>

(나) 개발 내용 및 범위

연구기관	개발 내용 및 범위
주관연구 기관 (포테넷)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행 플랫폼 시제품 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축사 노면 조건에 적합한 가반하중을 고려한 서스펜션 설계</li> <li>- 축사 사료 급여 시간 고려한 모터 선정 및 기어 박스 설계</li> </ul> </li>   <li>○ 축사 작업용 피딩기 시제품 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3종의 사료 피딩이 가능한 복합형 자동 급여기 설계</li> <li>- 급여구 가변 높이 적응형 설계</li> <li>- 급여구 높이에 따른 모의 시험</li> </ul> </li>   <li>○ 다목적 작업 매니플레이터 시제품 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축사 작업에 적합하고 가격대 성능비를 만족하는 매니플레이터 설계</li> <li>- 제어기 시험 성능 검증 및 통합 제어기 기술 개발</li> <li>- 제어기 성능 시험을 위한 테스트베드 구축</li> </ul> </li>   <li>○ 작업기/플랫폼 시스템 통합               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 모듈별 성능 검증</li> <li>- 제어기간 제어 연동 및 통합 아키텍처 설계</li> </ul> </li> </ul>
제 2세부 전남대 문창배	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축사 환경을 위한 지도작성 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 지도작성 기술은 일반적인 환경을 대상으로 하기 때문에 정밀도 향상에 한계가 있고, 작성된 지도의 정합성에 대한 신뢰성 문제가 발생할 수 있다는 한계가 있음</li> <li>- 축사 환경은 다수가 설계되는 표준화된 설계 기준이 존재 함</li> <li>- 축사의 설계 사양을 반영하여 축사의 설계 표준안을 연동한 지도 작성 기술을 개발하여 기존 지도 작성기술 대비 높은 신뢰성과 정밀도를 가지는 기술을 개발</li> </ul> </li>   <li>○ 매니플레이션 경로 생성 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 매니플레이션 기술은 고정밀도/고가의 매니플레이터가 필요</li> <li>- 고출력/저정밀 매니플레이터를 위한 경로 생성기술을 RRT 기법을 기반으로 하여 기계학습 기술과 연동한 경로 생성 기술을 개발</li> </ul> </li>   <li>○ ICT Around View Monitor 연동               <ul style="list-style-type: none"> <li>- HD 영상 및 고속 영상 전송이 가능한 기술을 연동하여 축사내 환경 모니터링 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>

<p>제 2세부 공동 전남대 이경환</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축사환경용 운동제어 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축사 환경은 일반 다양한 부산물이나 주행 노면 상태의 불균이로 인해서 별도의 운동제어 기술이 필요</li> <li>- 축사 주행 조건을 고려한 경로 추종 및 운동제어 기술개발</li> <li>- 축사내 사료급여/청소/순찰 3종의 작업에 대한 운동제어 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 근거리 원격제어 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행 플랫폼의 이동 및 조작기의 입력을 사용자가 근거리에서 조작 패널을 통해서 제어할 수 있는 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>
<p>주관 위탁 전남대 이지웅</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축사 테스트베드 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우사에 대한 자동화 로봇 투입 및 운영에 따른 육량(출하체중, 일당증체량) 개선 효과 분석</li> <li>- 한우사에 대한 자동화 로봇 투입 및 운영에 따른 육질(근내지방도, 배장근 단면적) 개선 효과 분석</li> <li>- 자동화 로봇 활용에 따른 생산성 개선에 대한 현장 실증시험 실시</li> </ul> </li> </ul>

(3) 3차년도



(가) 개발 목표

연구기관	개발 목표
주관연구 기관 (포테넷)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행 플랫폼 설계 개선 및 환경 시험</li> <li>○ 측사 작업용 피딩기 시제품 실환경 시험</li> <li>○ 다목적 작업 매니플레이터 실환경 시험</li> <li>○ 작업기/플랫폼 시스템 통합</li> </ul>
제 2세부 전남대 문창배 / 공동 전남대 이경환	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 측사 환경을 위한 지도작성 실환경 시험 [문창배]</li> <li>○ 측사 환경을 위한 위치추정 실환경 시험 [문창배]</li> <li>○ ICT 연동 실환경 시험 [문창배/이경환]</li> <li>○ 사료급여 / 청소기능 실환경 시험 [문창배/이경환]</li> </ul>
주관 위탁 전남대 이지웅	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 측사 실환경 시험 환경 조성</li> </ul>
연구기관	개발 목표
주관연구 기관 (포테넷)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행 플랫폼 설계 개선 및 환경 시험</li> <li>○ 측사 작업용 피딩기 시제품 실환경 시험</li> <li>○ 다목적 작업 매니플레이터 실환경 시험</li> <li>○ 작업기/플랫폼 시스템 통합</li> </ul>
제 2세부 전남대 문창배 / 공동 전남대 이경환	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 측사 환경을 위한 지도작성 실환경 시험 [문창배]</li> <li>○ 측사 환경을 위한 위치추정 실환경 시험 [문창배]</li> <li>○ ICT 연동 실환경 시험 [문창배/이경환]</li> <li>○ 사료급여 / 청소기능 실환경 시험 [문창배/이경환]</li> </ul>
주관 위탁 전남대 이지웅	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 측사 실환경 시험 환경 조성</li> </ul>

(나) 개발 내용 및 범위

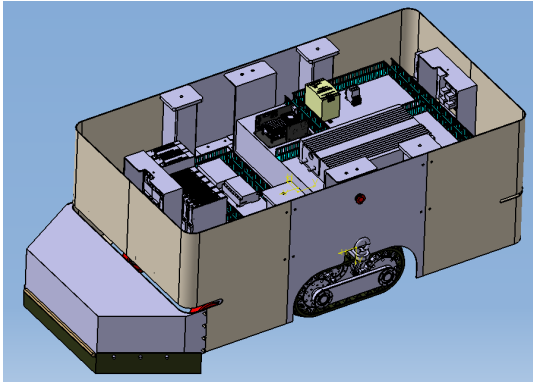
연구기관	개발 내용 및 범위
주관연구 기관 (포테닛)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자율주행 플랫폼 설계 개선 및 환경 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주행 반복 정밀도 검증 시험 및 개선</li> <li>- 축사 현장 실험을 통한 축사 주행 노면 조건 성능 시험 및 개선</li> <li>- 실제 환경에서 주행 가능시간 시험 및 시험 결과 반영 설계 개선</li> </ul> </li> <li>○ 축사 작업용 피딩기 시제품 실환경 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3종의 사료 급여 시험 및 투입 효율 검증 및 개선</li> <li>- 3종의 우사에서 급여구 높이에 따른 급여 성능 시험 및 투입구 설계 개선</li> </ul> </li> <li>○ 다목적 작업 매니플레이터 실환경 시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실제 3종 사료를 이용한 가반하중 및 이송 시험을 통한 설계 보완</li> <li>- 청소를 포함한 다종 작업 툴 가반 하중 검증</li> </ul> </li> <li>○ 작업기/플랫폼 시스템 통합               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 통합 모듈 연동 시험 및 개별 모듈의 통합시 보완점 개선</li> <li>- 전체 세부 모듈 연동 최종 실환경 3종의 축사에서 시험 및 개선</li> </ul> </li> </ul>
제 2세부 전남대 문창배 / 제 2세부 공동 전남대 이경환	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축사 환경을 위한 지도작성 실환경 시험 [문창배]               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3종의 축사환경에서 지도작성 시험 및 성능 평가</li> <li>- 지도작성 제품화를 위한 보완</li> </ul> </li> <li>○ 축사 환경을 위한 위치추정 실환경 시험 [문창배]               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3종의 축사환경에서 위치추정 시험 및 성능 평가</li> <li>- 위치추정 제품화를 위한 보완</li> </ul> </li> <li>○ ICT 연동 실환경 시험 [문창배/이경환]               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실환경 시험 축사에서 ICT 연동기능 시험 및 성능 평가</li> <li>- 3종의 축사환경에 대한 ICT 원격 모니터링 제품화를 위한 보완</li> </ul> </li> <li>○ 사료급여 / 청소기능 실환경 시험 [문창배/이경환]               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동 사료 급여 기능 실환경 시험 및 보완</li> <li>- 청소 기능 실환경 시험 및 보완</li> </ul> </li> </ul>
주관 위탁 전남대 이지웅	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축사 실환경 시험 환경 조성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동화 로봇 활용에 따른 노동력 절감 효과 및 생산비 절감 분석</li> <li>- 축사환경 개선과 생산비 절감을 위한 사육규모별 자동화 모델 제시</li> </ul> </li> </ul>

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 2-1. 주관기관 연구개발 결과

#### 가. 자율주행 플랫폼 시제품 제작

- 내부 센서류 및 배터리 조립 공간을 확보를 위한 3D CAD 모델링 및 시제품 제작



<자율주행 플랫폼 3D 모델링>



<전자장품 구성 및 제작>

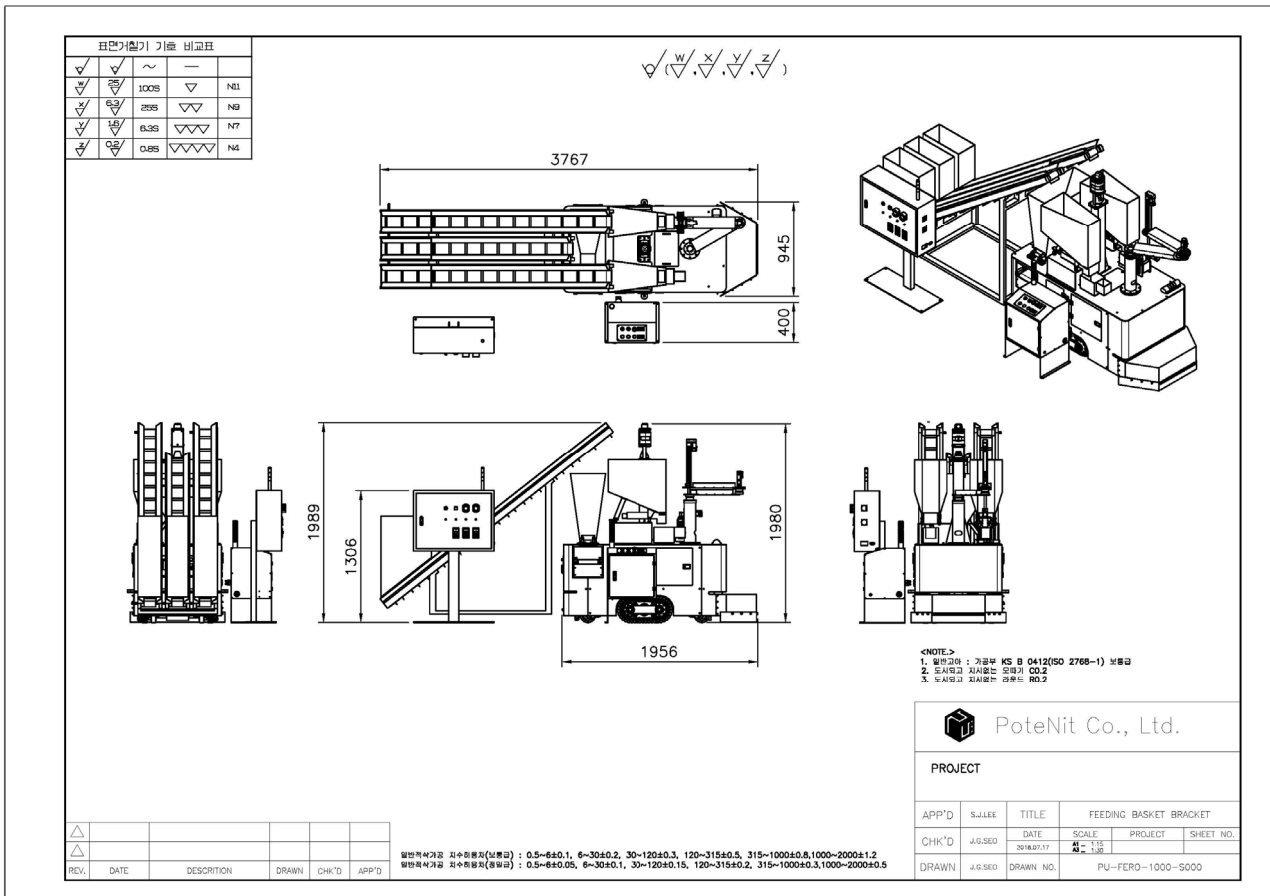
<자율주행 플랫폼 3D 모델링 및 전자장치 시제품 >

- 자율주행 플랫폼 시제품 설계 및 제작





<자율주행 플랫폼 시제품>



<이동로봇 설계도 - 전체도면>



<자율주행 플랫폼 주요구성품>

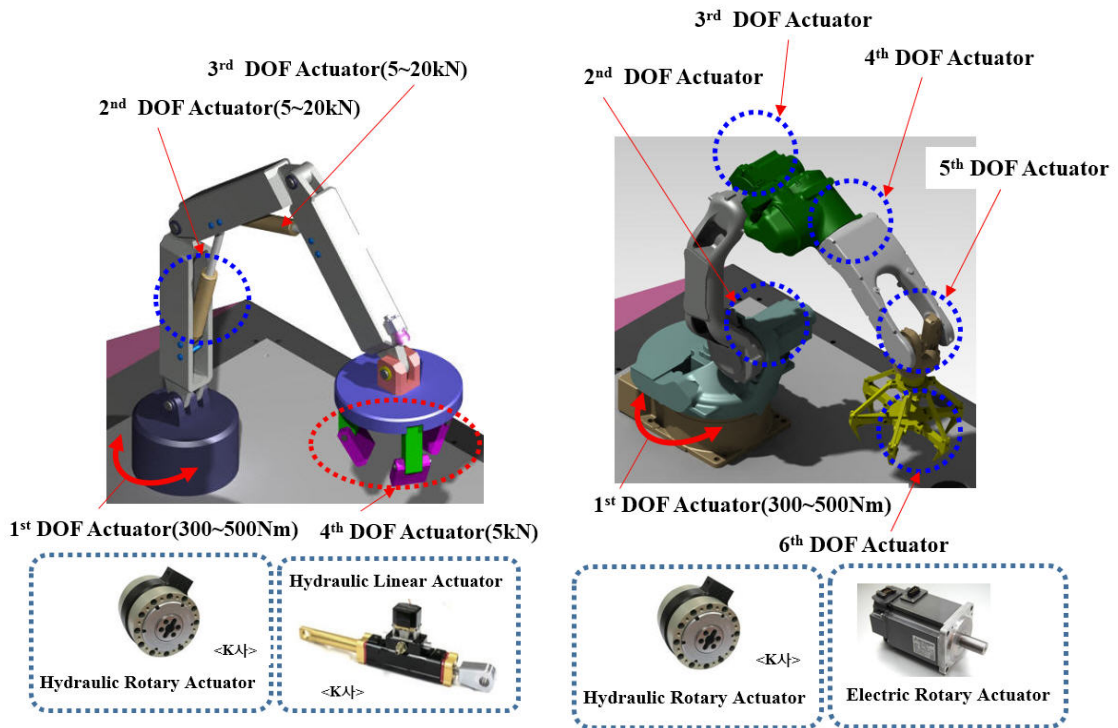
No.	Items	Specification	Q'ty	Note
1	Body Frame	Steel Frame	1	-
2	Main Wheel	Wheel Track	2	-
3	Caster	Urethane Wheel	4	-
4	AC Motor	1KW	2	-Mitsubishi사
5	AC Motor Driver	MR-3-100A	2	-Mitsubishi사
6	Controller	ARK-1550-S9A1E	1	-
7	Laser Sensor	LMS111	1	-SICK사
8	Laser Sensor	TIM561	1	-SICK사
9	Laser Sensor	NAV350	1	-SICK사

<자율주행 플랫폼 성능사양서>

No.	Items	Specification	Note
1	Dimensions	1000 x 1936 x 679 (W x L x H)	-
2	AGV Weight	1000kg	-
3	Working Weight	Max. 1000kg	-
4	AGV Speed	Max. 25m/min	-
5	Wheel Type	2-Wheel Driving, 4-Caster	-
6	Driving Direction	Forward/ Backward/ Curve/ Turn	-Microsoft사
7	Battery	24V, 120Ah, Li-ion	-SICK사
8	Communication	Wireless LAN (2.4GHz, 5GHz)	-Microinfinity사
9	Main Safety	장애물센서/SoftBumper/경고등/경고음/EMO	-포테넷㈜
10	Driving Safety	과부하,과전압,저전압감지	-옵션장치

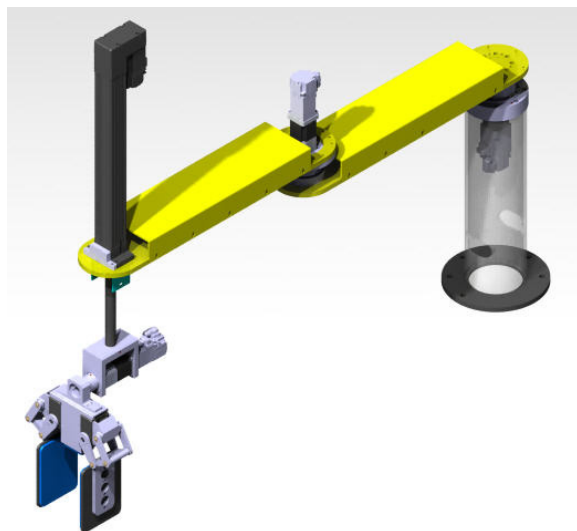
나. 측사 작업용 피딩기 및 매니플레이터 시제품 제작

- 1~2차년도에 모델링 한 로봇 매니플레이터의 컨셉 모델링
- ver.1은 3자유도 관절과 말단장치에 하나의 자유도가 더해지는 구조를 가지며, 유압식 리니어 액추에이터를 이용하는 컨셉을 나타냄
- ver.2는 5자유도 관절과 말단장치에 하나의 자유도가 더해진 구조를 가지며, 유압과 전기 액추에이터가 혼합된 구조로 컨셉을 잡음



<매니플레이터-ver.1 개념 설계도> <매니플레이터-ver.2 개념 설계도>

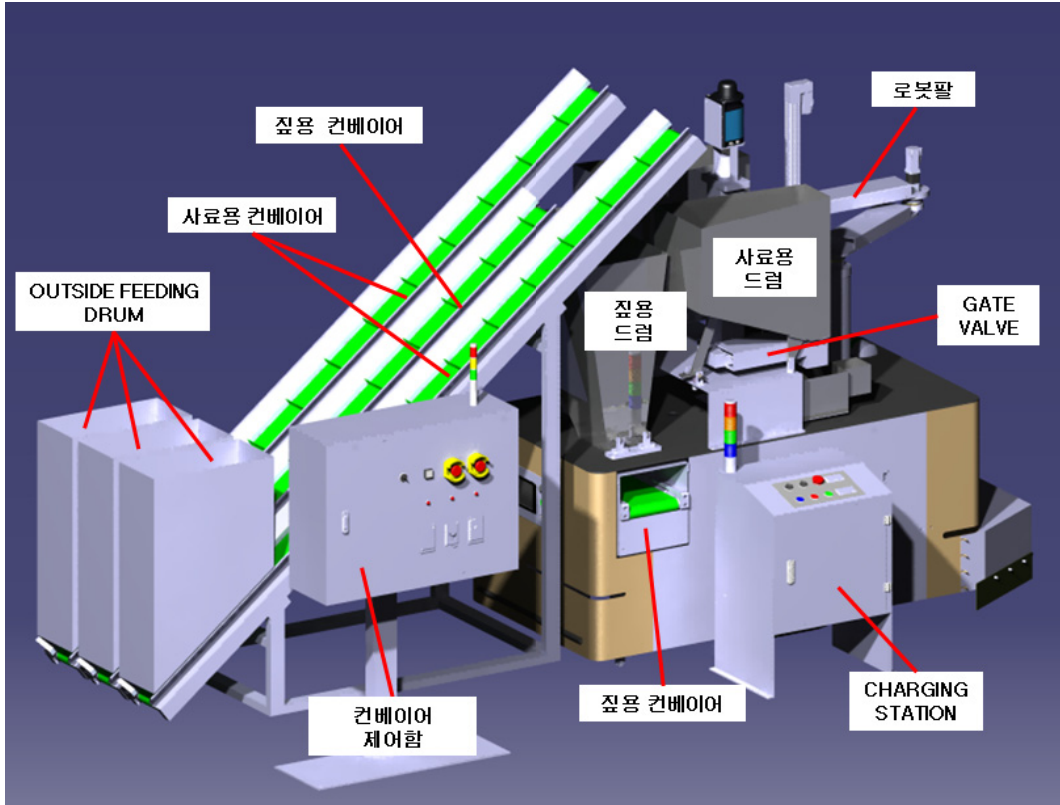
- 최종 개발된 로봇 매니플레이터
- 4개의 자유도 관절을 가지며 말단장치에 하나의 자유도가 더해지며, 10kg의 페이로드를 만족하는 로봇 매니플레이터를 제작함



<로봇 플랫폼에 장착된 매니플레이터>

다. 자율주행 시스템 및 매니플레이션 시스템 통합

- 자율주행 로봇 플랫폼과 개발된 매니플레이터 및 피딩기가 하나의 시스템으로 통합 완성
- 자율주행 시스템 3D 모델링



<자율주행 주행 시스템 통합>

- 자율주행 시스템 통합 시제품 완성
- 테스트 배드 이동 배치 완료

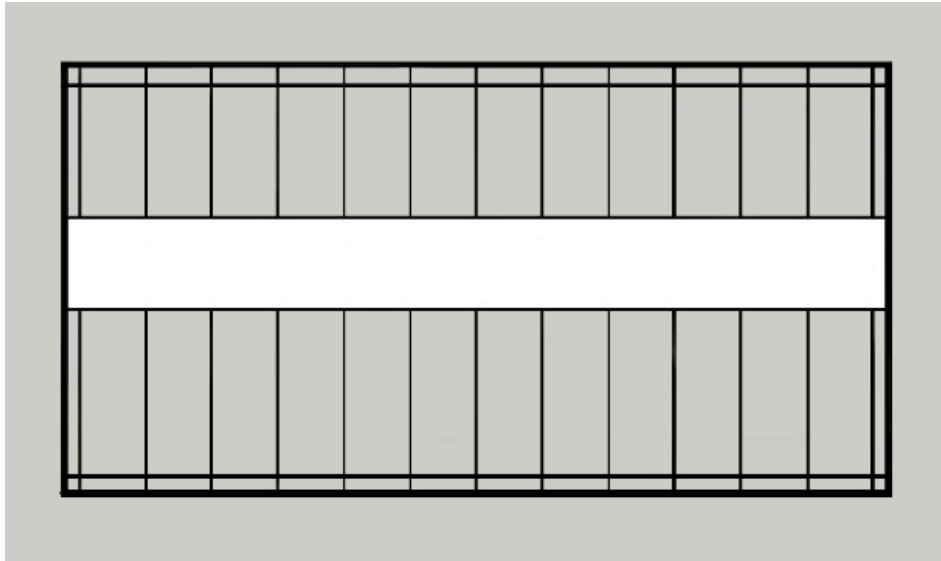


<자율주행 주행 시스템 통합 시제품>

## 2-2. 2세부 연구개발 결과

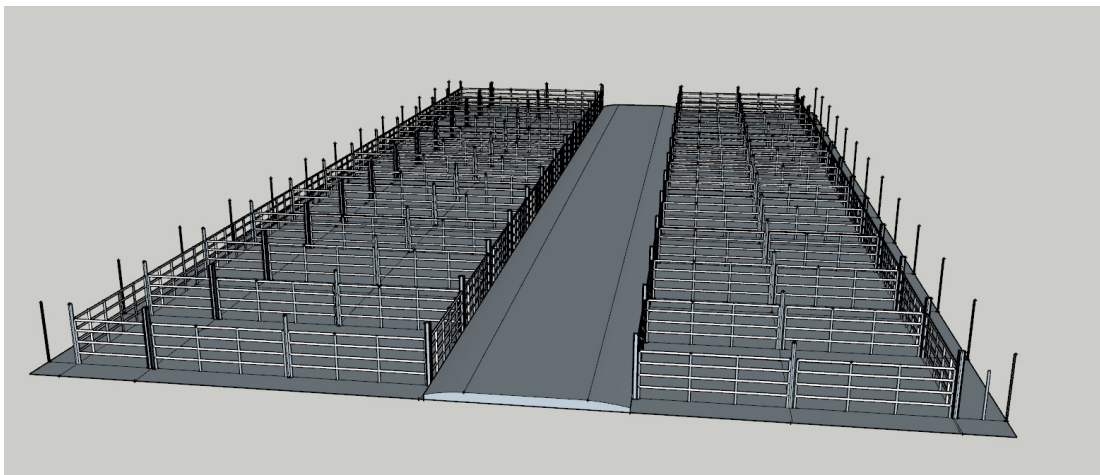
### 가. 측사 환경을 위한 지도작성 및 위치추정 기술 개발

- 측사의 설계 사양을 반영하여 측사의 설계 표준안을 연동한 지도 작성 기술을 개발
- 기존 지도작성기술 대비 높은 신뢰성과 정밀도를 가지는 기술을 개발
- 측사의 설계 사양을 반영한 측사도면을 기반으로 한 2D & 3D 모의환경지도 작성



<2D 모의환경지도>

- 2D 모의환경지도는 자율주행 플랫폼이 기동이 가능한 영역과 기동이 불가능한 영역을 구분하였고 이를 통해 효율적인 자율주행 경로를 생성할 수 있도록 구성함

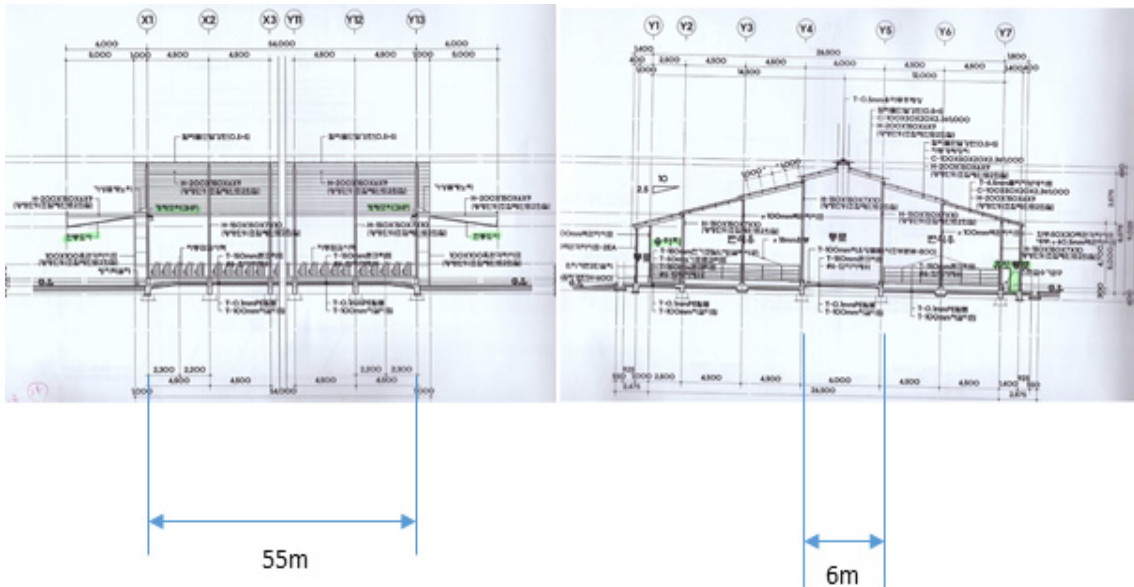


<3차원 모의환경지도>

- 3D 모의환경지도는 측사의 설계 표준안을 만족하는 구조로 제작되었고 측사 전체에서 자율주행 플랫폼이 구조물을 인지하고 이동할 수 있는 부분까지 구성함으로써 실제 환경에 부합하는 지도로 제작



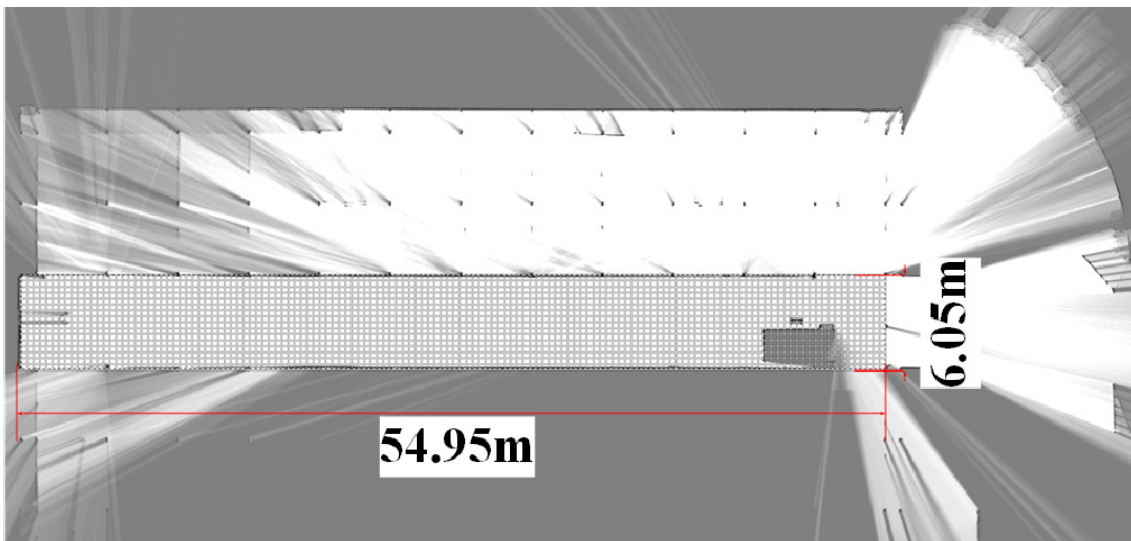
<축사 테스트베드>



<측사 주행 구간 영역 실측 크기>

(1) 측사 환경을 위한 지도작성 결과

- 지도작성 오차 정략적 목표 15cm 이내 달성



<측사 주행 구간 지도작성 결과>

<측사환경지도 작성 결과 정략적 분석>

(단위: cm)

	가로 오차	세로 오차	최종 오차	over 15cm
지도 정밀도	5	5	7	X

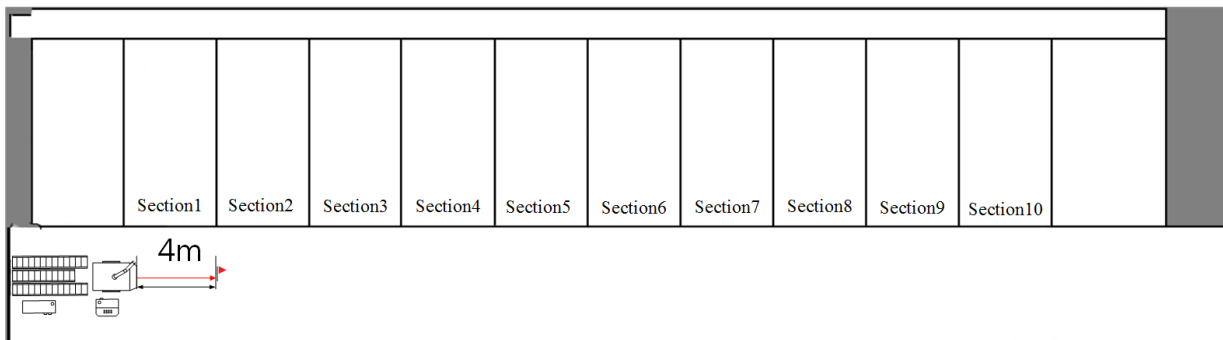
**(2) 축사 환경에서의 위치추정**

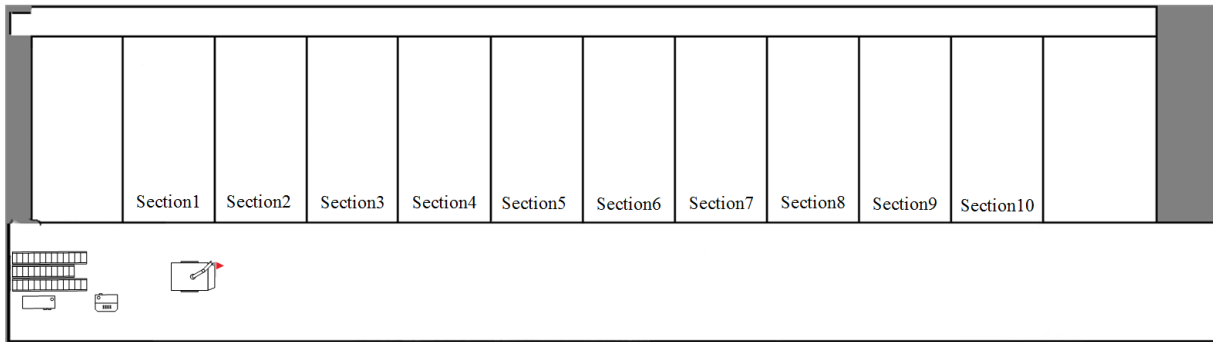
- 축사환경지도 내에서 레이저 센서(Laser Range Finder)와 엔코더(Encoder) 정보를 이용하여 위치추정을 수행
- 위치추정을 통해 자율주행 플랫폼은 가장 최적의 파티클(Particle) 위치를 기반으로 현재 위치를 추정
- 축사 내 위치추정 시험 환경 및 구성은 다음과 같음



<축사 환경 사진>

- 축사 환경의 실측 크기는 가로 55m, 세로 6m임
- 시험 시나리오는 축사 내 자율주행 플랫폼이 주행 가능한 영역 내에서 진행되었음



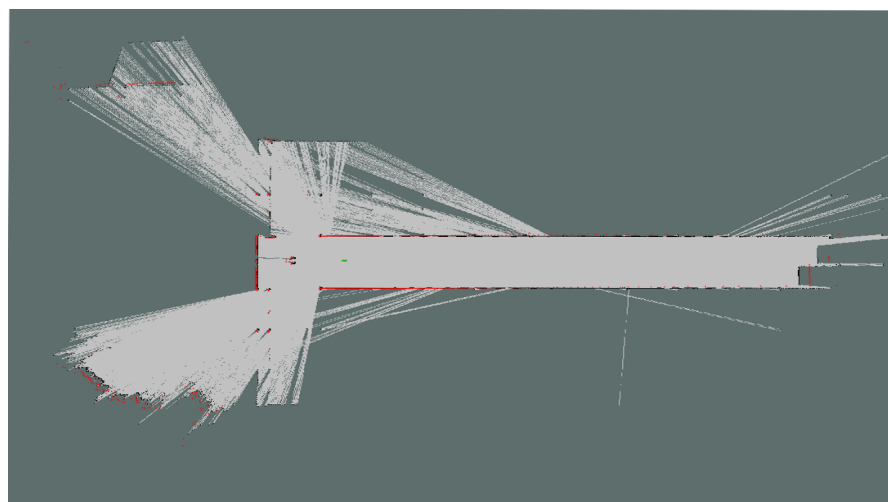
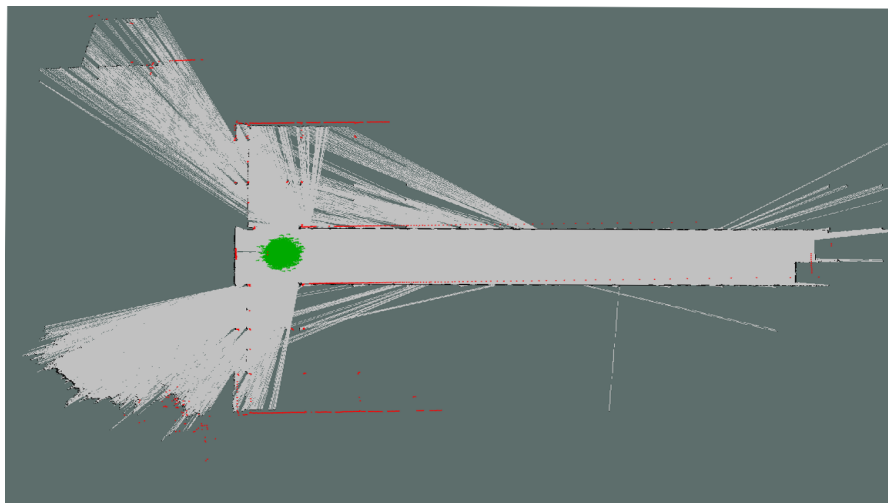


<위치추정 오차측정 시험을 위한 시나리오>

- 사료급여구간 중 한 구간(4m)을 진행하여 위치 정밀도를 측정
- 로봇의 대기 위치(자동 충전 장치와 도킹하는 위치)를 시작 위치로 하여 자율주행 플랫폼이 4m를 진행
- 자율주행 플랫폼의 위치 추정값과 실제 자율주행 플랫폼의 위치 간 오차를 계산

(3) 측사 환경 내 위치추정 결과

- 녹색 점: 파티클 , 빨간색 점: 추정되는 위치에서의 레이저 포인트



<측사 내 위치추정 시험>



<축사 내 위치추정 시험 결과 정량적 분석>

(단위: cm)

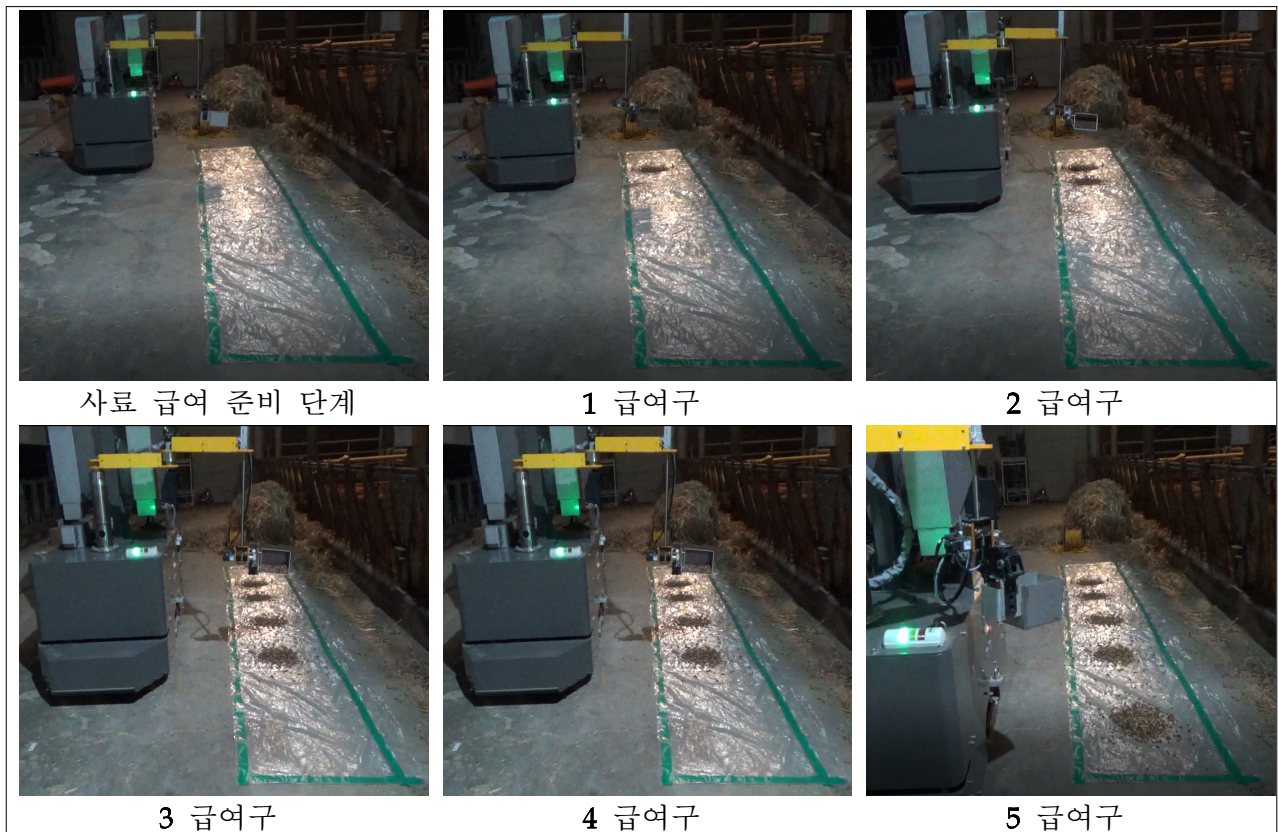
횟수	x	y	오차	over 15cm
1	413	11	13	X
2	386	11	14	X
3	413	10	13	X
4	390	9	10	X
5	413	11	13	X

- 축사 내 위치추정 시험 결과에 대한 정량적 분석에서 x, y 값은 자율주행 플랫폼의 추정 위치를 의미함

- 실험에서 실제 자율주행 플랫폼의 최종 위치는 지도상에서 x는 400cm, y는 10cm인 지점임

나. 매니플레이션 경로 생성 기술 개발

- 고출력/저정밀 매니플레이터를 위한 경로 생성기술을 RRT 기법을 기반으로 하여 기계학습 기술과 연동한 경로생성 기술을 개발



<급여 과정: 실 환경에서 농후 사료 급여>



<급여 시험 후 분배된 농후 사료>

- 매니플레이터의 경로생성 계획은 하나의 사료급여구간을 기준으로 실시되며, 10구간을 반복하는 형태임
- 학습된 경로를 기반으로 하나의 구간(5마리의 소 존재)에서 사료를 5회로 분할하여 급여함
- 위 과정을 10개의 사료급여구간에서 반복적으로 실시하는 것이 가능하고 사료급여구간의 형태가 유사한 경우 확장하여 실시하는 것이 용이함

#### 다. ICT Around View Monitor 연동

- WISENET 카메라를 사용하여 사용자가 지정하는 다양한 기기에서 축사의 상태를 주/야간 관계없이 실시간으로 축사의 상태를 확인 가능
  - 가용범위는 자율주행 플랫폼을 중심으로 하여 360° 모니터링이 가능
- 축사 내부뿐만 아니라 통신이 가능한 지역에 사용자가 있는 경우 축사 외부에서도 축사 환경에 대한 모니터링이 가능함



(a) 주간 축사 환경

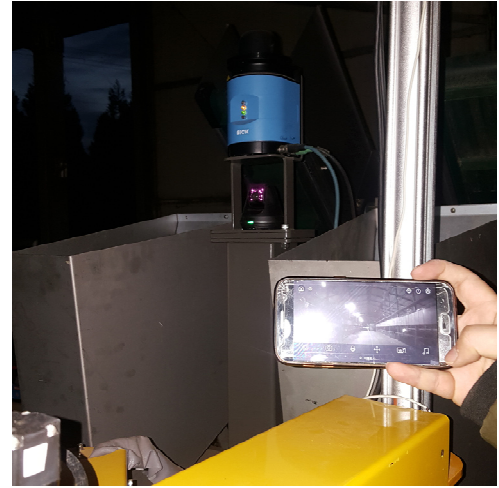


(b) 야간 축사 환경

<자율주행 플랫폼에 탑재된 전방향 카메라>



(a) 주간 모니터링

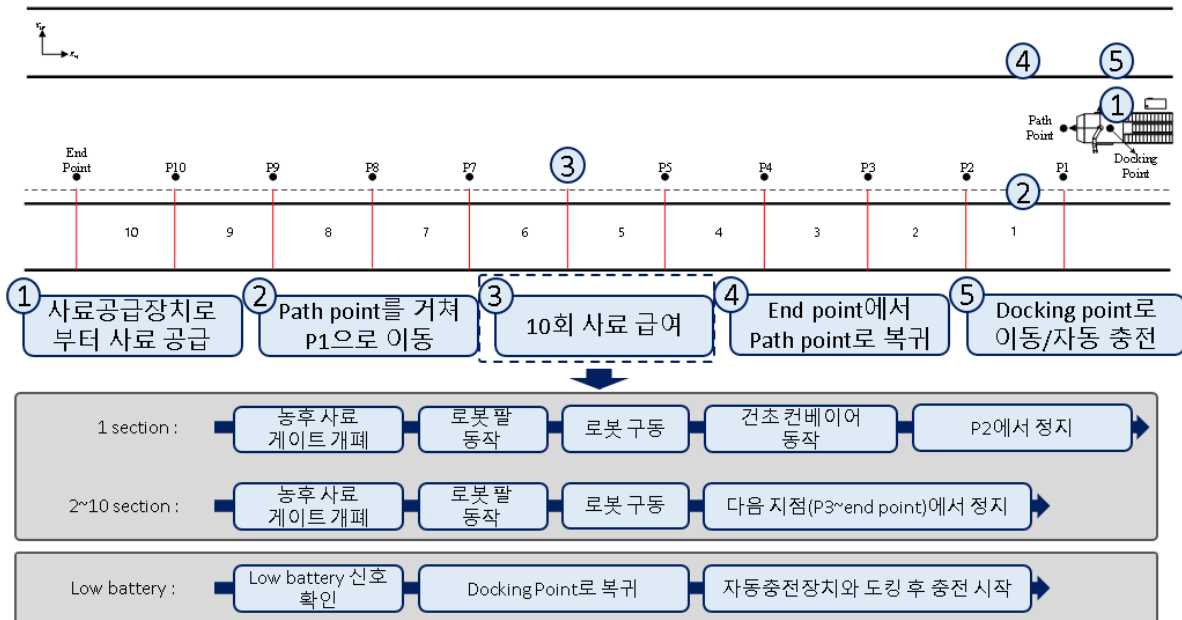


(b) 야간 모니터링

<실시간 모니터링>

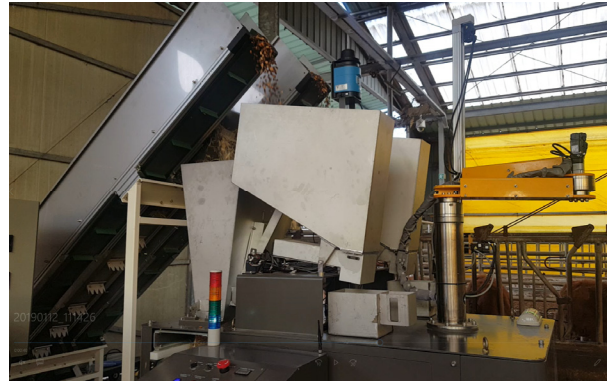
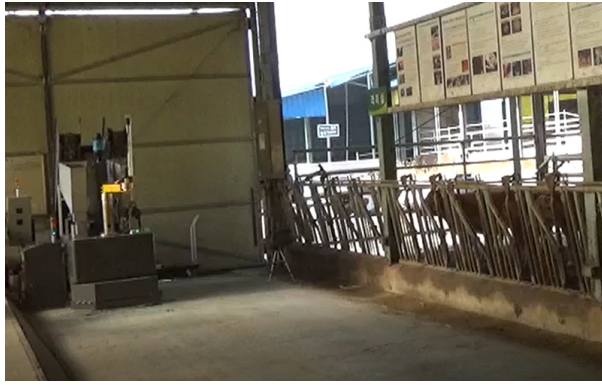
### 라. 축사환경용 운동제어 기술 개발

- 축사 주행 조건을 고려한 경로 추종 및 운동제어 기술 개발
- 축사 내 사료급여/청소/순찰 3종의 작업에 대한 운동제어 기술 개발
- 초기위치에서 목표 위치까지 진행하는 경로상의 점을 지정하여 원하는 경로를 생성할 수 있는 **Pure Pursuit** 기법을 통해 사료급여/청소/순찰에 대한 운동제어를 하는 것은 축사 환경에 따라 유연하게 대응할 수 있다는 이점이 있음



<사료급여 및 청소/경비 시스템>

- 초기위치(1)에서 사료급여 시작 위치로 이동
- 사료공급장치에서 자율주행 플랫폼으로의 사료 전달



<사료공급장치로부터 사료 공급>

- 사료공급장치는 자율주행 플랫폼의 탑재된 사료통의 근접 센서를 통해 사료 공급 유무를 결정



(1)



(2)



(3)

<초기위치에서의 사료급여 시작 위치까지 이동>

- 초기위치에서 2개의 Path point를 지나 사료 공급 시작 위치로 이동

- 사료 급여(10구간)



1구간



2구간



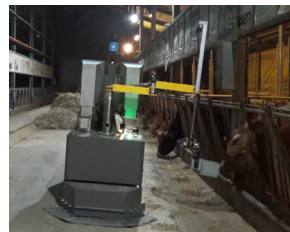
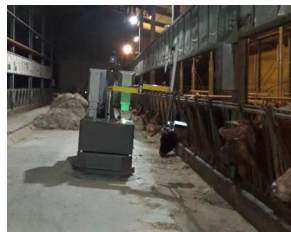
3구간



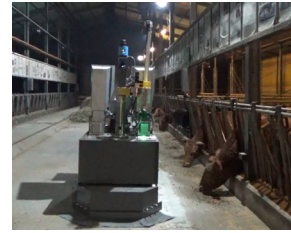
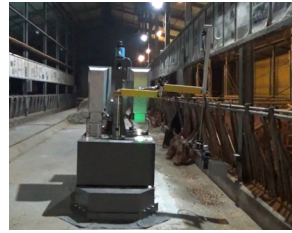
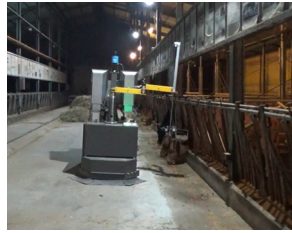
4구간



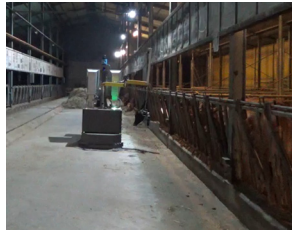
5구간



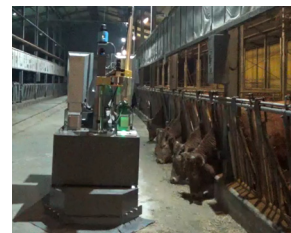
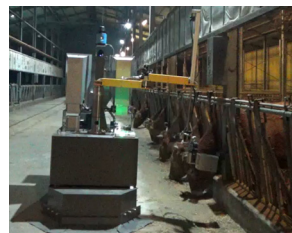
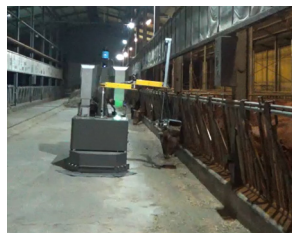
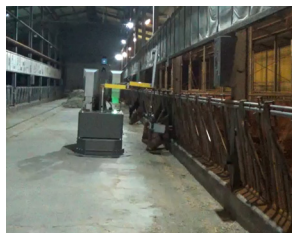
6구간



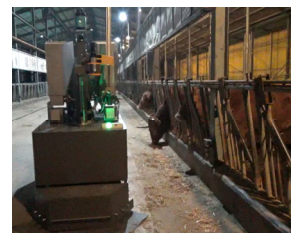
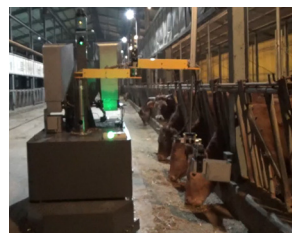
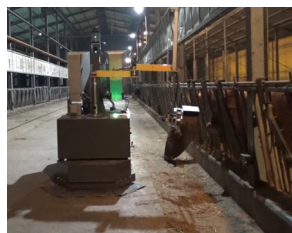
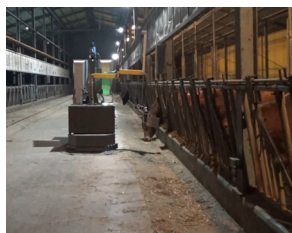
7구간



8구간



9구간



10구간

<사료급여>

○ 사료급여 결과

- 방법: 축사 환경에서 사료 급여 시험
- 목표: 성공률 95% 이상, 급여시간 65분 이내
- 결과: 성공률 100%, 급여시간 65분 이내  
(1개 급여구간 평균 소요시간 3분 10초)
- 하나의 사료급여구간에 소 5마리의 사료급여가 가능하므로 100마리의 소의 사료급여를 위해서는 총 20개의 구간을 진행해야 함
- 실험 진행: 테스트를 진행한 축사 구조상 10개의 급여구간만 사료급여 가능  
(10개의 급여구간 사료급여 시 소요 시간 : 32분 30초 이내)

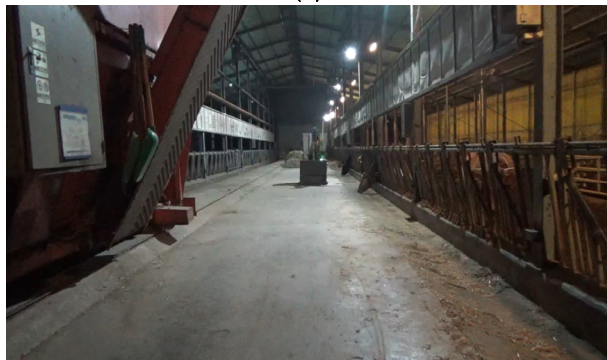
○ 복귀 및 자동 충전



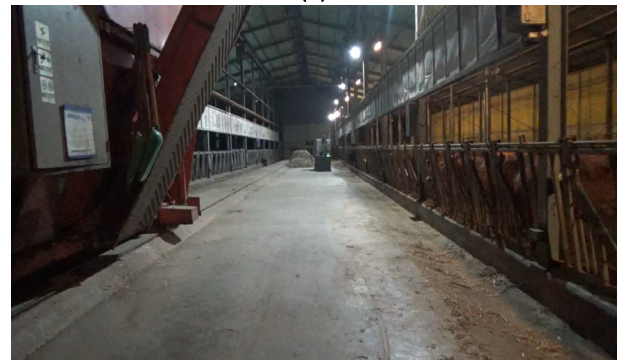
(1)



(2)



(3)



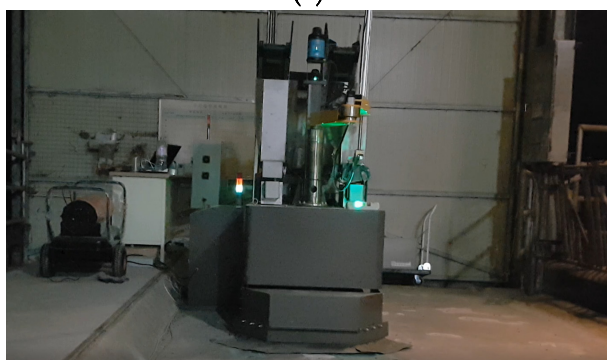
(4)



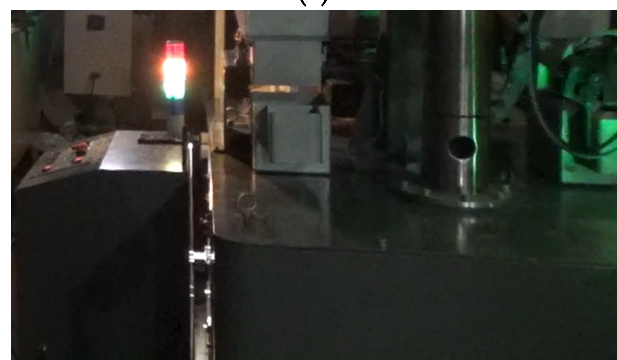
(5)



(6)



(7)

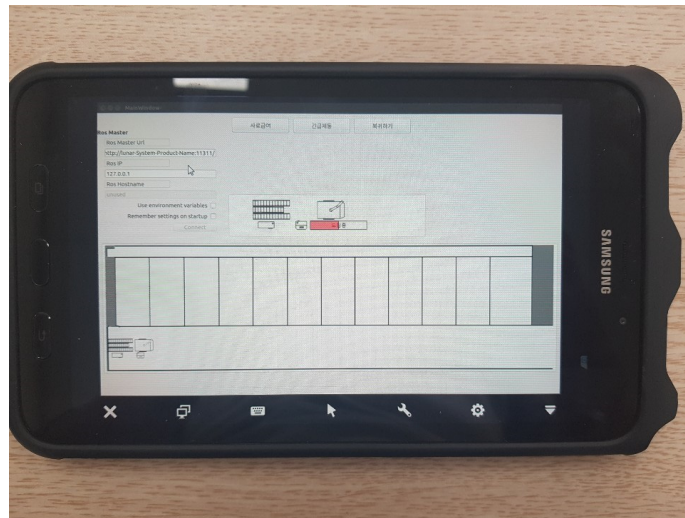


(8)

<복귀 및 도킹>

○ 근거리 원격제어 기술 개발

- 자율주행 플랫폼의 이동 및 조작기의 입력을 사용자가 근거리에서 조작패널을 통해서 제어할 수 있는 기술 개발



<자율주행 플랫폼과 연동된 조작패널>

- 자율주행 플랫폼의 소프트웨어와 조작패널 간의 통신을 통해 제어화면 및 조작기능을 조작패널로 전송함으로써 근거리 내에서 자율주행 플랫폼을 제어할 수 있는 시스템 구축
- 조작패널을 통해 현재 자율주행 플랫폼의 사료급여 진행 상태를 실시간으로 확인 가능



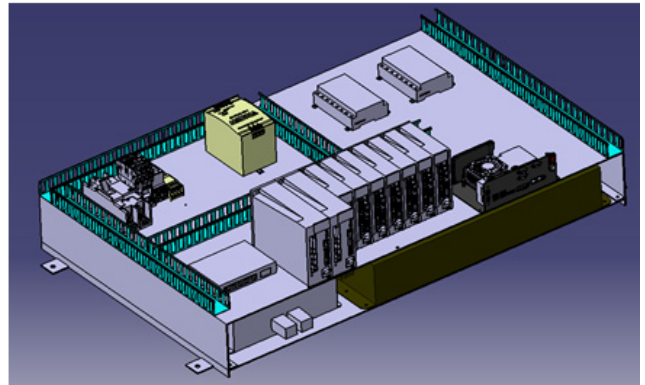
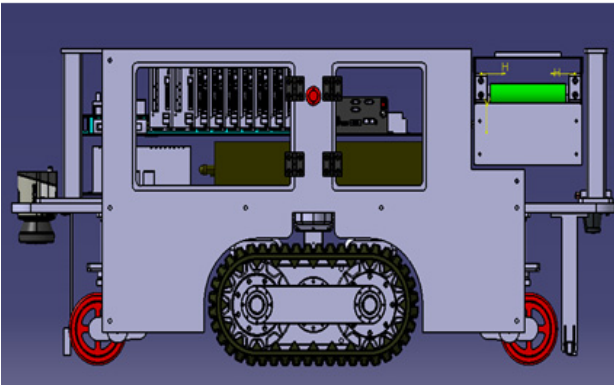
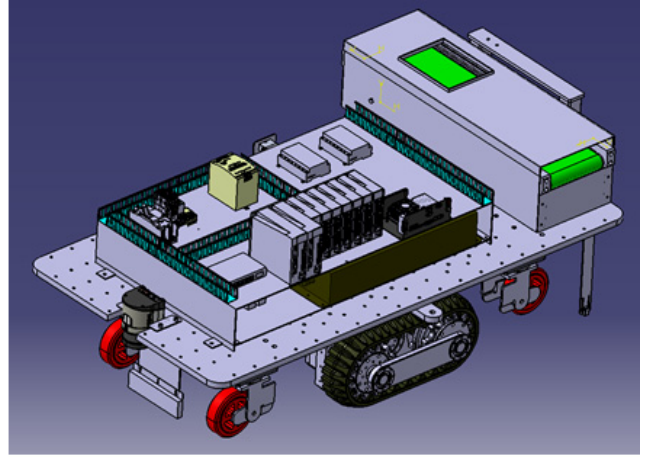
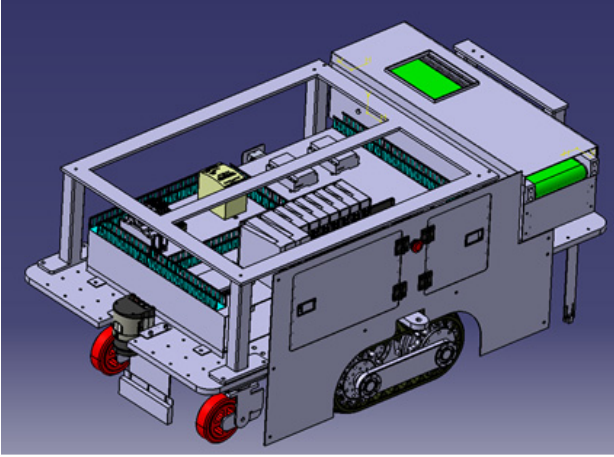
<조작패널로 자율주행 플랫폼 환경설정>



## 2-3. 연구수행 방법

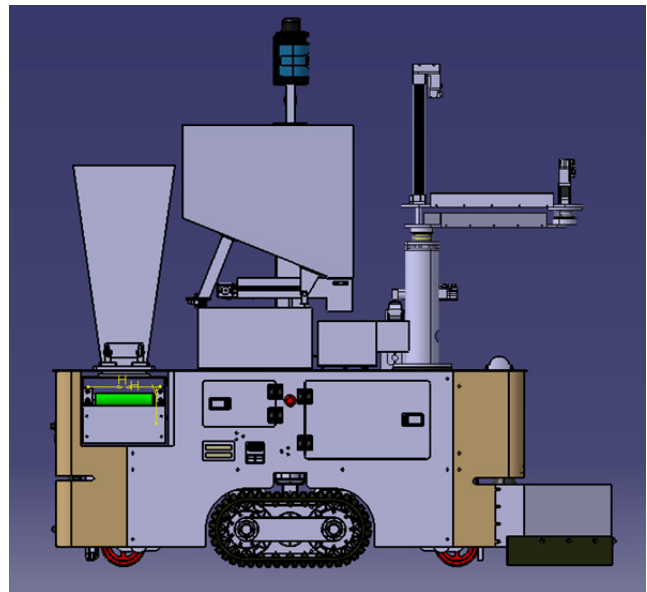
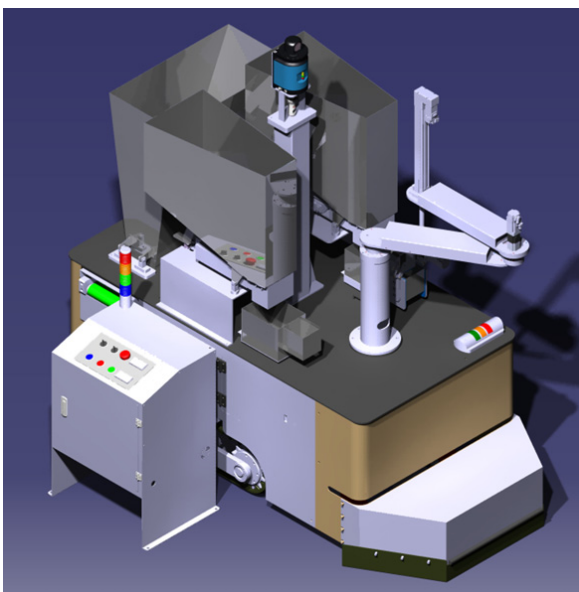
### 가. 자율주행플랫폼 제작

- 내부 센서류 및 배터리 조립 공간을 위한 3D CAD 모델링 작업



<주행 플랫폼 3D 모델링>

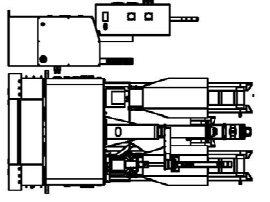
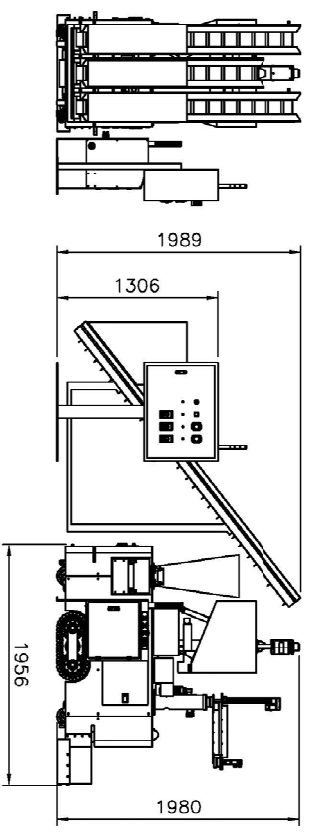
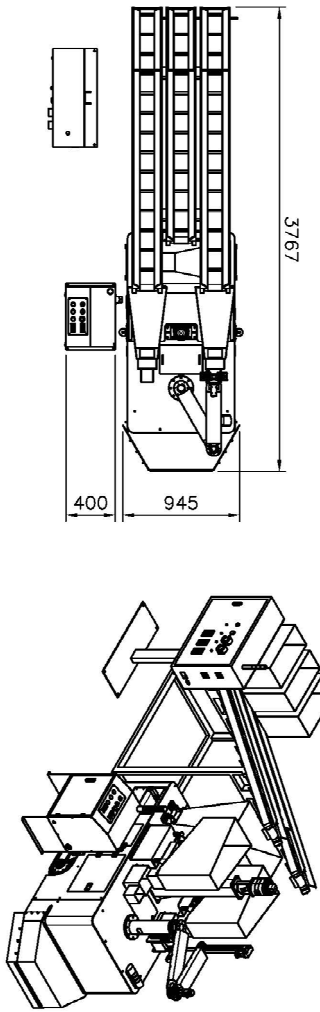
<전자제품 3D 모델링 구성>



<자율주행 플랫폼 3D 모델링 및 제작>

▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽

▽/▽/▽/▽/▽/▽/▽/▽/▽/▽



키워드 : 지평 US B PA1(RSD 2709-1) 사용  
 2. SMR21 XARE SMD CO2  
 3. SMR21 XARE RBE RO2

Potenit Co., Ltd.

△				
△				
△				
△				
△				
△				
△				
△				
△				
△				

수령처 : 서울특별시 강남구 테헤란로15길 11-1009A, B, 1009-2009A, 1, 2  
 수령처 : 서울특별시 강남구 테헤란로15길 11-1009A, B, 1009-2009A, 1, 2  
 수령처 : 서울특별시 강남구 테헤란로15길 11-1009A, B, 1009-2009A, 1, 2

PROJECT	PROJECT	PROJECT	PROJECT	PROJECT
APP'D	SJLEE	TITLE	FEEDING BASKET BRACKET	
CHK'D	WJSEN	DATE	SCALE	PROJECT
DRAWN	WJSEN	DRAWN NO.	PU-FERO-100C-S000	

<이동로봇 설계도 - 전체도면>

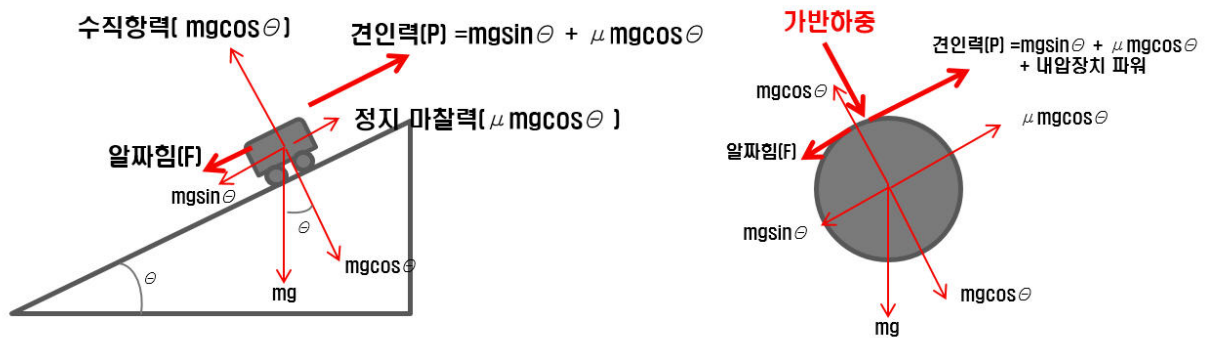
### (1) 평지 및 경사각 주행을 주행 시스템: 모터선정이론

동력차의 견인력은 전동기에서 발생하는 회전력이 차륜에 전달되어 차륜면에 발휘되는 힘을 말한다. 이때의 견인력은 차량의 특성, 차륜과 레일간의 상태 및 점착계수, 차량연결량수 등에 의해 지배를 받게 되며 이 크기에 따라 열차운전의 제한요소가 결정되게 된다. 동력차가 견인력을 발휘하여 가속하기 위해서는 동력차의 진행을 방해하는 열차저항을 이겨야 하기 때문에 견인력은 열차저항보다 커야할 필요가 있다.

1. 경사도 구동 시스템 계산 검토

2. 경사도에서 물체가 움직이는 순간 힘의 벡터량

- 수직항력(N) :  $mg\cos\theta$
- 최대정지 마찰력 :  $\mu mg\cos\theta$       $\mu$ : 정지마찰 계수
- $mg\sin\theta$  = 정지마찰력
- 빗면 방향의 중력 :  $mg\sin\theta$
- 물체가 빗면 방향으로 받는 알짜힘(F) :  $mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta$
- 물체가 받는 가속도 :  $F = ma = mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta$   
 $a = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$



<가반하중을 고려한 모터 선정>

### (2) 가변 휠트랙 주행 시스템

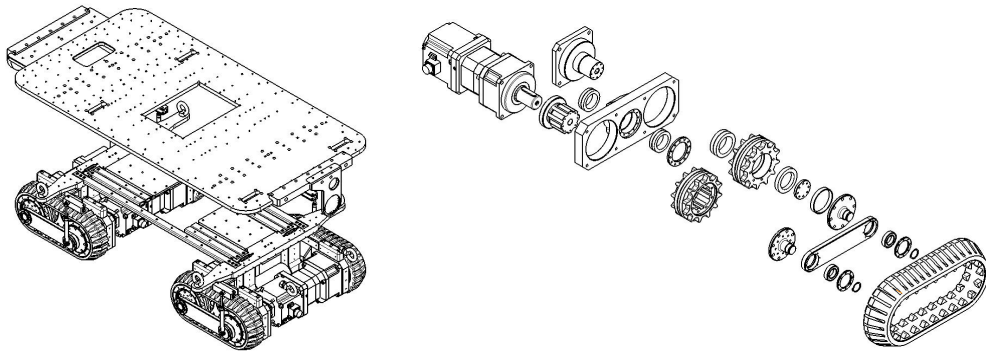
본 과제에서는 차체를 구성하는 프레임에 견고하게 고정되지 않고 자유롭게 회동되는 별개의 부품으로 형성되는 차륜지지용 휠 브라켓을 구비하여 차체에 탈착이 용이하면서도 축사 내의 접촉면 상태에 따라 자유롭게 유동이 가능하며 조향능력과 주행능력을 향상시키고 유지보수를 용이하게 할 수 있을 가변 휠 트랙 주행 시스템을 개발하였다. 아래 그림은 가변 휠트랙 메커니즘을 이용한 자율주행 로봇 플랫폼 하부 시스템과 제작된 가변 휠트랙 메커니즘을 나타낸다.

### (3) 가변 휠트랙 주행 시스템의 특징

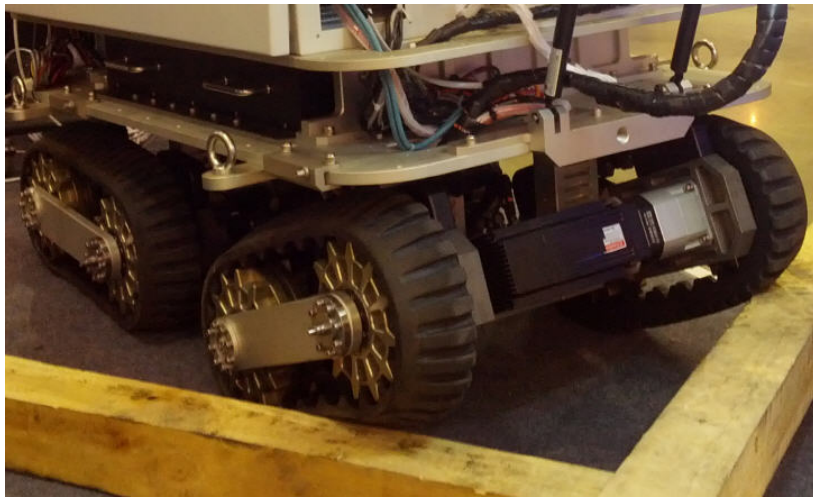
- 일정한 수의 바퀴 둘레를 연장하여 이루어지는 하나의 트랙 단위로 차체를 구성하는 프레임의 휠 브라켓 고정축에 독립적으로 장착되기 때문에 차체에 탈부착이 용이하여 유지보수가 용이하다.

- 자신은 회전하지 않고 프레임에 고정되게 설치되는 브라켓 고정축에 베어링을 통해 상대회전이 가능하게 연결되는 차륜 지지용 휠 브라켓이 프레임과는 별개의 독립적인 부품으로 형성되기 때문에 수평센서를 구비하지 않더라도 다양한 주행환경에 유연하게 적응할 수 있는 효과가 있다.

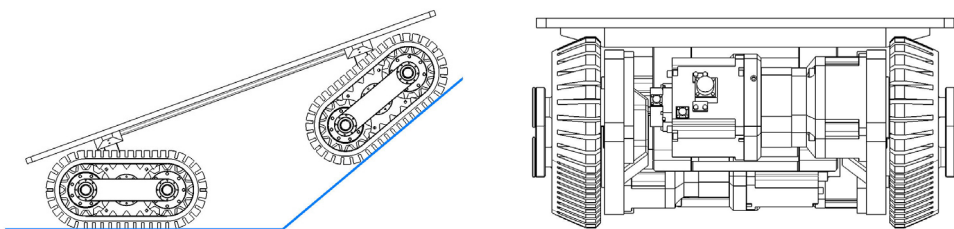
- 차체를 구성하는 프레임의 전후에서 상대회전하는 바퀴들을 서로 고정하여 연결하는 대신에, 축사 내의 주행환경에 따라 차체가 유동하는 경우 바퀴들이 상대회전이 가능하도록 베어링을 내장한 휠 고정캡을 구비하여 트랙을 구성하는 일정한 수의 바퀴들을 안정적으로 지지할 수 있으면서도 마모를 방지하여 제품불량을 방지 하는 효과가 있다.



<가변 휠트랙 하부>



<가변 휠트랙 메커니즘 시제품>



<가변 휠 트랙 메커니즘 대표도>

- 적용모터 HF-SP2034(BK)의 사양은 다음과 같으며 최대 토크는 19.1Nm이며 정격토크는 6.47Nm로서 2000rpm까지는 토크가 일정하게 유지되는 특성이 있다. 모터에 연결된감속기는 45:1의 감속비를 갖고 있으며 최대 RPM은 67정도가 된다. 또한 적용모터는 IP67의 규격을 만족하고 있어 다수의 분진과 오염이 발생할 수 있는 환경에서도 오작동의 발생가능성을 최소화할 수 있다.

- 하부 트랙시스템은 2륜 구성의 고무트랙으로 구성되며 하나의 MDS에는 각각 4개의 트랙이 탑재되어 독립적으로 제어되도록 구성되어 있다. 트랙을 구동하는 스프라켓은 210mm의 외경으로 설계되었으며 약 20mm 두께의 고무트랙으로 유효 회전직경은 약 250mm가 된다.

- 휠트랙에 사용된 재질은 클로로프렌(CR)이고 심선은 폴리에스터를 사용하였다. 사용된 폴리에스터는 12줄이며, 10개의 다발로 된 1줄의 직경은 1.2~1.5mm이다. 휠트랙 재질의 경도는 HS75이다. 다음은 표는 클로로프렌 사양에 대해 설명한다. 클로로프렌 고무는 천연 고무 및 다른 합성 고무에 비해 많은 우수한 특성을 가지며, 다양한 용도로 사용되고 있다. 특히 최근에는 토목·건축 관계, 정밀 부품 등 그 가능성을 펼치고 있다. 클로로프렌 고무는 내후성, 내오존성, 내유성, 내마모성, 난연성, 내열성, 강력한 응집력 등 우수한 특성을 균형 있게 가지고 가공성이 좋다.



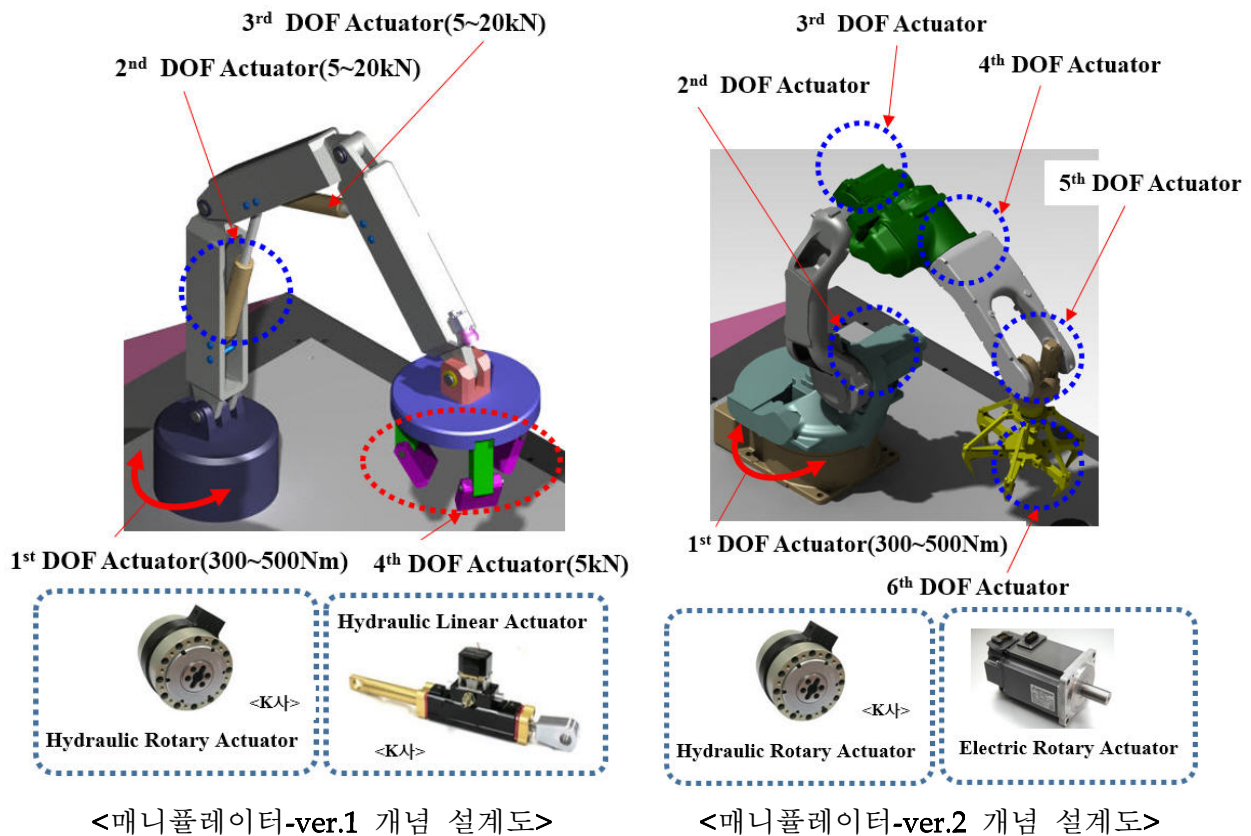
<휠트랙 제품>

○ 축사내 바닥기초 시설 조건

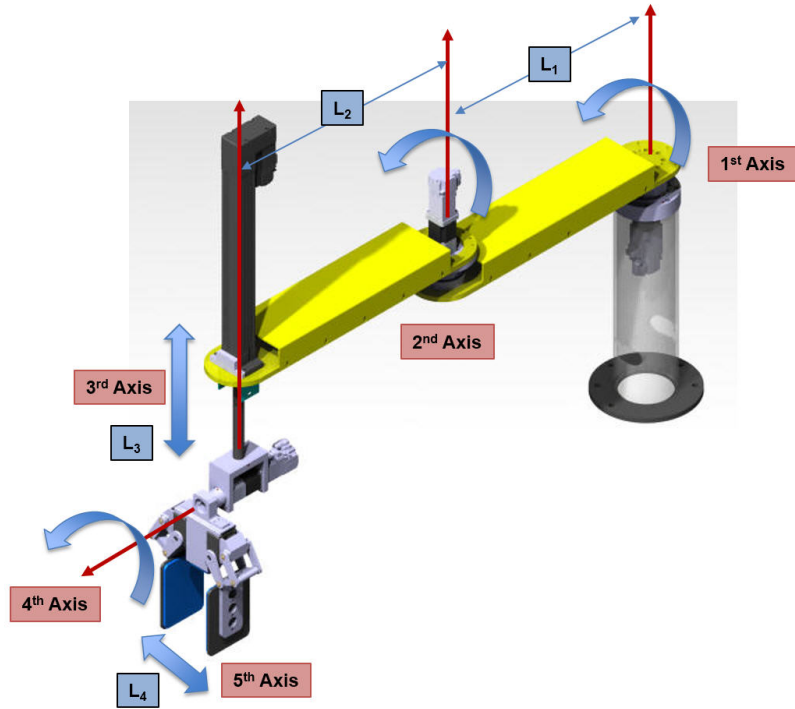
No.	조건	사양	비고	초과시 대안
1	오르막 경사	Max.20°	가변휠트랙 사용	- 구동부(모터) 과전류 알림 - 장애물 안전센서 알림 - 거리(속도)데이터의 타임딜레이(설정값 기준) 신호를 통해 멈춤/알람 표시
2	내리막 경사	Max.20°		
3	허용단차(높이)	10mm	캐스터의 스프링 압축량 기준	
4	허용폭	30mm	휠 직경의 1/4	

## 나. 측사용 매니플레이터 개발

아래 그림은 1차년도에 모델링 한 로봇 매니플레이터의 컨셉 모델링을 나타낸다. **ver.1**은 3자유도 관절과 말단장치에 하나의 자유도가 더해지는 구조를 가지며, 유압식 리니어 액추에이터를 이용하는 컨셉을 나타낸다. **ver.2**는 5자유도 관절과 말단장치에 하나의 자유도가 더해진 구조를 가지며, 유압과 전기 액추에이터가 혼합된 구조로 컨셉을 잡았다.

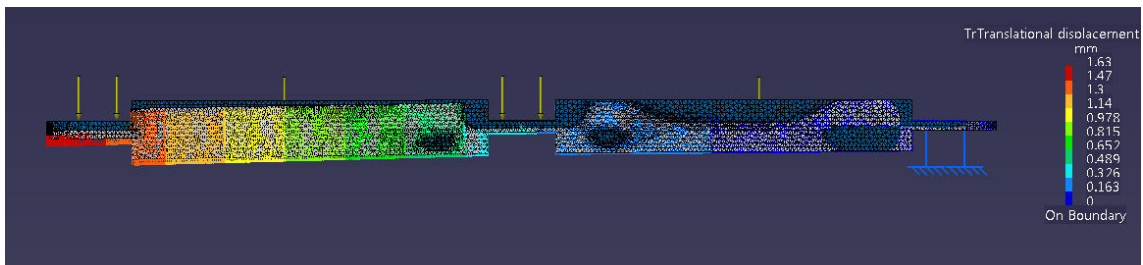
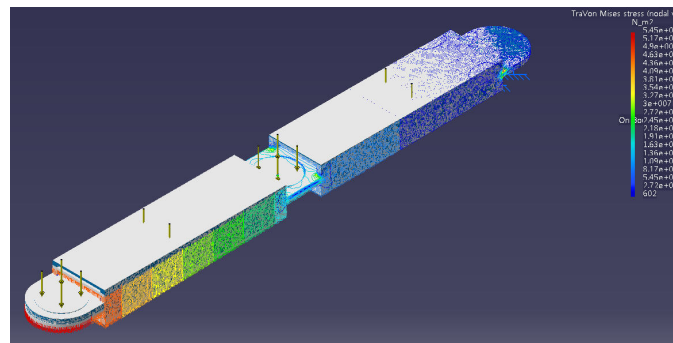


아래 그림은 2차년도에 개발된 로봇 매니플레이터의 상세 설계도와 메인 프레임에 대한 해석 결과를 나타낸다. 4개의 자유도 관절을 가지며 말단장치에 하나의 자유도가 더해지며, 10kg의 페이로드를 만족하는 전기식 액추에이터 구동 로봇 매니플레이터를 제작하였다. 여기서,  $L_1=600\text{mm}$ ,  $L_2=600\text{mm}$ ,  $L_3=400\text{mm}$ ,  $L_4=160\text{mm}$  이다. 3축은 상하 병진 운동을 하는 리니어 시스템으로 구성되어 있으며, 구동을 위해서 리니어서보액추에이터가 사용되었다.

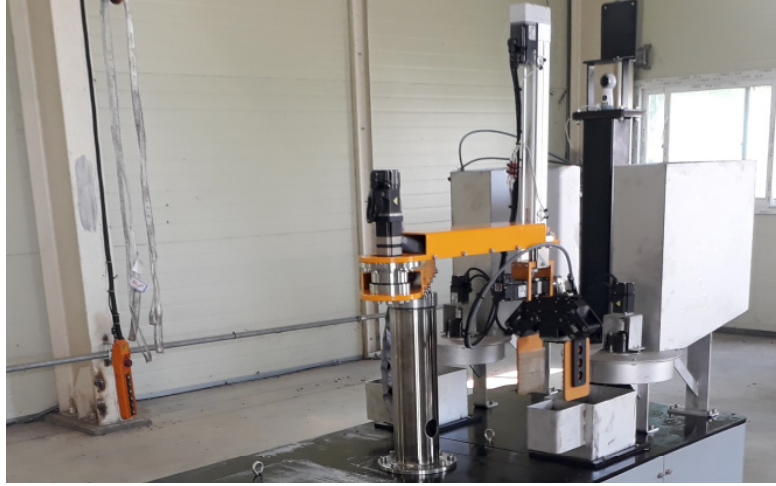


<5축 매니플레이터>

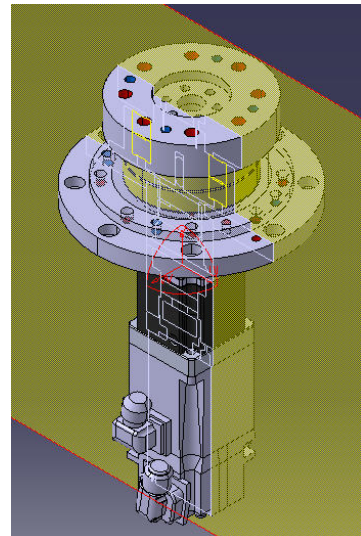
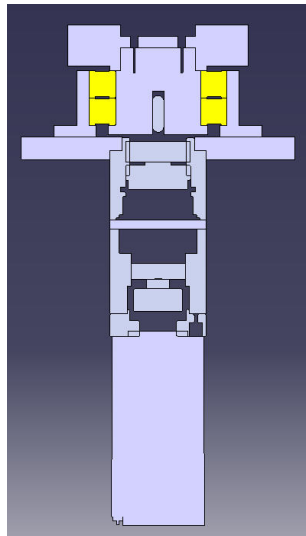
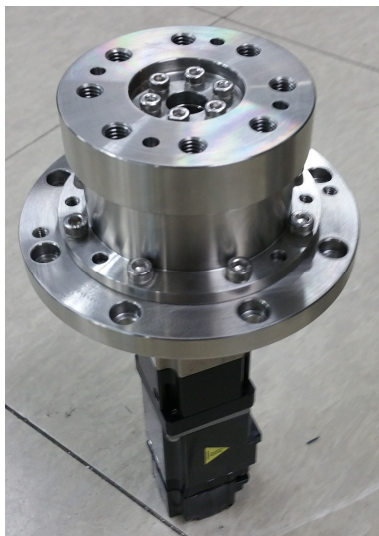
개발된 그리퍼는 두 개의 서보모터를 이용하여 구동되면, 사절링크 메커니즘을 통해서 회전운동을 직선운동으로 변화되는 구조를 가지고 있다. 그리퍼의 최대 간격은 160mm, 최소 간격은 80mm 이다. 마찰력을 고려한 Gripping force는 최대 10kgf 이다.



<5축 매니플레이터 - 메인 프레임 FEA>



<로봇 플랫폼에 장착된 매니플레이터>



<매니플레이터 구동부 모듈 설계 및 제작>



<로봇암을 위한 리니어액추에이터 출력 계산>

INPUT/OUTPUT									
I/O	내용	기호	data_1	단위	data_2	단위	data_3	단위	비고
IN	Nominal torque	$M_a$	320	mNm	0.32	Nm	3.2	kgf.cm	
OUT	모터 토크(기어드)	$M_{mot}$	320	mNm	0.32	Nm	3.2	kgf.cm	
IN	리드	$p$		5	mm				
IN	파이	$\pi$	3.141592654	rad					
IN	스핀들 효율	$\eta_1$	0.94	-					-입력값
IN	기어 효율	$\eta_2$	1	-					-일반기준
IN	기어비	$i$	1	-					
IN	출력 속도	$n$	3000	rpm	50	rev/sec	18000	deg/sec	
OUT	출력 속도(기어드)	$n_{gear}$	3000	rpm	50	rev/sec	18000	deg/sec	

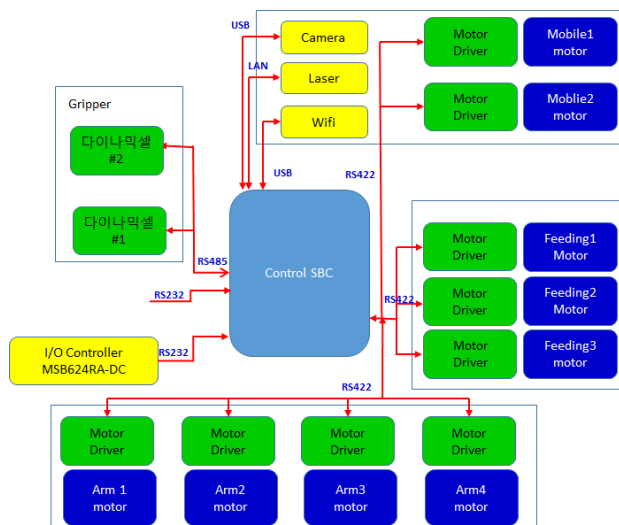
OUTPUT									
I/O	내용	기호	data	단위	비고				
OUT	피드 속도	$v$	250	mm/s	-기어를 부착하지 않은 상태				
OUT	피드 속도(기어드 모터)	$v_{gear}$	250	mm/s					
OUT	추력	$F_a$	377.9964281	N	-기어를 부착하지 않은 상태				
OUT	추력(기어드 모터)	$F_{gear}$	377.9964281	N					

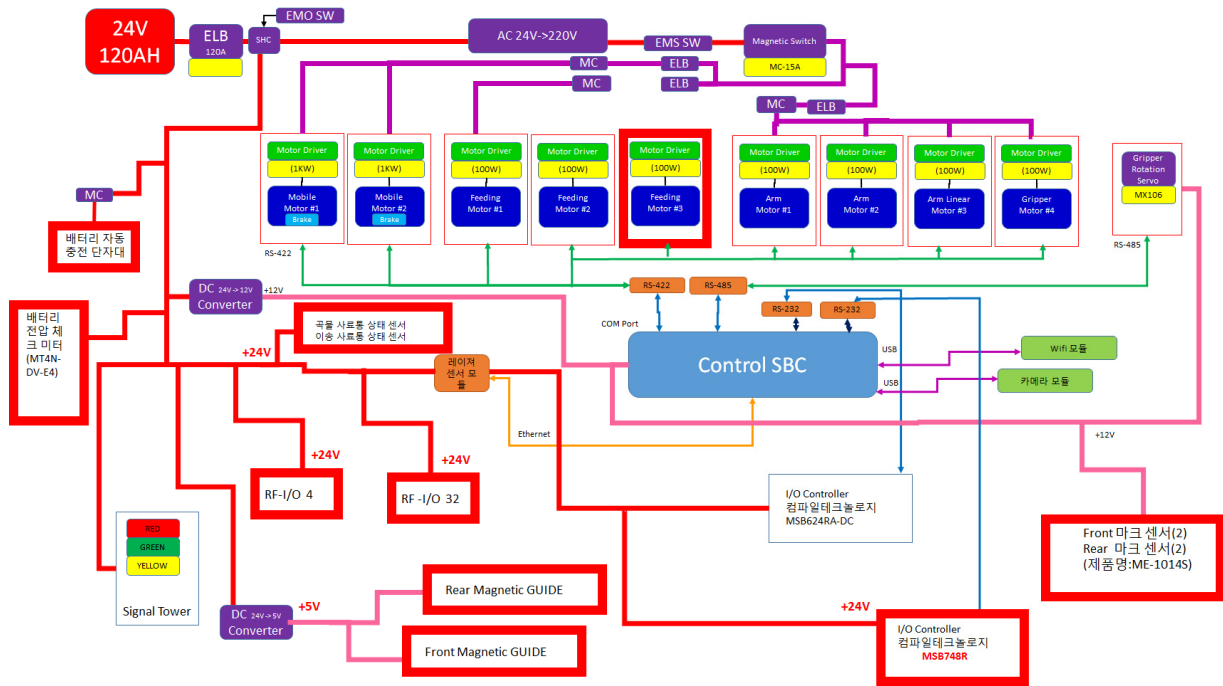
리드스크류 사양									
I/O	내용	기호	data	단위	data_2	단위	비고		
N	외경	$D$	3	mm					
N	골경	$d$	1.9	mm					
N	리드	$l$	1.6	mm					
IN	리드각	$\alpha$	10.38	deg	0.18117	rad			
N	방향	-	-	-			-오른나사/ 1줄		
IN	마찰계수	$\mu$	0.12	-			-일반기준		
OUT	마찰각	$\rho$	6.842773413	deg	0.11943	rad			
OUT	스핀들 효율	$\eta_1$	0.590906567	-					

다. 모바일 플랫폼 제어/전장부 설계

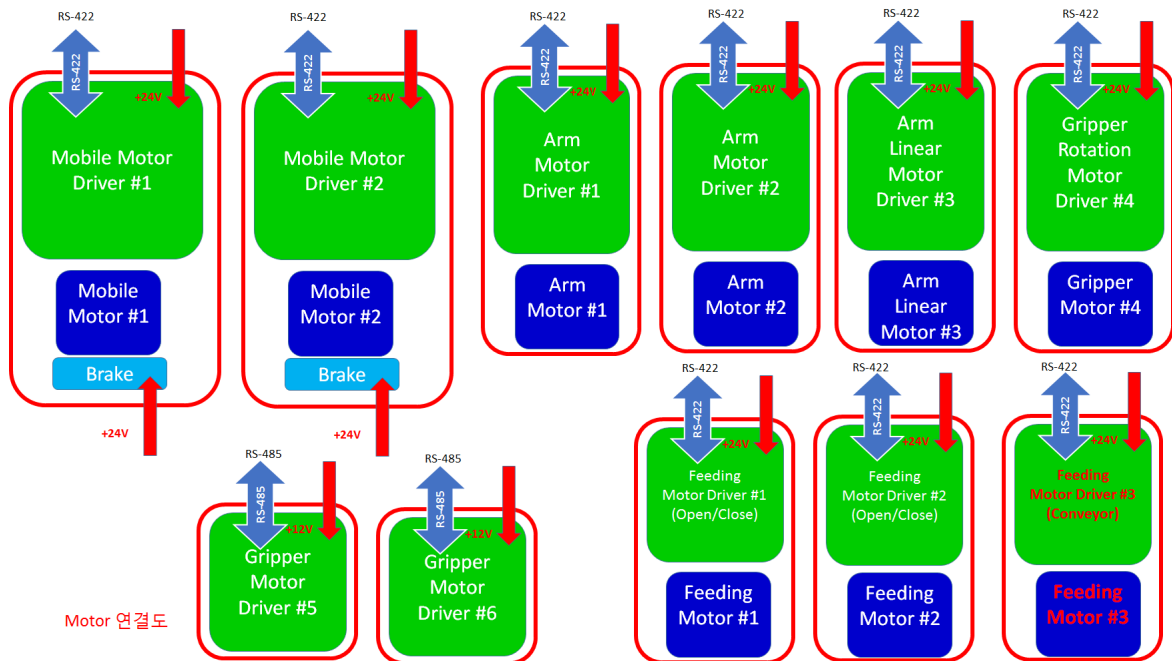
- 제어기와 서보모터, 센서와의 통신 프로토콜 설계



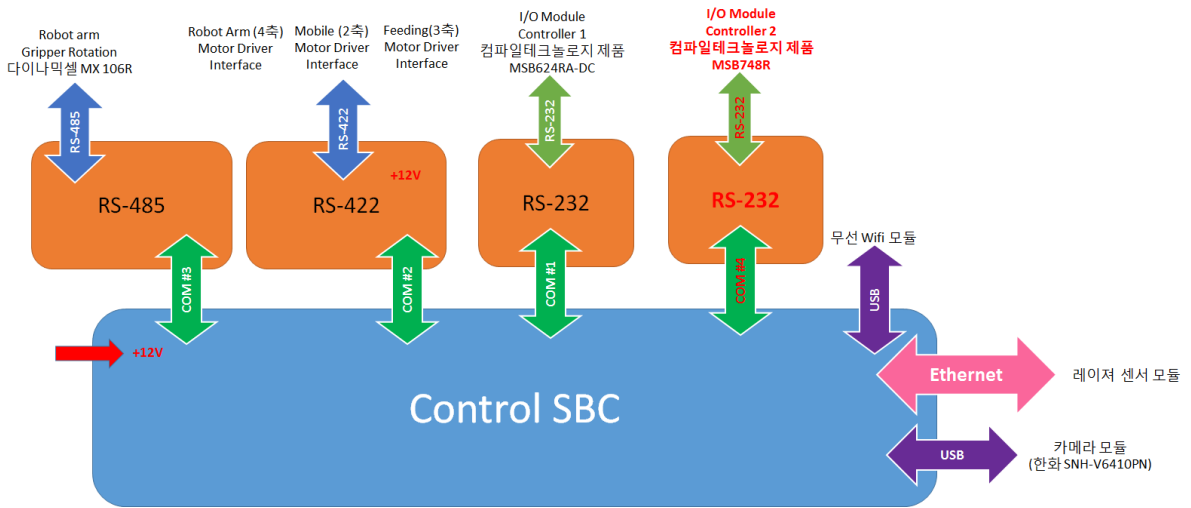
<통신 연결도>



<전체 연결도>



<MOTOR 통신 연결도>



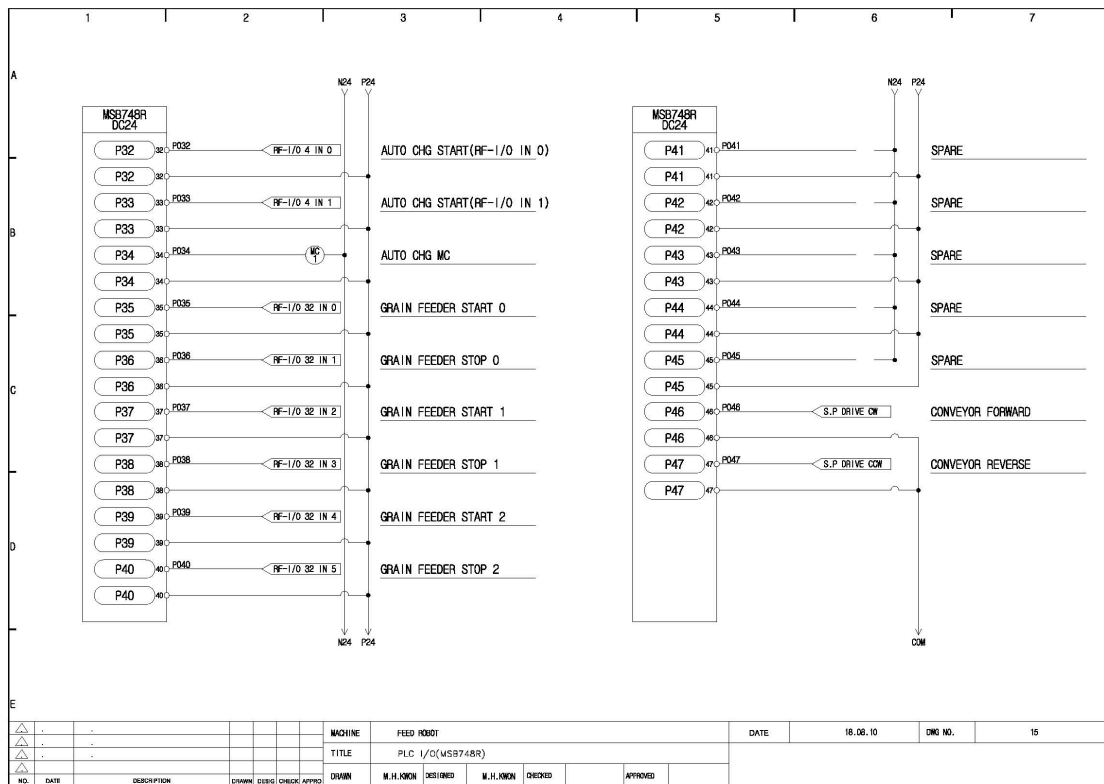
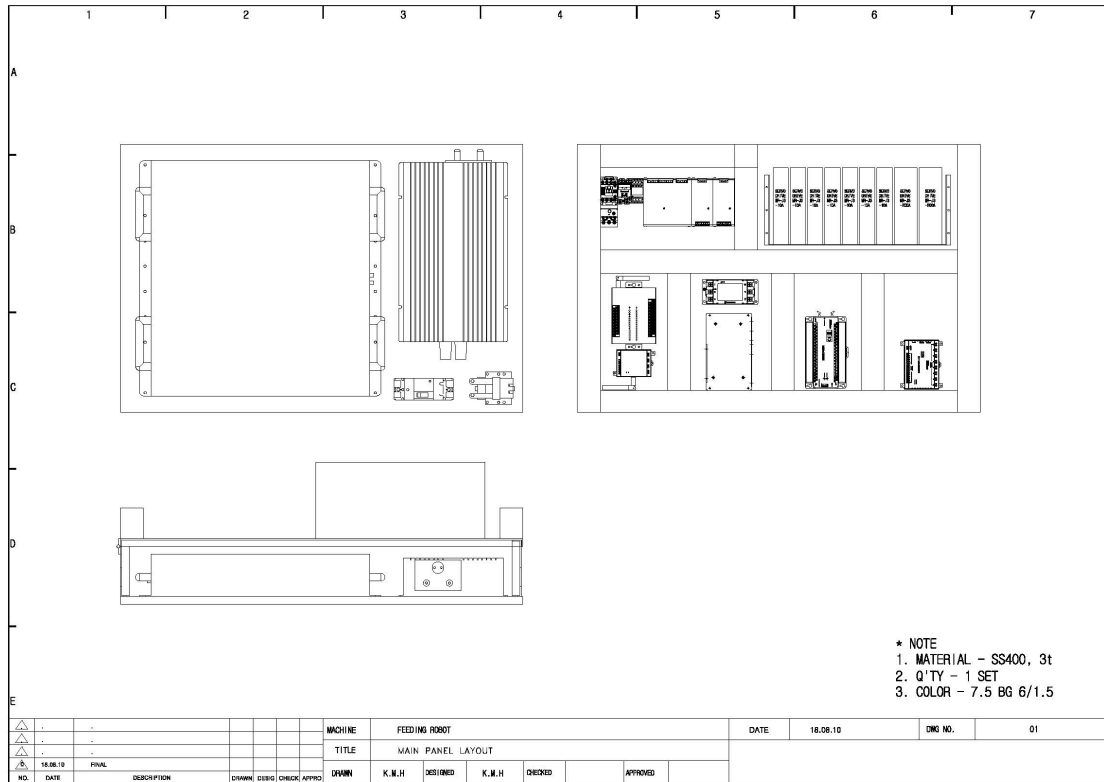
<제어기 통신 연결도>

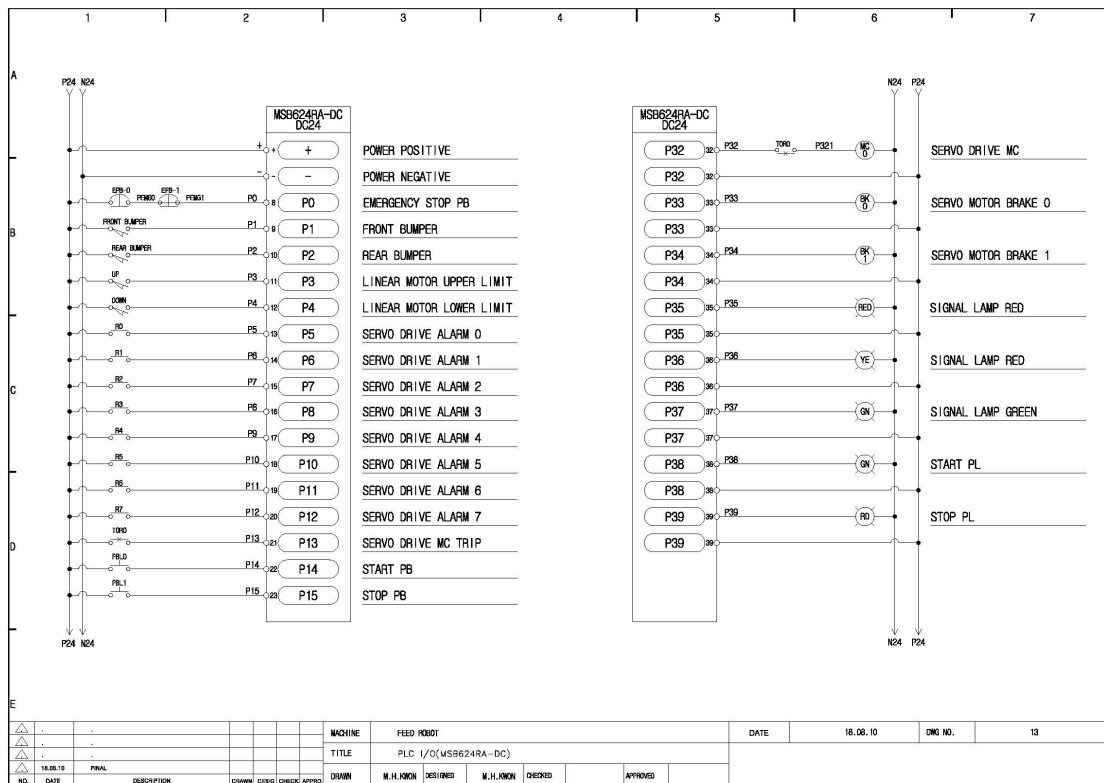
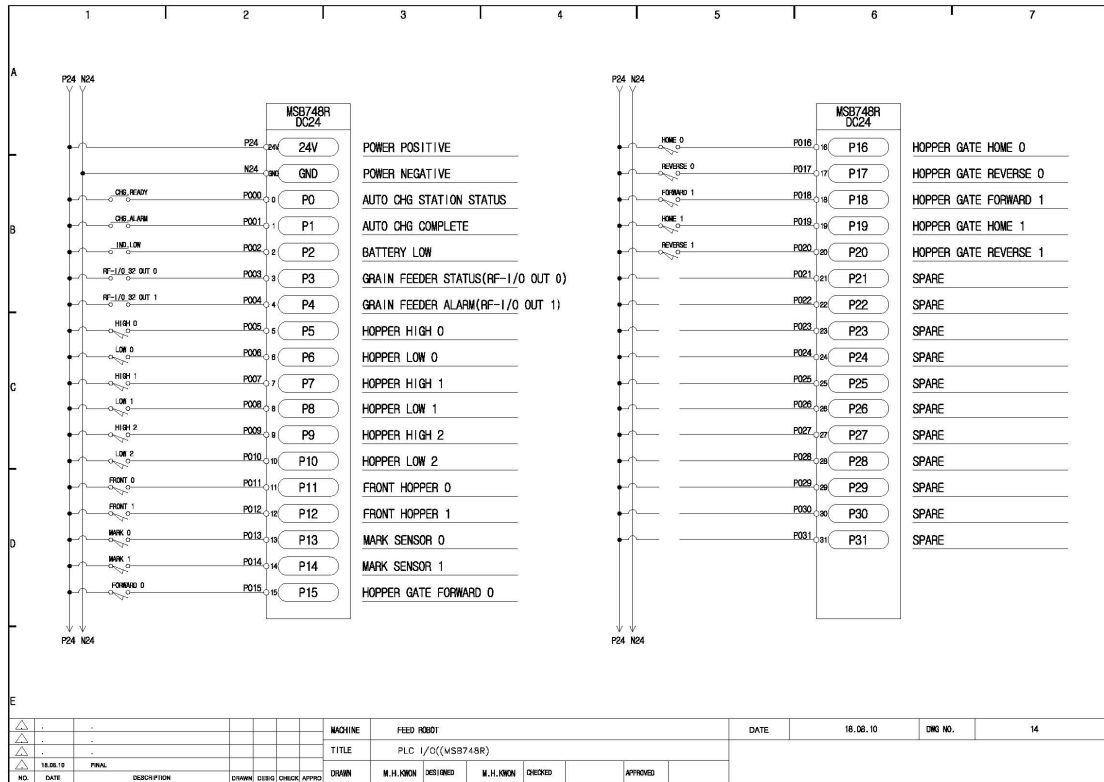
Digital Output	Digital Input	I/O Controller 컴파일테크놀로지 MSB624RA-DC
Servo Motor MC	Emergency Stop PB	
Servo Motor Brake0	Front Bumper	
Servo Motor Brake1	Rear Bumper	
Signal Tower RED	Upper Limit	
Signal Tower Yellow	Lower Limit	
Signal Tower Green	Servo driver alarm 0	
Start PL	Servo driver alarm 1	
Stop PL	Servo driver alarm 2	
	Servo driver alarm 3	
	Servo driver alarm 4	
	Servo driver alarm 5	
	Servo driver alarm 6	
	Servo driver alarm 7	
	Servo drive MC trip	
	Start PB	
	Stop PB	

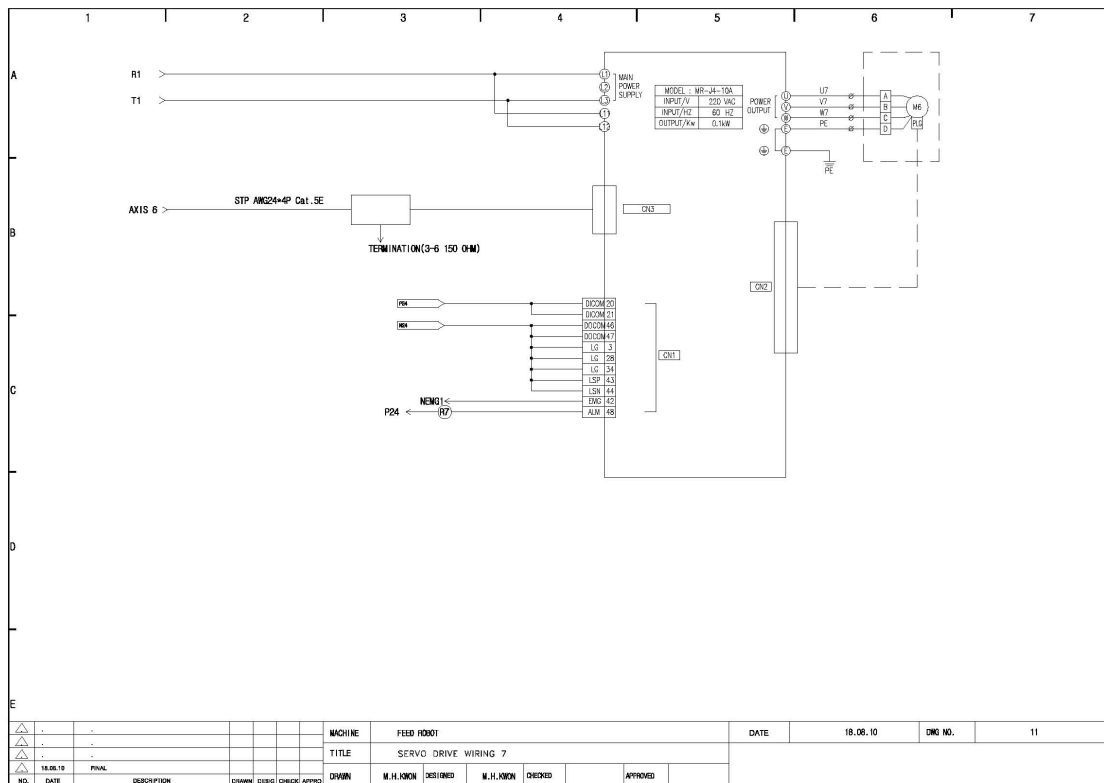
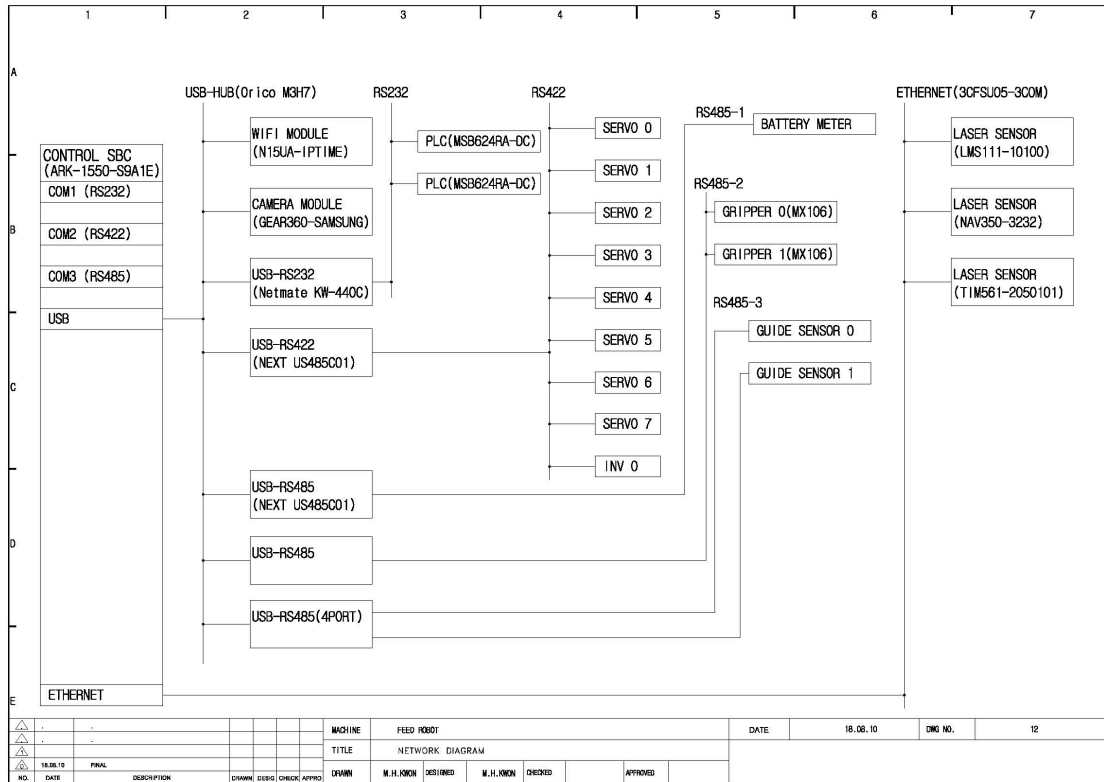
Digital Output	Digital Input	I/O Controller 컴파일테크놀로지 MSB748R
자동 충전 start(RF-I/O 4)	자동 충전 장치 상태	
자동 충전 Stop(RF-I/O 4)	자동 충전 완료	
배터리 충전 단자 MC	배터리 Low check	
곡물 공급 장치1 start (RF-I/O 32)	곡물 공급 장치 작동 상태(RF-I/O 32)	
곡물 공급 장치1 stop(RF-I/O 32)	곡물 공급 장치 알람(RF-I/O 32)	
곡물 공급 장치2 start(RF-I/O 32)	곡물 사료통 1 Full 상태	
곡물 공급 장치2 stop(RF-I/O 32)	곡물 사료통 2 Full 상태	
곡물 공급 장치3 start(RF-I/O 32)	곡물 사료통 3 Full 상태	
곡물 공급 장치3 stop(RF-I/O 32)	이송 사료통1 Full 상태	
사료통 1 start	이송 사료통2 Full 상태	
사료통 2 start	이송 사료통1 Low 상태	
	곡물 사료통 1 Low 상태	
	곡물 사료통 2 Low 상태	
	곡물 사료통 3 Low 상태	
	이송 사료통1 Low 상태	
	이송 사료통2 Low 상태	
	가이드 마크 센서 Front right	
	가이드 마크 센서 Front left	
	가이드 마크 센서 Rear right	
	가이드 마크 센서 Rear left	

<I/O 블럭도>

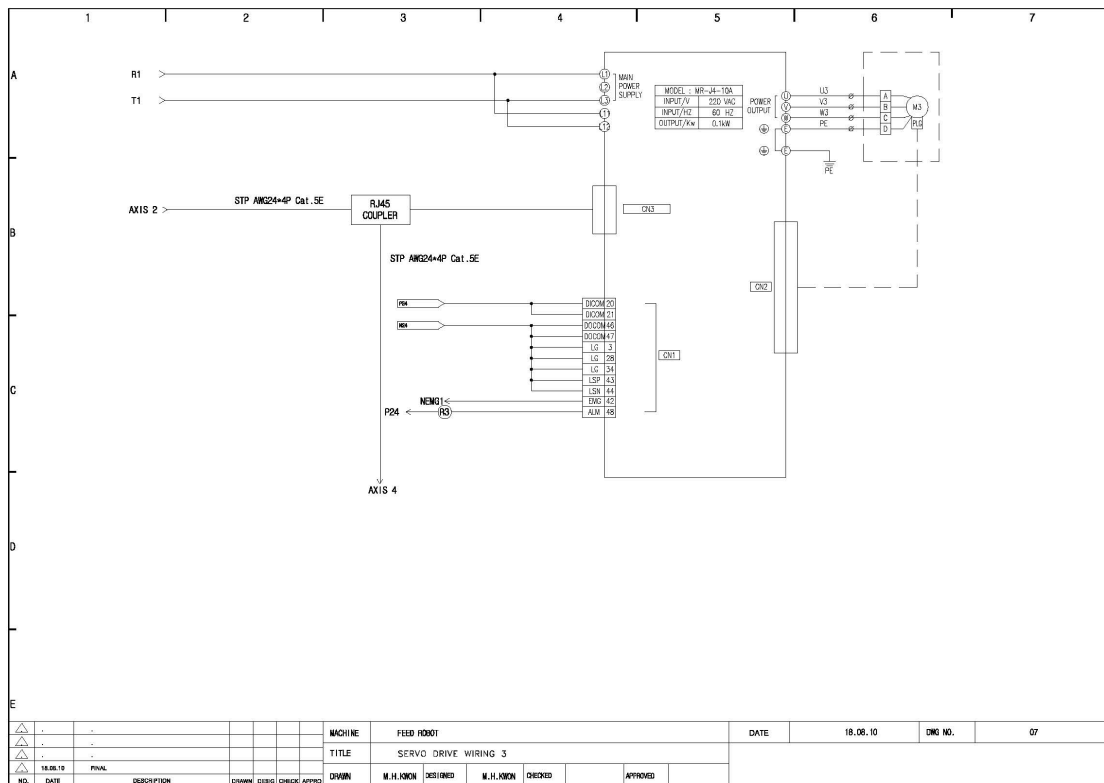
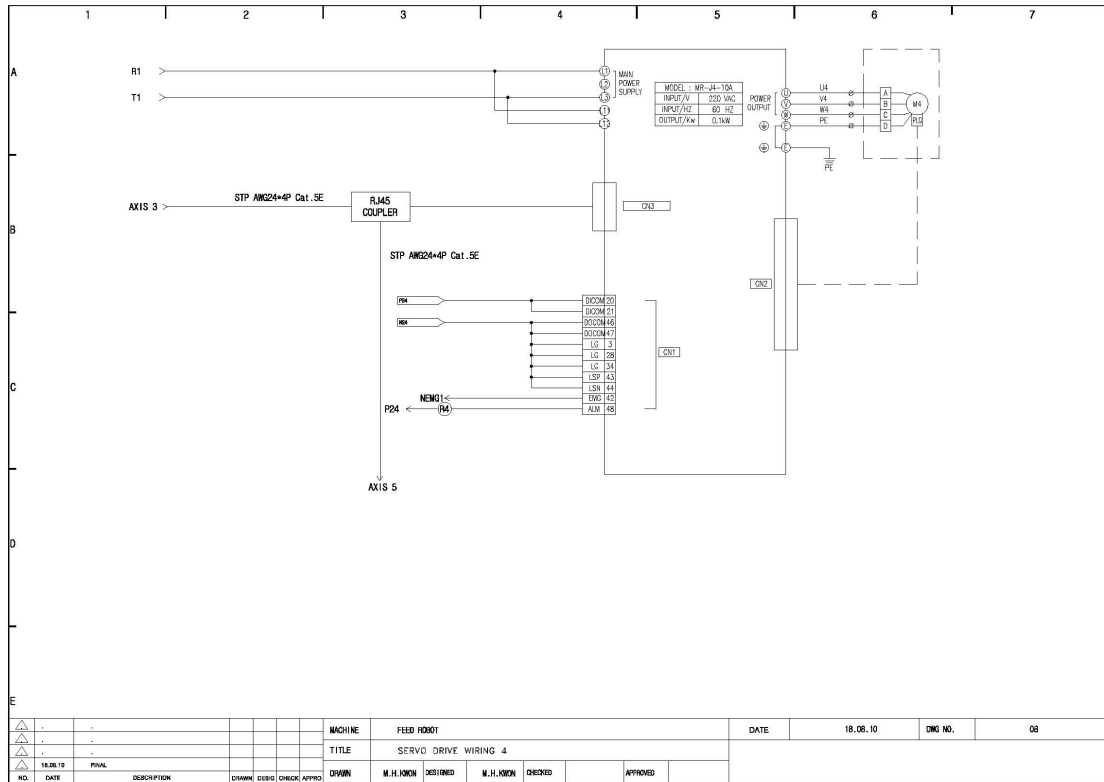
- 전장부 설계도면



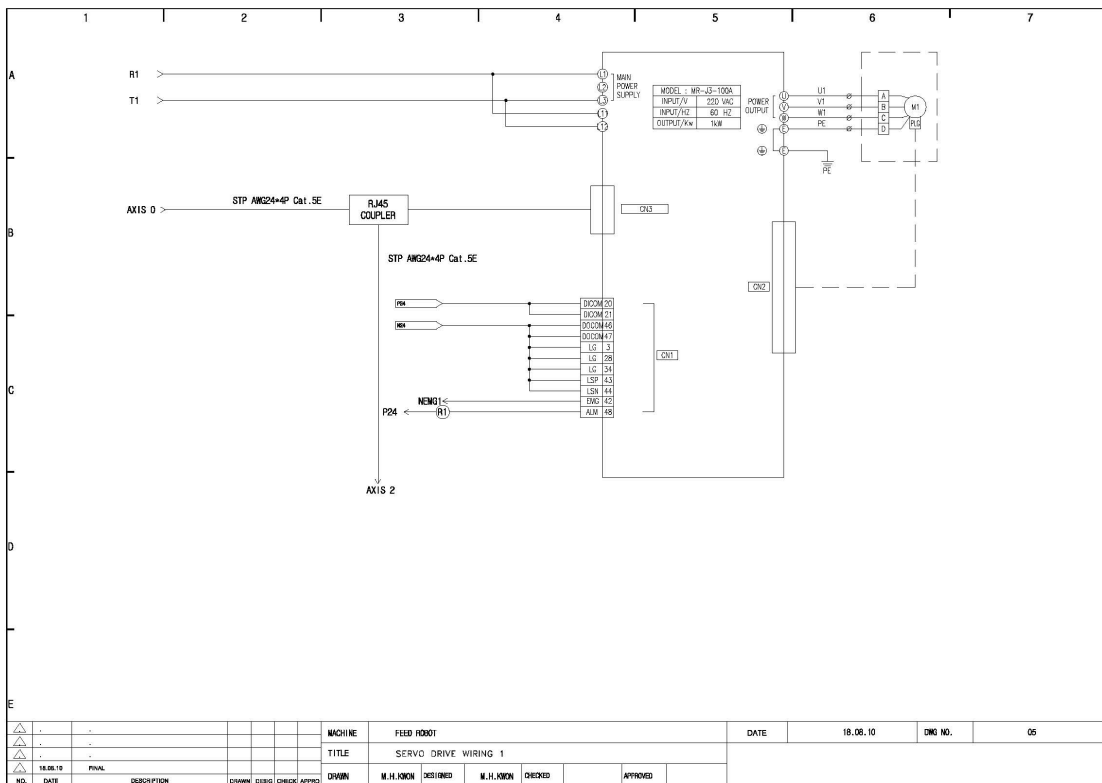
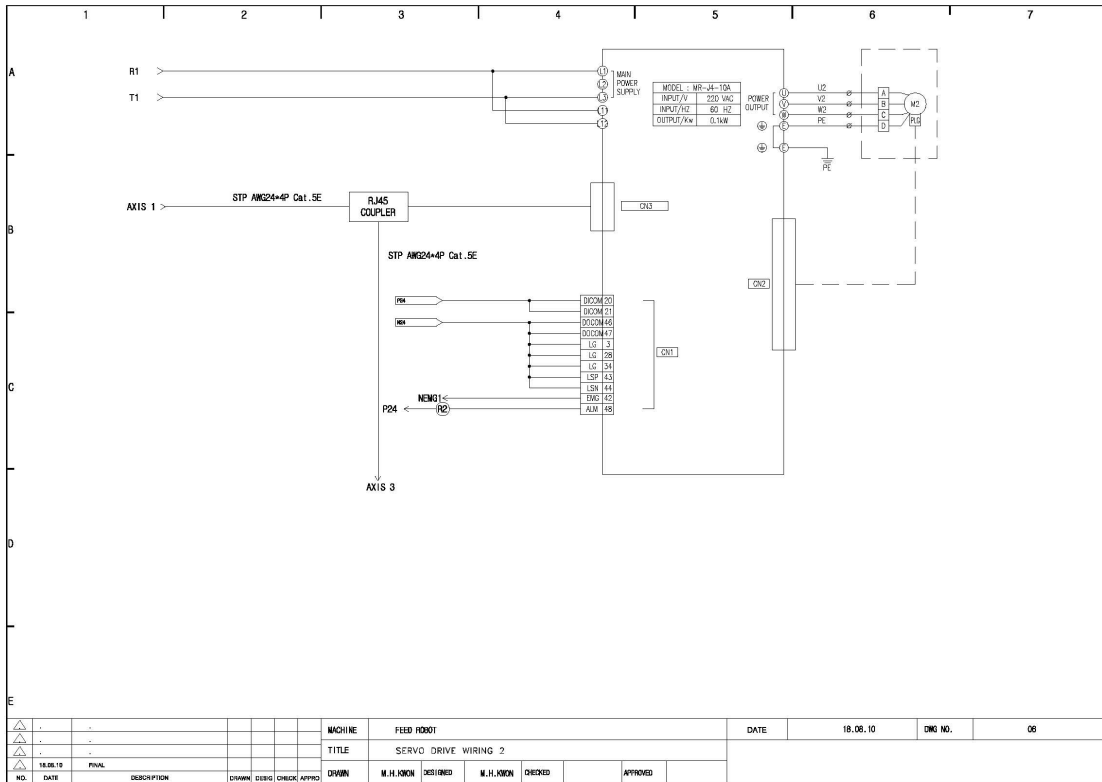


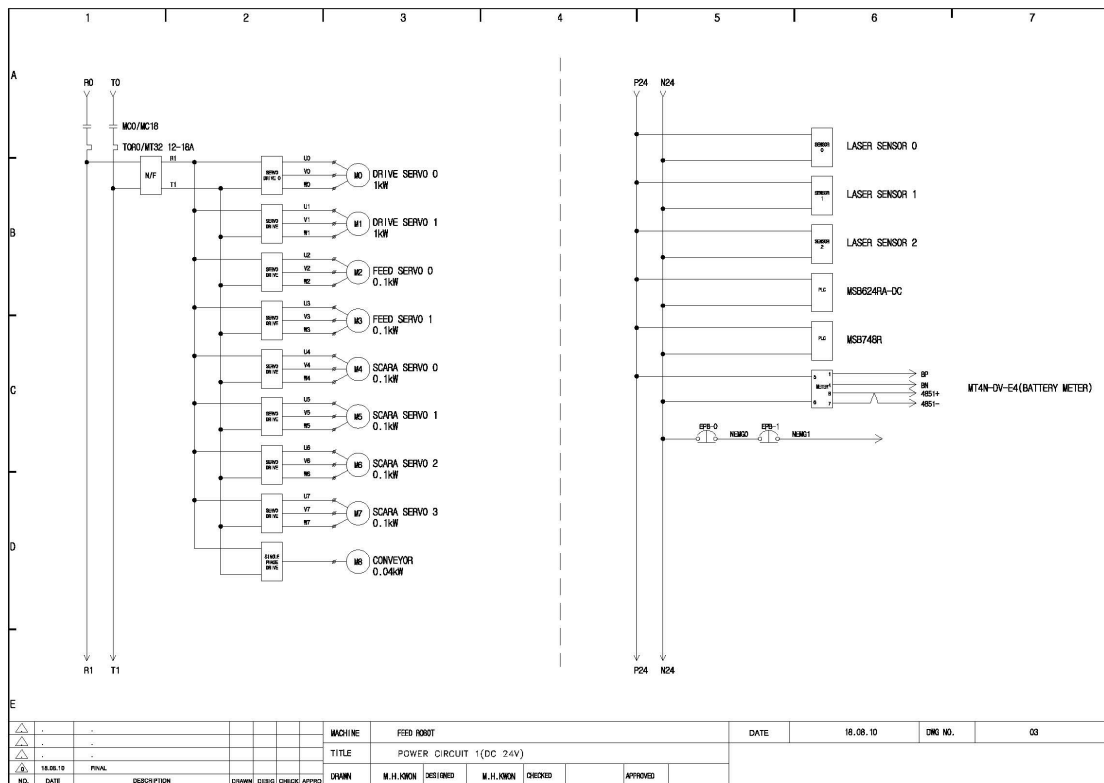
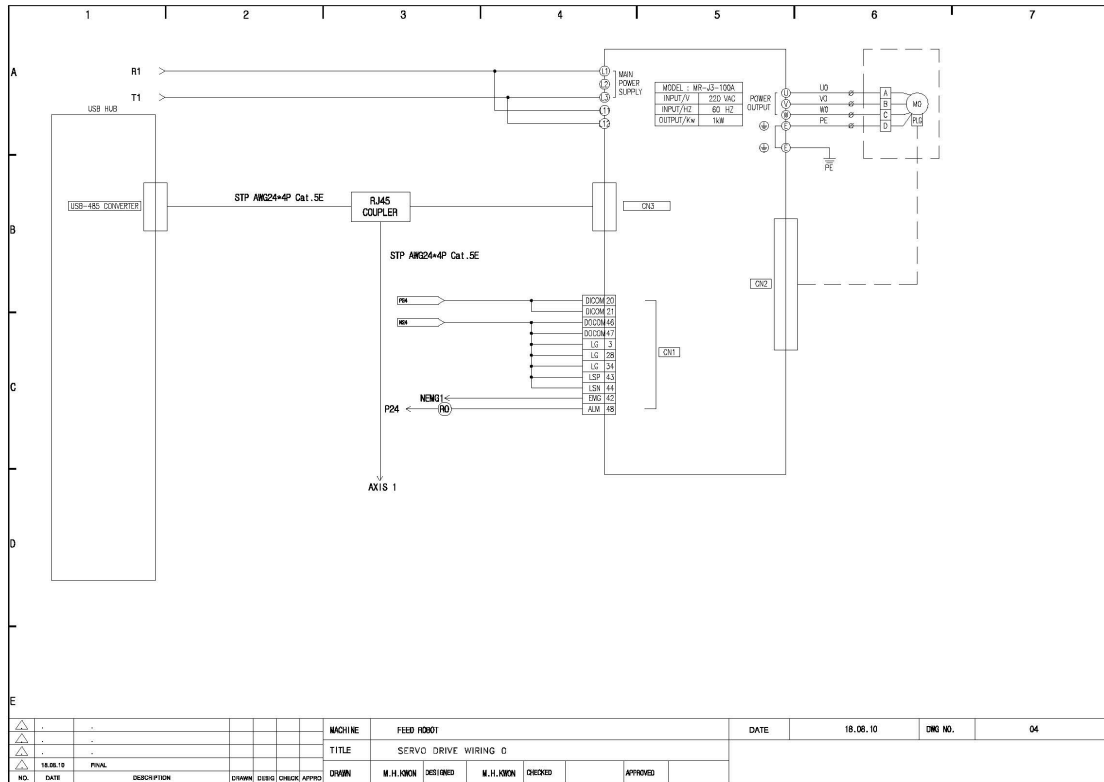


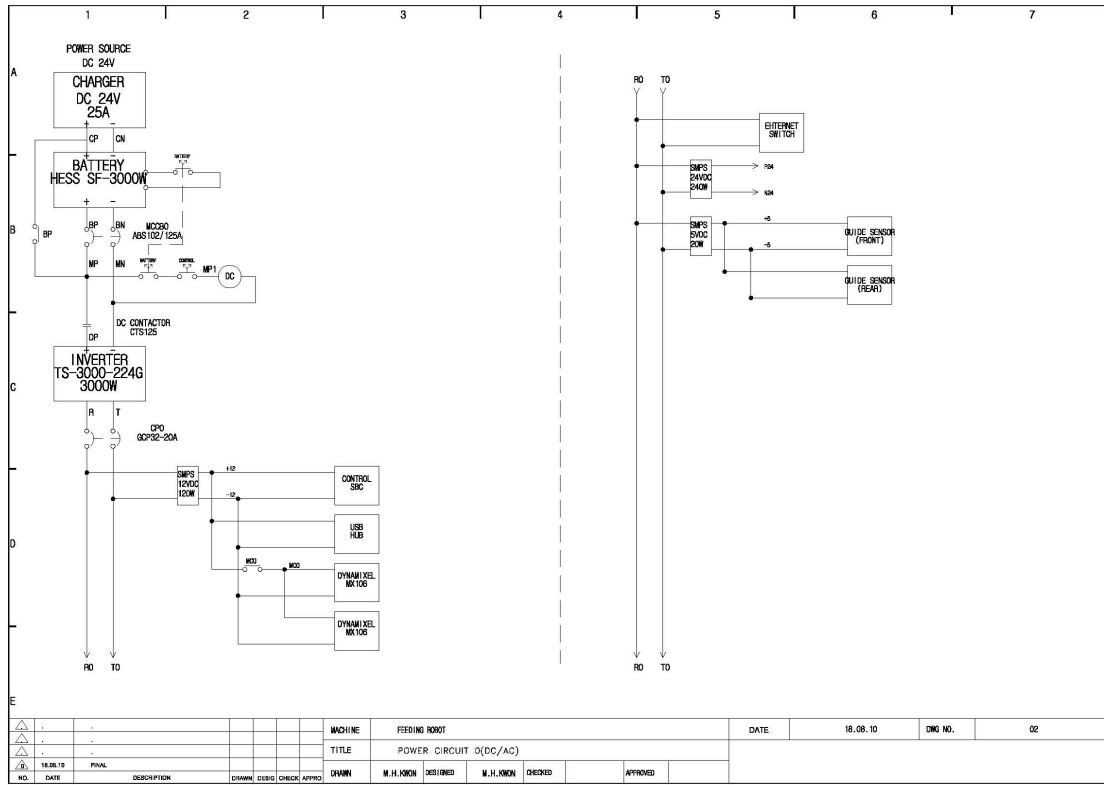










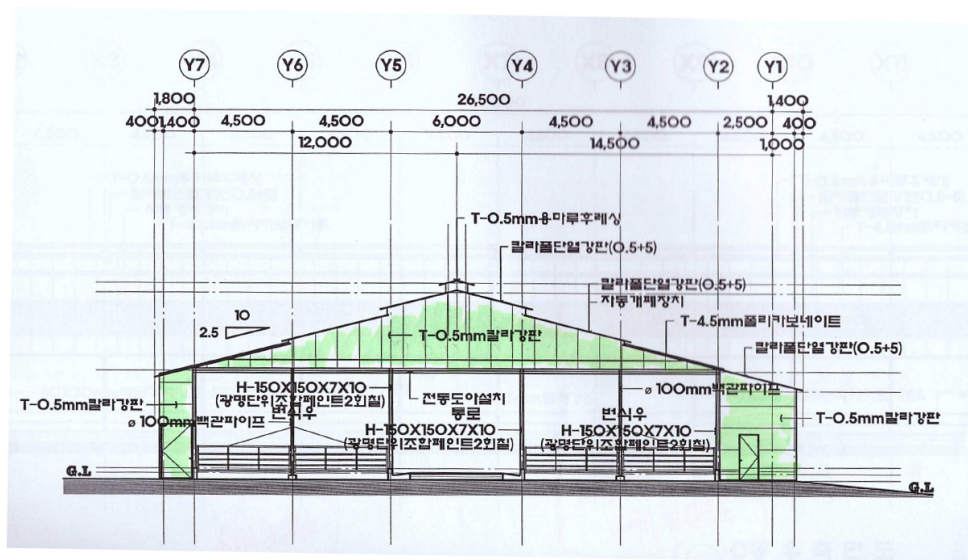


MACHINE		FEEDING ROBOT			DATE	18.08.10	DWG NO.	02	
TITLE		POWER CIRCUIT O(DC/AC)							
NO.	DATE	REVISED	DESCRIPTION	DRAWN	M.H.KONK	DESIGNED	M.H.KONK	CHECKED	APPROVED

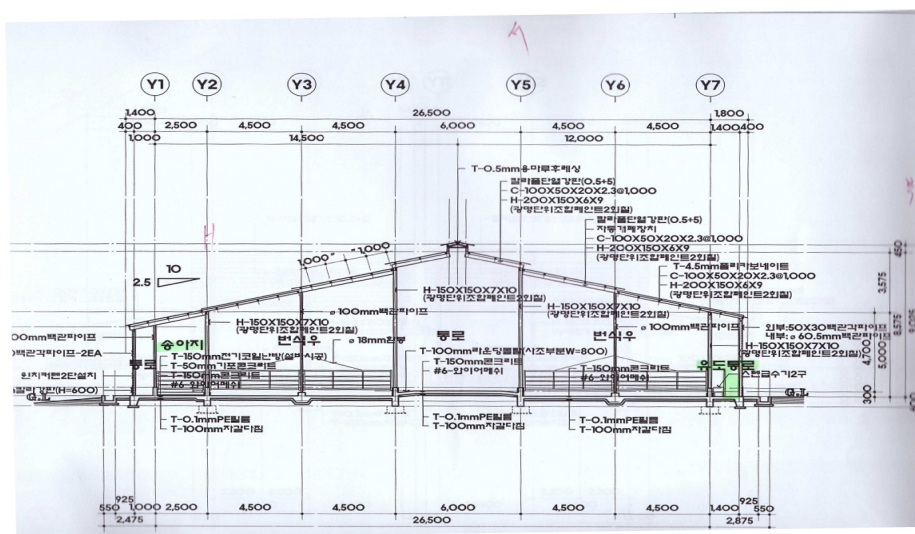
## 라. 축사 환경을 위한 지도작성 기술 개발

- 실제 적용되는 축사 환경을 사전 조사 및 모사하여 실 환경에 적합한 기법 개발
- 반복되는 형태의 축사 구조 및 사료 급여구는 정형화된 환경임
- 다양한 한우 축사의 형태에 대응하기 위해서 대표적인 한우 축사(전남대/나주실습장)를 표준으로 지도작성 및 시험을 위한 사전 조사 도면을 바탕으로 진행
- 표준 축사에서 지도작성 및 이를 기반으로 한 모의시험 환경 구축
- 실제 축사 환경에서 바로 시험을 진행하는 데 한계가 있어 모의시험 환경을 구축을 선행

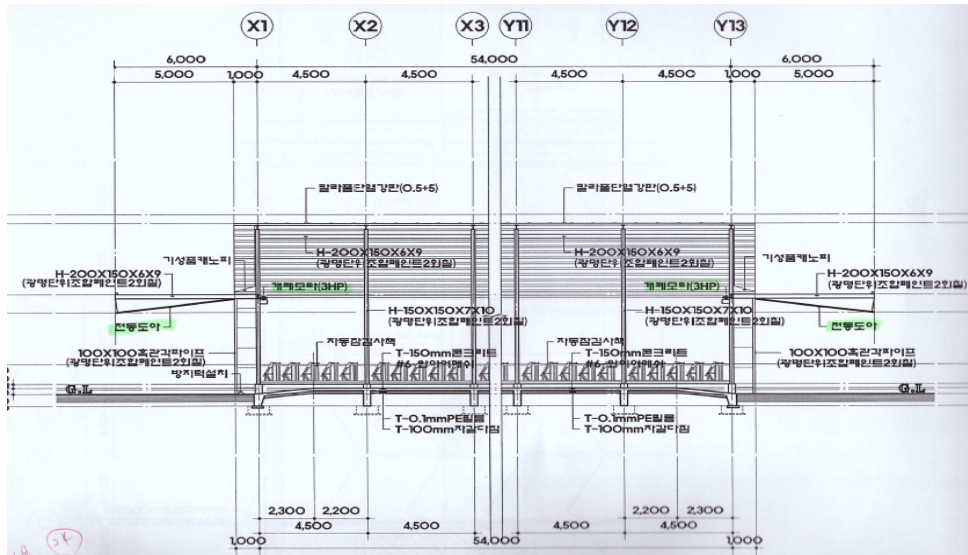
### (1) 축사 시설 현황 조사



<축사 표준 도면 - 구조정면도>



<축사 표준 도면 - 급유구 정면도>

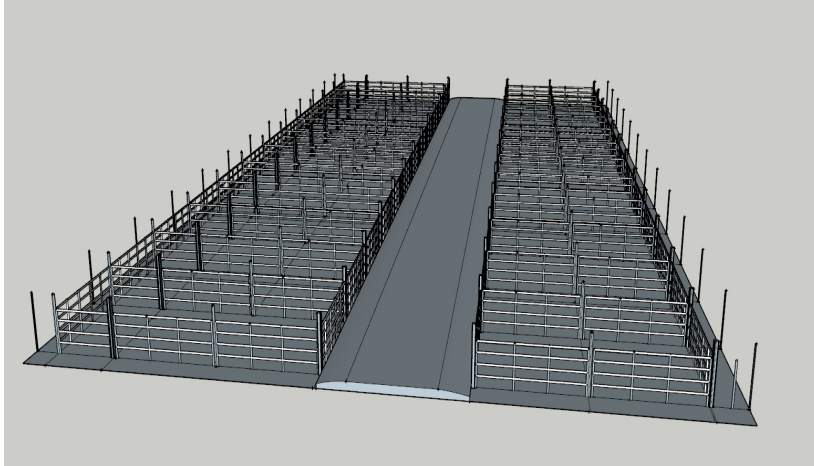


<축사 표준 도면 - 측면도>



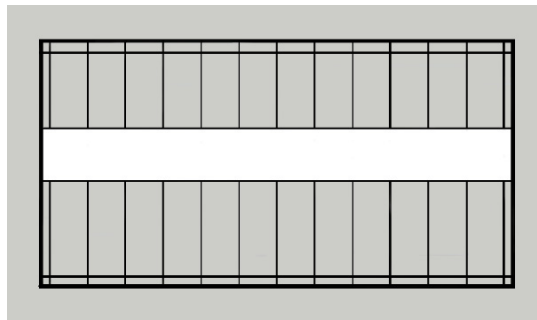
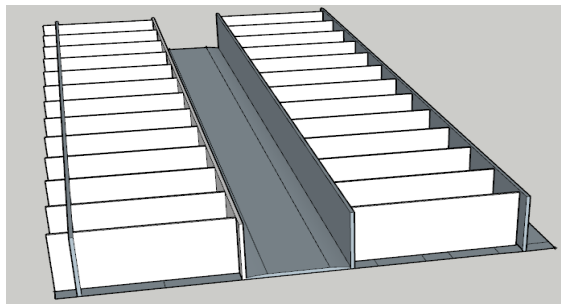
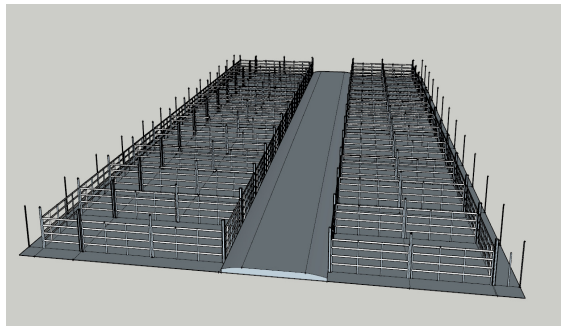
<기존 TMR 배합기 작업>

- 축사의 설계 표준안에 부합하는 설계도면을 기반으로 한 지도 작성
- 축사표준설계도를 기반으로 작성된 축사 설계도면을 바탕으로 기준이 되는 특성을 반영하여 지도 작성



<표준 축사 모델>

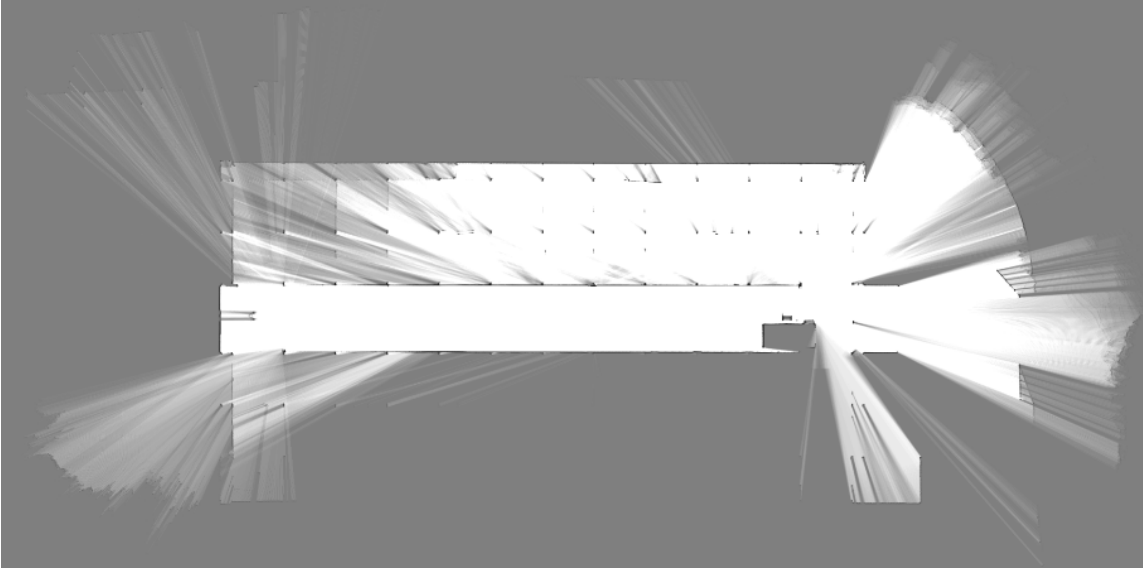
- 위 축사 도면을 기반으로 3D 환경지도 작성 후 자율주행 플랫폼의 하드웨어 및 제어 특성을 반영하여 3D 환경지도의 구성요소를 하나씩 제거
- 구성요소 제거로 단순화된 3D 환경지도를 2D 환경지도로 변환하여 작성



<환경지도의 단순화>

## (2) 측사 환경 기반 지도 작성

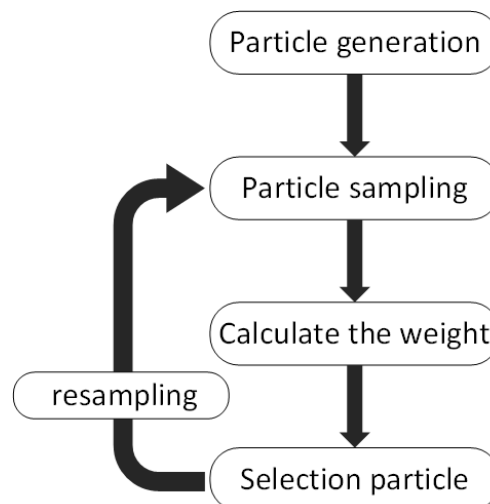
- 측사환경지도를 작성하기 위해 레이저 기반 거리 센서(Laser Range Finder)와 엔코더(Encoder) 스캔-서브맵 매칭(scan - submap matching)기술을 이용하여 지도를 작성
- 자율주행 플랫폼의 위치를 노드로 작성하고 이후 최적화 작업을 통해 지도를 작성하는 그래프-슬램기법(Graph-SLAM) 적용



<최종작성된 측사환경지도>

## (3) 측사 환경에서의 위치추정

- 측사환경지도 내에서 레이저 센서(Laser Range Finder)와 엔코더(Encoder) 정보를 이용하여 위치추정을 수행
- 위치추정을 통해 자율주행 플랫폼은 가장 최적의 파티클 위치를 기반으로 현재 위치를 추정
- 파티클 필터(Particle filter) 기반으로 한 위치추정 프로세스는 다음과 같음



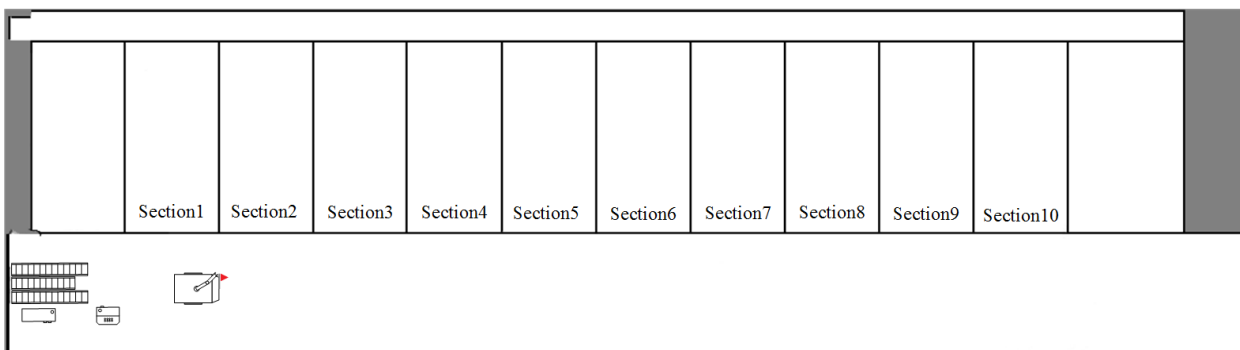
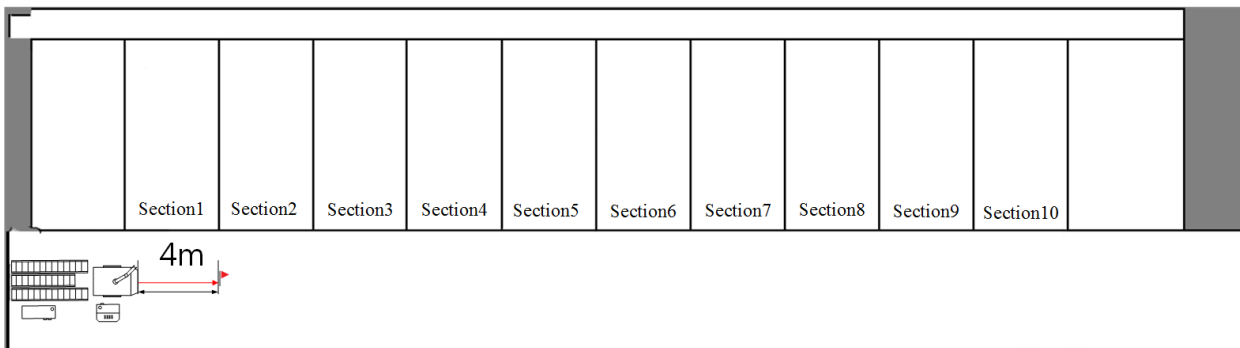
<파티클 필터 기반의 위치추정 프로세스>

- 축사 내 위치추정 시험 환경 및 구성은 다음과 같음



<축사 환경 사진>

- 축사환경의 실측 크기는 가로 55m, 세로 6m임
- 시험 시나리오는 축사 내 자율주행 플랫폼이 주행 가능한 영역 내에서 진행되었음



<위치추정 오차측정 시험을 위한 시나리오>

- 사료급여구간 중 한 구간(4m)을 진행하여 위치 정밀도를 측정



- 로봇의 대기 위치(자동 충전 장치와 도킹하는 위치)를 시작 위치로 하여 자율주행 플랫폼이 4m를 진행
- 자율주행 플랫폼의 위치 추정값과 실제 자율주행 플랫폼의 위치 간 오차를 계산

**마. 매니플레이션 경로 생성 기술 개발**

- 고출력/저정밀 매니플레이터를 위한 경로 생성기술을 RRT 기법을 기반으로 하여 기계학습 기술과 연동한 경로생성 기술을 개발

**(1) RRT 기법(Rapidly-exploring Random Trees)**

- random sampling을 통해서 경로를 생성
- 생성된 경로들을 학습하여 최적의 경로 선택하여 실제 매니플레이터 경로제어에 반영

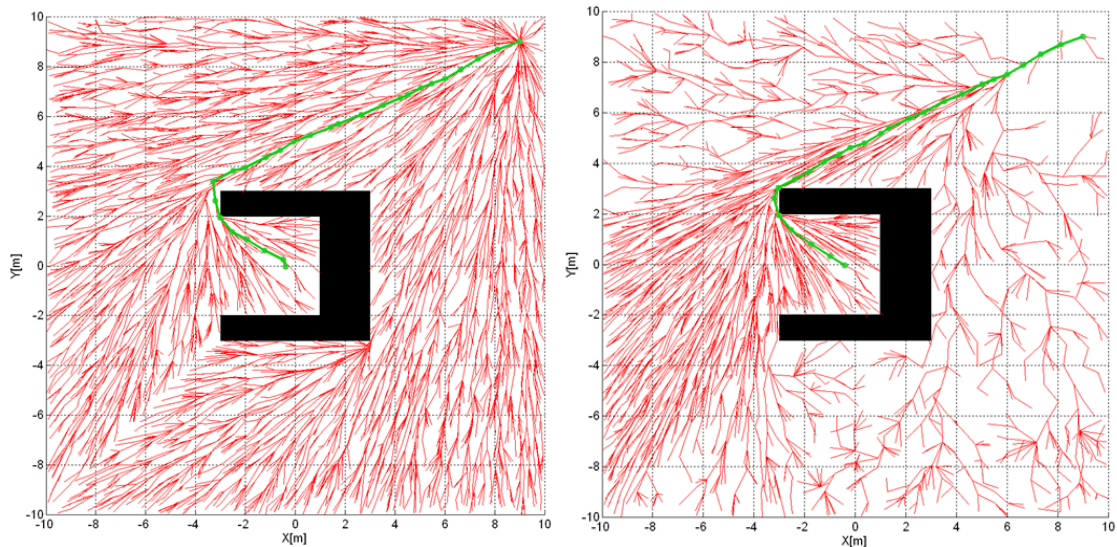
```

BUILD_RRT( $q_{init}$ )
1   $T.init(q_{init})$ 
2  for  $k = 1$  to  $K$  do
3     $q_{rand} \leftarrow RANDOM\_STATE()$ ;
4    EXTEND( $T, q_{rand}$ );
5  Return  $T$ 

EXTEND ( $T, q$ )
1   $q_{near} \leftarrow NEAREST\_NEIGHBOR(q, T)$ ;
2  if NEW_STATE( $q, q_{near}, q_{new}, u_{new}$ ) then
3     $T.add\_vertex(q_{new})$ ;
4     $T.add\_edge(q_{near}, q_{new}, u_{new})$ ;
5    if  $q_{new} = x$  then
6      Return Reached;
7    else
8      Return Advanced;
9  Return Trapped;

```

<RRT Algorithm>

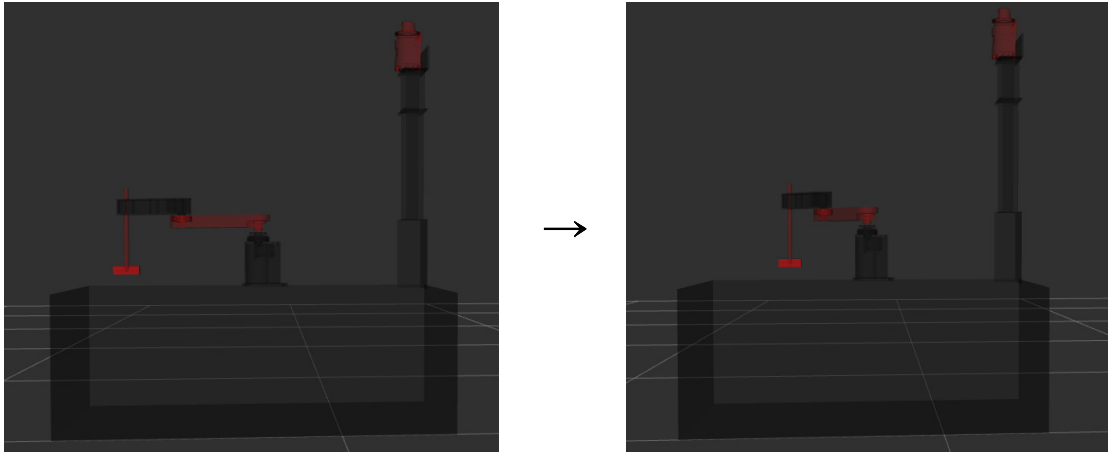


<RRT Algorithm 2차원 경로생성 예시: (좌) RRT\*, (우) Goal-biased RRT\*>

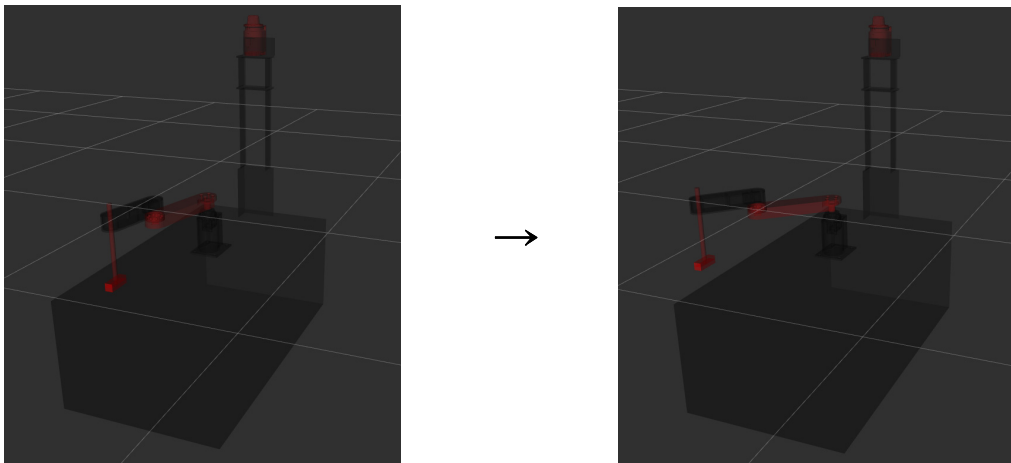
(참고문헌: S. Karaman and E. Frazzoli, "Incremental Sampling-based Algorithms for Optimal Motion Planning", Robotics: Science and Systems (RSS) Conference, 2010.)

## (2) 매니플레이터 시뮬레이션

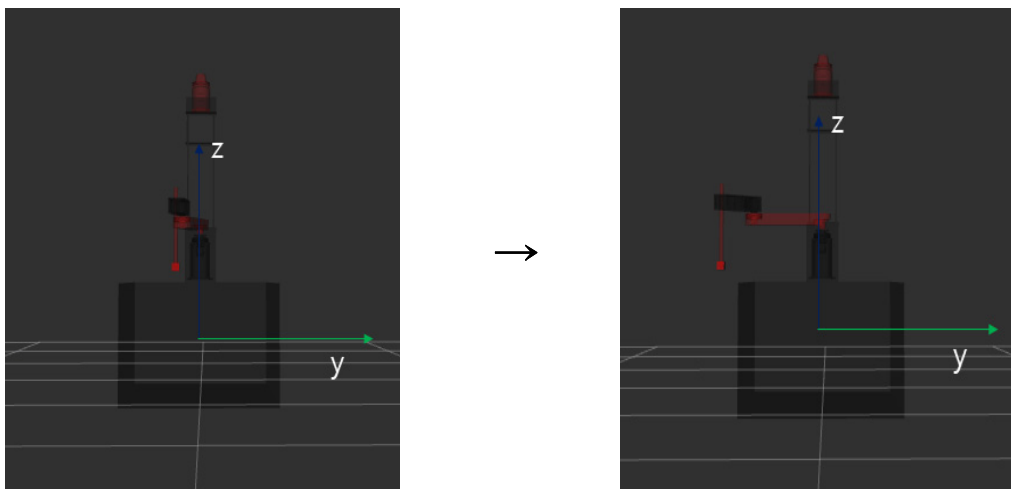
- 매니플레이터의 최적의 경로를 생성하기 위한 기계학습단계
- RRT 기법을 적용하여 고출력/저정밀 매니플레이터에 적합한 경로생성



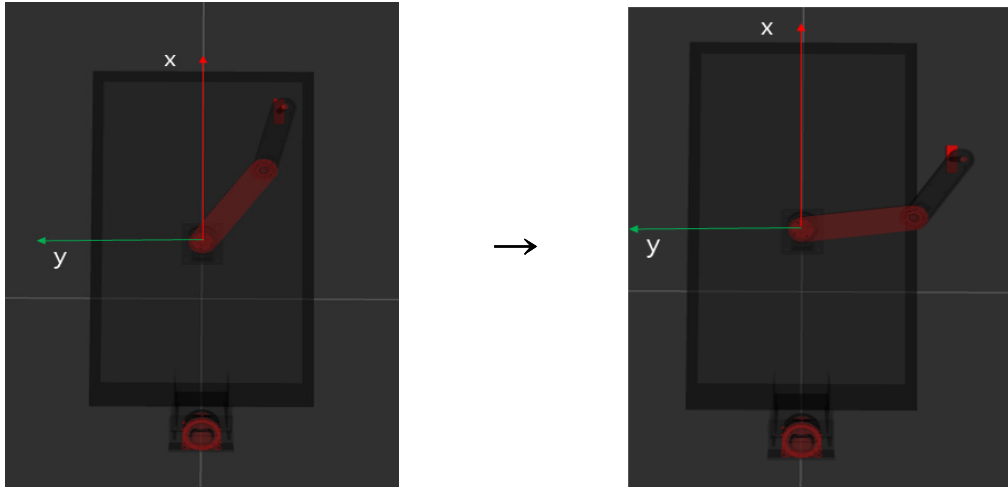
<측면에서 본 매니플레이터의 경로>



<대각선에서 본 매니플레이터의 경로>



<정면에서 본 매니플레이터의 경로>



<위에서 본 매니플레이터의 경로>

- 테스트존에서의 매니플레이터 성능 검증
- 매니플레이터의 초기상태 : 매니플레이터가 자율주행 플랫폼의 구동조건에 영향을 주지 않는 범위 안에서의 초기위치 설정

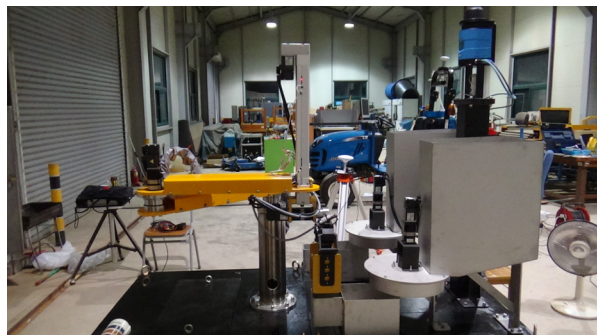


<자율주행 플랫폼 및 매니플레이터의 초기상태>

- 매니플레이션 경로 제어: 총 4단계로 구성
- ① 1단계: 매니플레이터의 초기상태에서 전달해야 할 사료가 담긴 통까지 이동



초기위치



사료통 위치

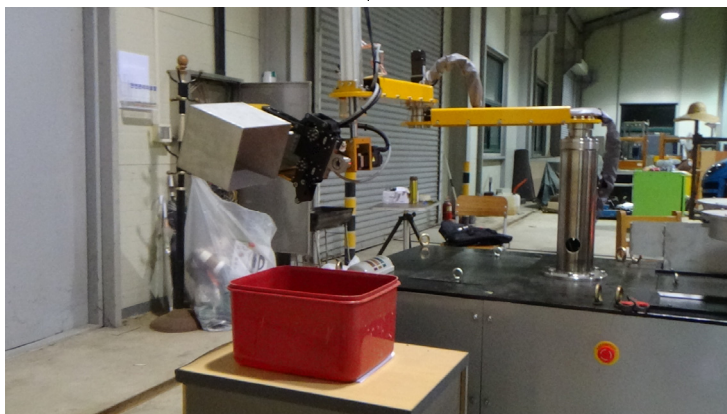
<1단계 수행>

② 2단계: 사료통을 엔드이펙터로 잡고 구조적 제약조건을 피해 목표하는 위치까지 이동



<2단계 수행>

③ 3단계: 목표 위치에서 엔드이펙터의 각도를 조절하여 사료통으로부터 사료를 분리시킴



<3단계 수행>

④ 4단계: 기존에 사료통이 위치로 복귀하여 사료통을 놓고 초기위치로 복귀



목표위치



2. 목표위치에서 기존 사료통위치로 진행



3. 기존의 사료통 위치

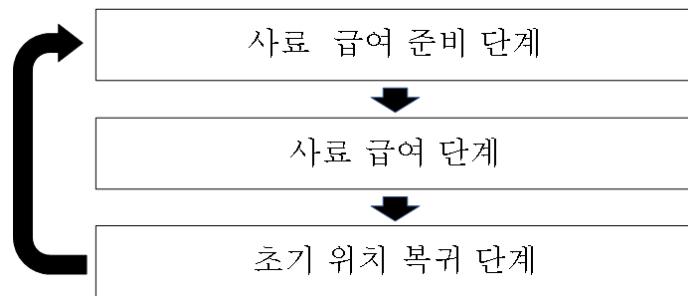


4. 매니플레이터 초기 위치

<4단계 수행>

### (3) 측사 환경에서의 매니플레이터 성능 검증

- 매니플레이션 경로 제어: 총 3단계로 구성
- 아래 단계는 5개의 급여구로 구성된 하나의 구간에서 사료를 급여하는 과정을 나타내며 전체 사료급여 시스템에서는 10개의 구간으로 나누어져 있기 때문에 이와 같은 과정을 10회 반복 실시



<사료급여 단계>

#### ① 1단계. 사료급여 준비단계

- 사료급여 준비단계는 사료급여 라인까지 매니플레이터의 엔드-이펙터가 도달하는 과정을 말함
- 로봇 팔은 크게 회전 관절(revolute joints)과 프리즘 관절(prismatic joints)로 구성됨, 회전 관절은 자율주행 플랫폼의 농후 사료통으로부터 사료를 전달받는 위치에서 사료급여 위치까지 이동시키고 프리즘 관절은 사료가 급여 라인을 벗어나는 것을 방지하기 위해 엔드-이펙터를 지면으로부터 최대한 가깝게 이동시키는 역할을 함



(1)



(2)



(3)

<사료 급여 준비 단계 구성>

② 2단계. 사료급여 단계



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)

<사료급여 단계 구성>

- 사료급여 단계에서는 하나의 사료 급여구간은 총 5마리의 소가 먹이를 먹을 수 있는 구조로 되어 있기 때문에 사료를 분할하여 급여하여야 함
- 사료급여 단계 구성 사진과 같이 엔드-이펙터의 회전 관절을 이용하여 사료통의 기울기를 조절함으로써 아래 농후사료 급여 결과 사진과 같이 한 구간 내에서 5번 분할 분배됨



<농후사료 급여 결과>

### ③ 3단계. 초기위치 복귀 단계



(1)



(2)



(3)

<초기위치 복귀 단계 구성>

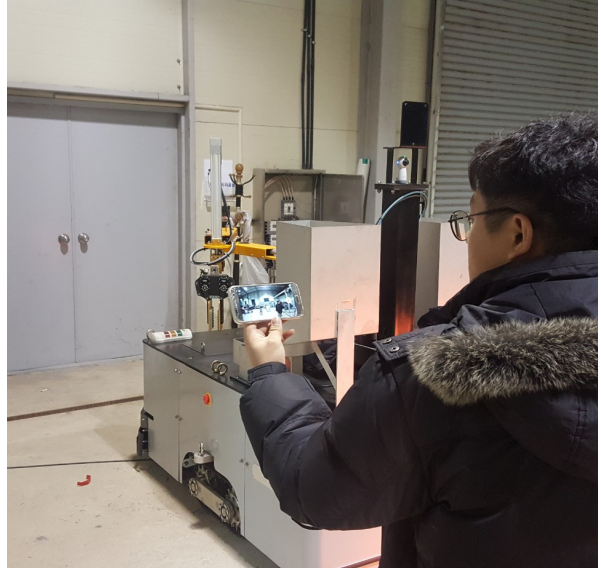
- 초기위치 복귀 단계는 한 구간의 사료 급여 완료 후 다음 구간의 사료 급여를 위해 자율주행 플랫폼의 탑재된 농후 사료통으로부터 사료를 전달받기 위해 복귀하는 과정임
- 제어 순서는 사료급여 준비단계의 역순임

### 바. ICT Around View Monitor 연동

- 테스트존에서 카메라를 통한 주변환경 모니터링 테스트
- Gear 360 카메라를 사용하여 사용자가 지정하는 다양한 기기에서 주변 환경을 실시간으로 확인 가능







<자율주행 플랫폼 기준 전/후방 카메라 View 및 모니터링>

○ 인프라 구축

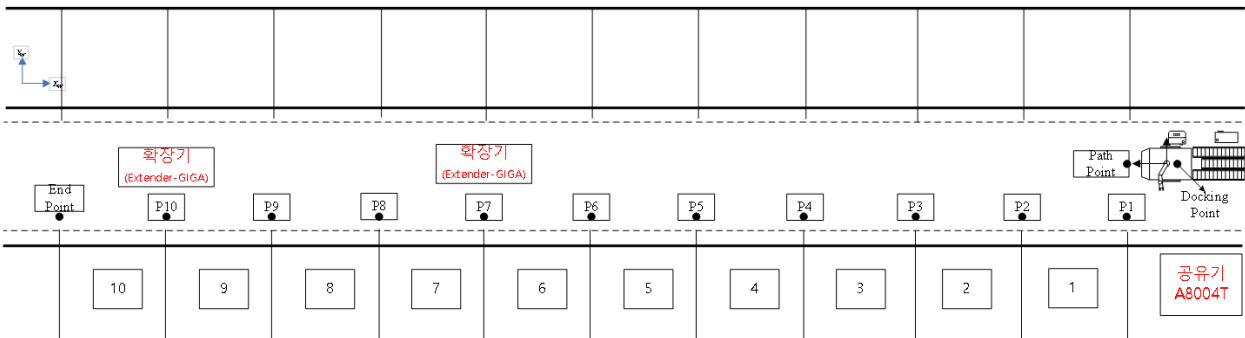
- 아래와 같이 1개의 공유기와 2개의 확장기로 측사 내 통신 인프라를 구축하여 측사 전체 영역에서 자율주행 플랫폼에 탑재된 카메라를 통해 측사 환경 모니터링이 가능함
- 확장기의 사용으로 측사 내 전체 영역에서 실시간으로 신속한 모니터링이 가능케 함



공유기(A8004T)

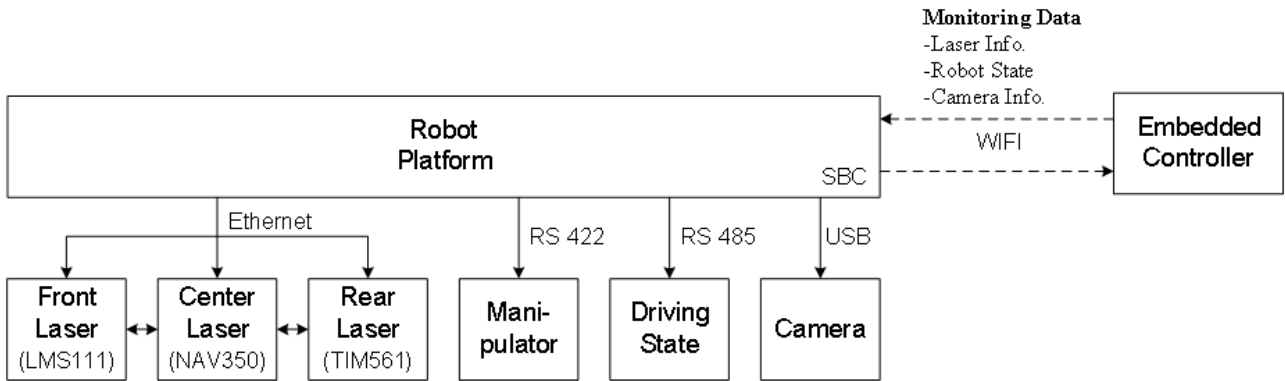


확장기(Extender-GIGA)

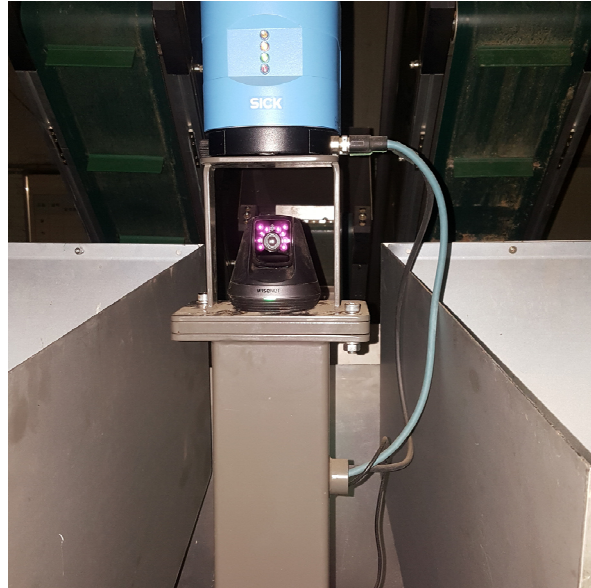


<측사 내 인프라 구축>

○ 시스템 구성



- WISENET 카메라를 사용하여 사용자가 지정하는 다양한 기기에서 축사의 상태를 실시간으로 확인 가능
- 외부 기기를 통해 로봇의 UI에 접속하여 로봇 상태에 대한 모니터링도 가능함



<자율주행 플랫폼에 탑재된 카메라 위치>



(a) 주간 촬영

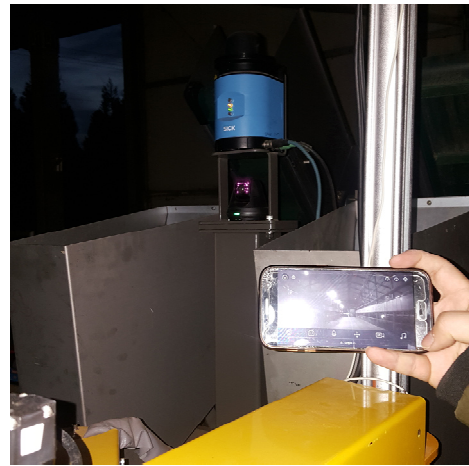


(b) 야간 촬영

<카메라를 통해 본 주/야간 축사 환경>



(a) 주간 모니터링



(b) 야간 모니터링

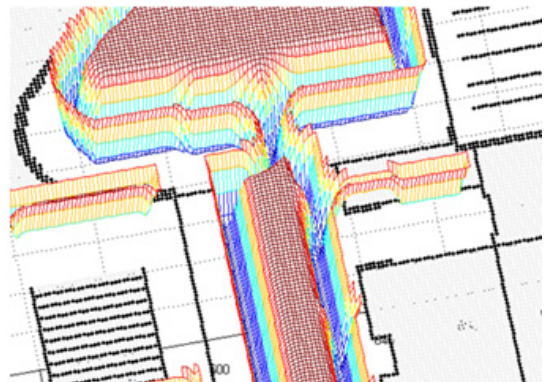
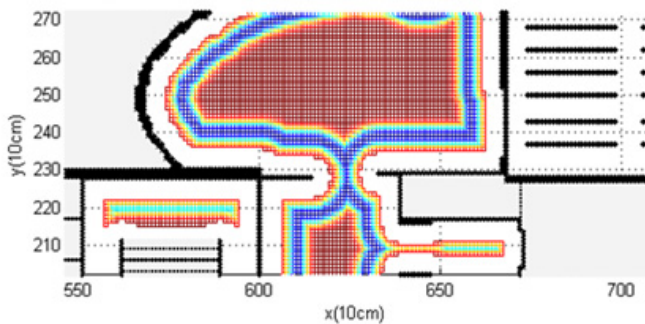
<실시간 모니터링>

<실시간 모니터링 카메라 사양>

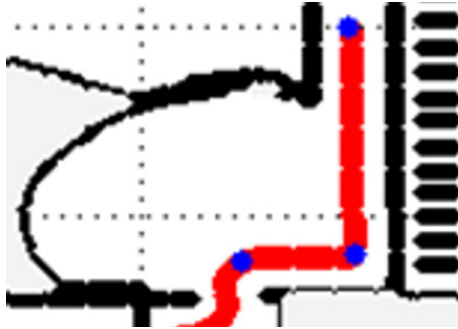
화소	200만 화소
카메라	CMOS
동영상 녹화사양	1920 x 1080
카메라 동작 범위	좌우 350도, 상하 155도
부가 기능	움직임 감지, 야간 촬영 가능, 소리 감지

사. 축사환경용 운동제어 기술 개발

- 축사 내 사료급여/청소/순찰 3종의 작업에 대한 운동제어 기술
- 자율주행 플랫폼 운동제어 시뮬레이션
- A\* 기반 경로 생성 기술은 주변 환경 지도에 대한 비용함수를 조절하여 다양한 형태의 경로를 생성할 수 있음



<경로생성 비용 함수 예시 - 비용함수에서 청색 부를 따라 이동>

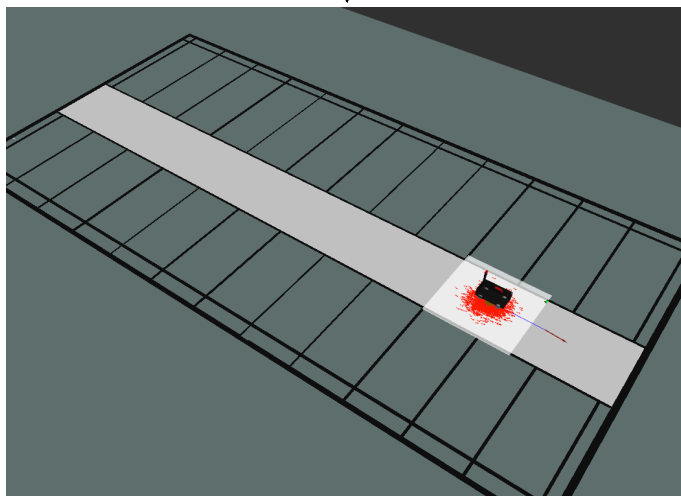
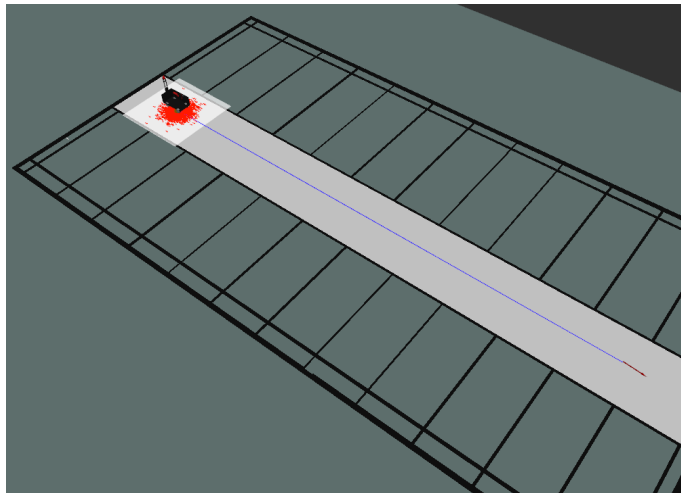


<경로생성 결과 예시>

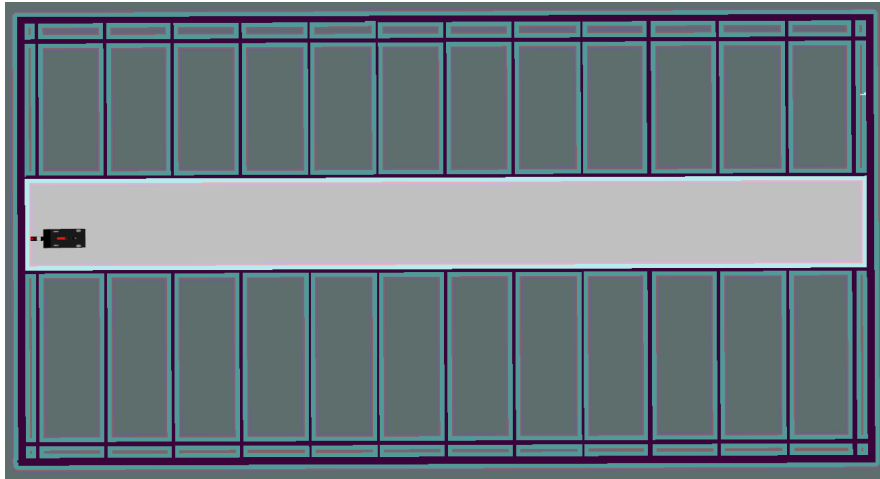
○ 3종의 작업에 대해서 다음과 같은 비용함수 계산 방법을 개발

- 급여의 경우 급여구를 최저함수 계산
- 청소의 경우 급여구에서 원거리를 최저함수 계산
- 순찰의 경우 축사내 중심을 기반으로 최저함수 계산

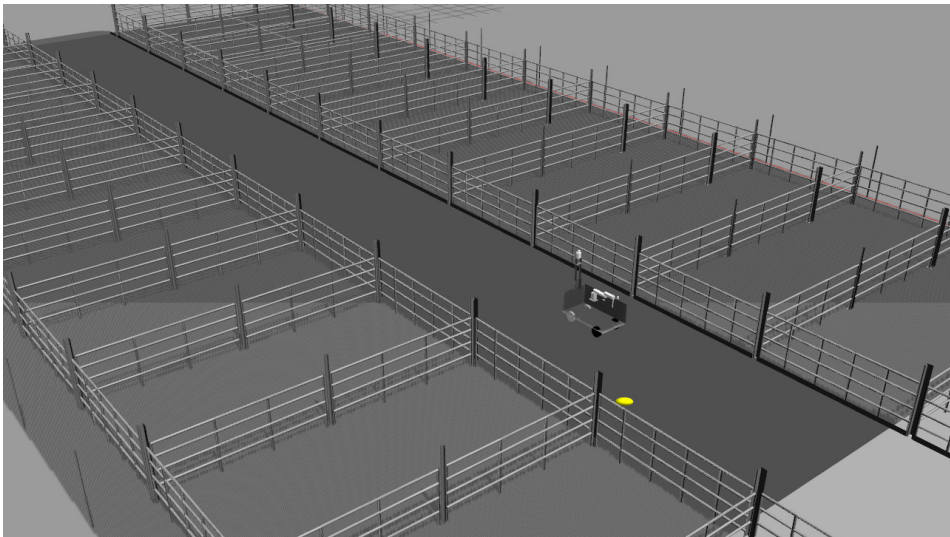
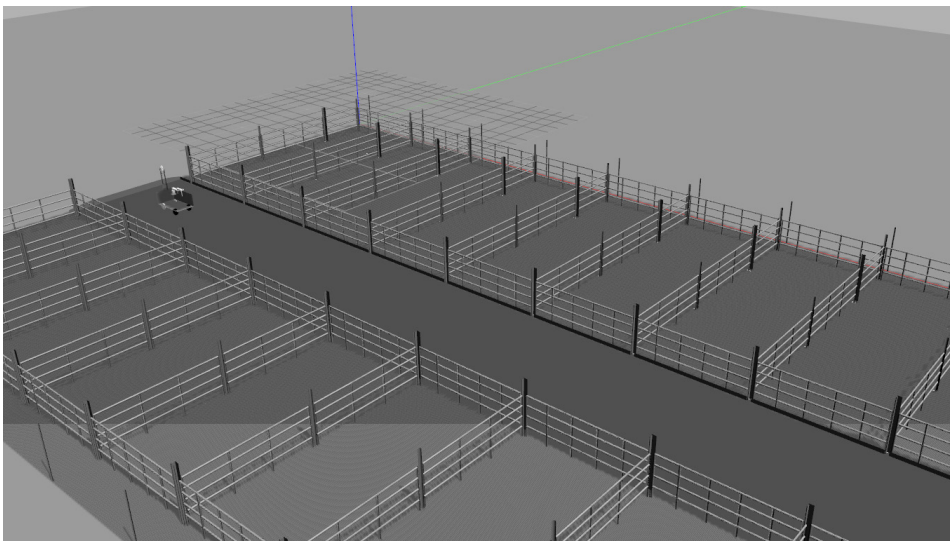
○ 경로생성 시험 결과



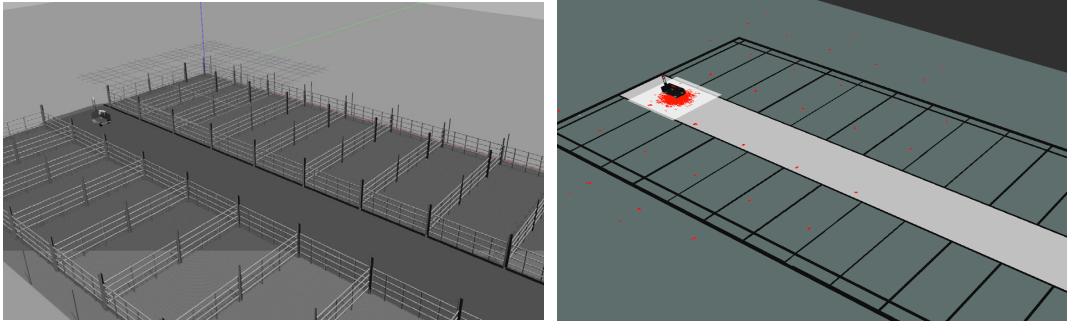
<제어화면에서 자율주행 플랫폼의 경로 생성 및 제어>



<경로생성 비용 함수를 적용한 시뮬레이션 환경 >

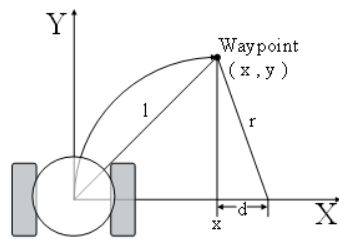


<3D 시뮬레이션 환경에서의 자율주행 플랫폼>



<3D 시뮬레이션 환경에서의 자율주행 시험:(좌) 시뮬레이션 환경 모델, (우) 주행제어기 화면>

- Pure pursuit 기법을 통해 자율주행 플랫폼의 원하는 움직임으로 제어가 가능
- 축소 환경에 따라 운동 계획을 수정하여 자율주행 플랫폼의 유연한 운동제어가 가능



$$\begin{aligned}
 x^2 + y^2 &= l^2 \\
 x + d &= r \\
 d &= r - x \\
 (r - x)^2 + y^2 &= r^2 \\
 r &= \frac{l^2}{2x} \\
 \gamma &= \frac{2x}{l^2}
 \end{aligned}$$

<Pure pursuit 기법의 기하학적 특성>

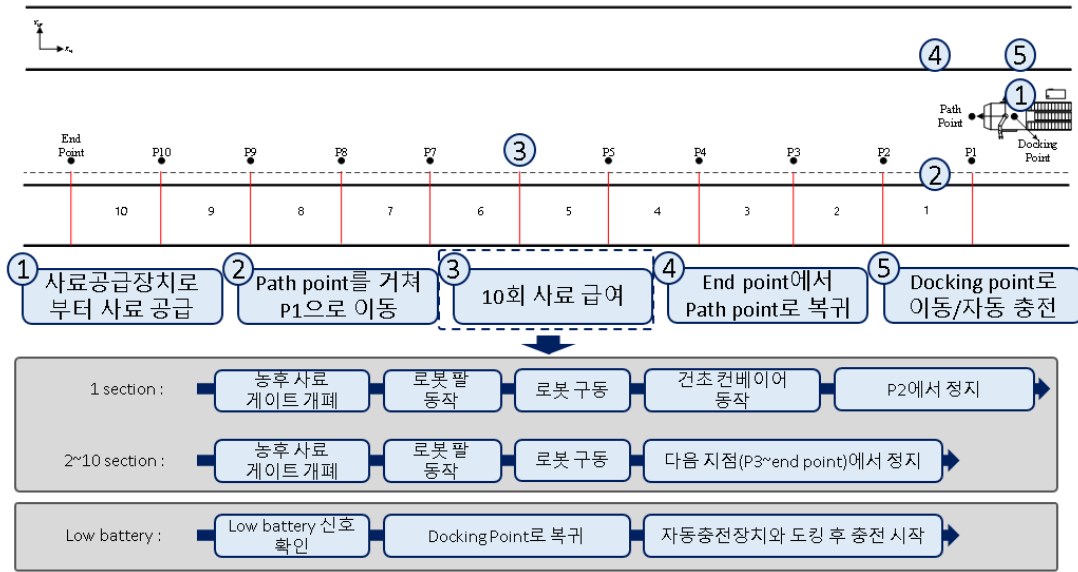
○ Pure pursuit의 경로에서 나타나는 정보는 다음과 같음

- 전역 좌표계에서의  $x, y$ , heading 각도(Heading angle)
- way point에서의 곡률
- 로봇의 초기위치에서 way point까지의 최단 거리

\* Pure pursuit 기법은 Path point를 지정하여 해당 지점을 거쳐 진행하도록 하는 것이 가능하므로 긴 통로 형태의 정형화된 축소 환경에서 복잡한 계산을 통한 경로생성 및 수정이 이루어지는 것이 아닌 단순하고 신속한 운동제어가 가능함

## ○ 사료급여 시나리오

- 사료급여 시나리오 구성은 다음과 같음

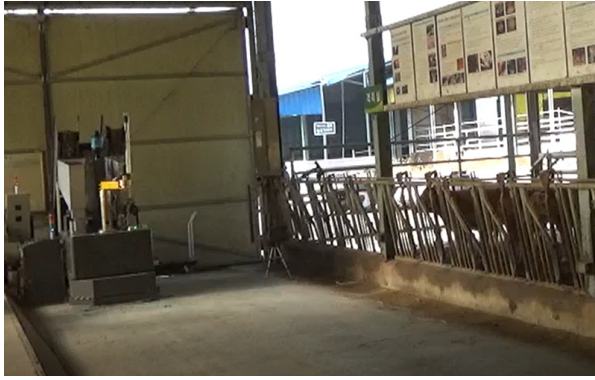


<사료 급여 및 청소/경비 시스템>

- 자동 충전과 사료공급장치로부터 사료 공급이 가능한 위치를 초기위치로 설정함 (여기서 초기 위치는 사료급여 및 청소/경비 시스템 그림에서 1번 위치에 해당함)
- 사료급여/청소/경비를 위한 경로를 구성을 위해 지정한 점은 **Path point, P1 ~ P10, End point**로 구성됨
- 사료급여를 위한 운동제어는 사료급여 라인에 맞추어 구성하였으며 사료급여 라인 밖으로 나온 사료를 급여 라인 안쪽으로 밀어주는 역할을 하는 청소 기능의 특성상 사료급여를 위한 경로와 동일하게 진행
- 경비를 위한 경로는 유연하게 생성할 수도 있지만, 자율주행 플랫폼에 탑재된 카메라는 360도 모니터링이 가능하므로 사료급여에 사용되는 경로와 동일하게 구성하였음
- 사료급여 시나리오는 사료공급장치에서 자율주행 플랫폼으로의 사료 전달, 사료급여, 복귀 후 자동 충전 순으로 이루어짐

## ○ 사료공급장치에서 자율주행 플랫폼으로의 사료 전달

- 사료급여 명령이 주어졌을 때 가장 먼저 사료공급장치로부터 사료를 전달받고 근접 센서 통해 사료공급이 완료되었음을 인식하고 사료공급을 중단함
- 사료공급 완료 이후 **Path point**를 거쳐 사료급여 시작 위치(P1)로 이동함



(1)



(2)



(3)

<초기위치에서의 사료공급>

○ 사료급여(10구간)

- 컨베이어 벨트를 통해 건조 급여가 이루어지고 로봇 팔 제어를 통해 농후사료가 급여됨
- 총 10개의 사료급여구간을 진행하며 각 구간의 시작점은 실 환경 측정을 통해 주어진 정보이며 위치추정을 통해 해당 위치에서 정지하여 사료급여를 준비하고 구간을 진행하는 동안 사료급여 라인 안쪽으로 사료를 공급함



○ 복귀 및 자동 충전



1구간



2구간



3구간



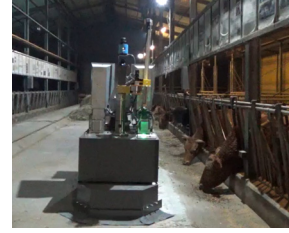
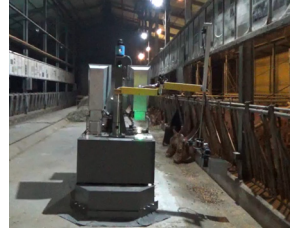
4구간



5구간



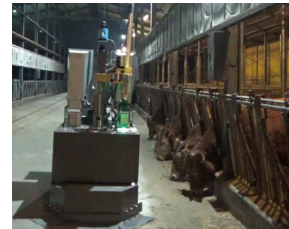
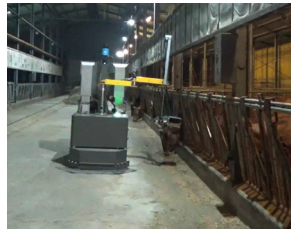
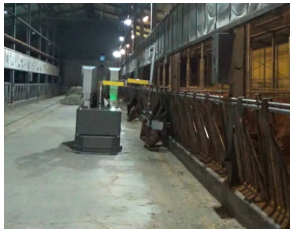
6구간



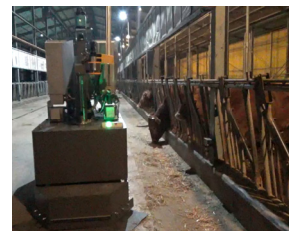
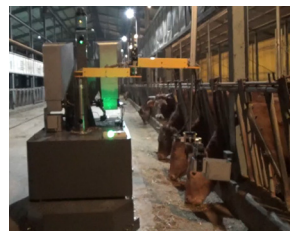
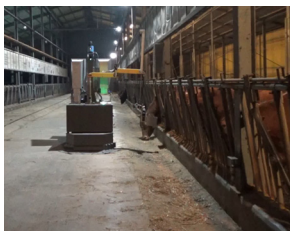
7구간



8구간



9구간



10구간  
<사료급여>

- 모든 구간에 대해 사료급여가 이루어진 후 **End point**에서 다시 초기위치로 복귀함
- 복귀 경로는 급여 경로와 동일하게 후진으로 초기위치까지 이동 후 도킹을 통해 자동 충전을 실시함
- 자동 충전의 경우 자율주행 플랫폼이 초기위치로 복귀하고 자율주행 플랫폼과 자동충전장치 간 센서 인식을 통해 충전 가능한 위치에 도달한 경우 충전 단자가 연결되어 충전을 시작하고 충전 완료 후 단자 결합을 해제한 후 다음 사료급여를 위해 대기함



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(7)



(8)

<복귀 및 도킹>

○ 청소 기능



<청소 기능 담당 하드웨어 구성>

- 사료급여 라인 밖으로 나온 사료를 급여 라인 안으로 밀어주기 위한 구조로 사료급여와 동시에 청소를 진행하게 됨

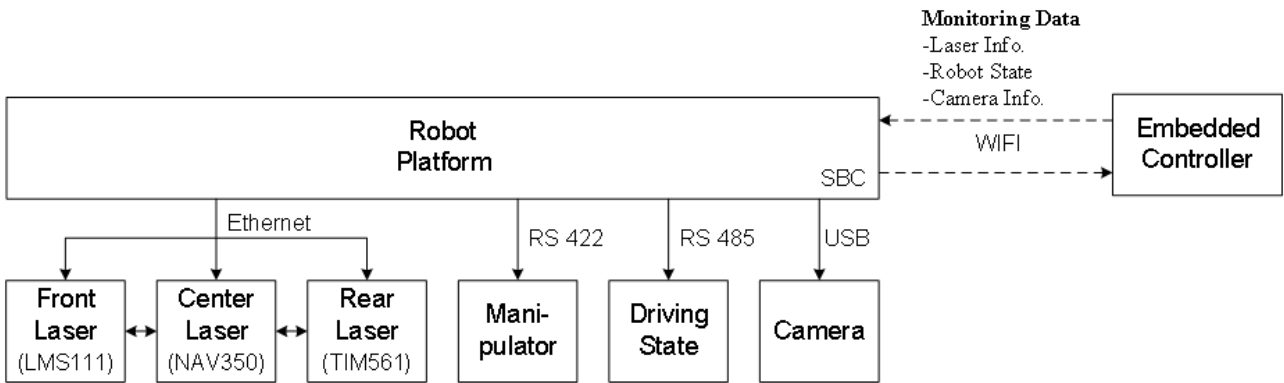


<청소 기능 테스트>

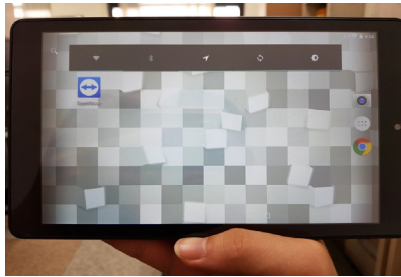
- 청소 기능 테스트 사진과 같이 실 환경에서 자율주행 플랫폼이 운용되는 상황에서 청소가 이루어짐을 확인함

○ 근거리 원격제어 기술 개발

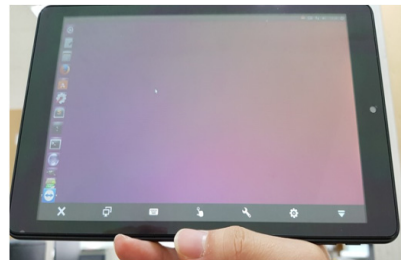
- 조작기 시스템 구성



- 테스트존 내에서 외부 기기와 자율주행 플랫폼 연동 및 근거리 원격제어 테스트 진행

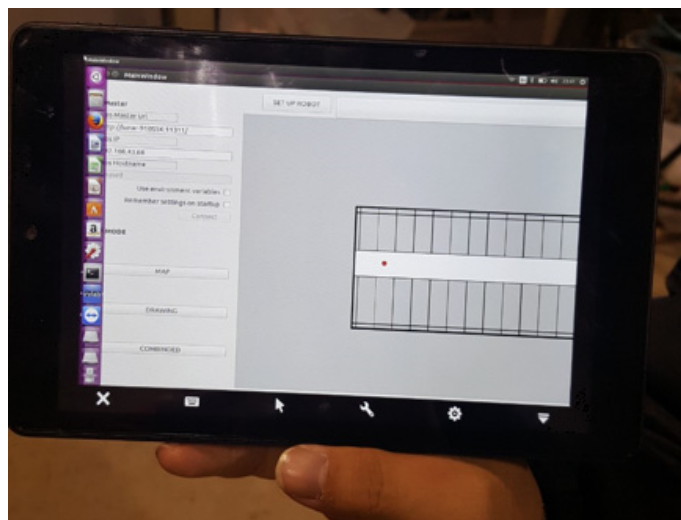


조작패널 초기화면



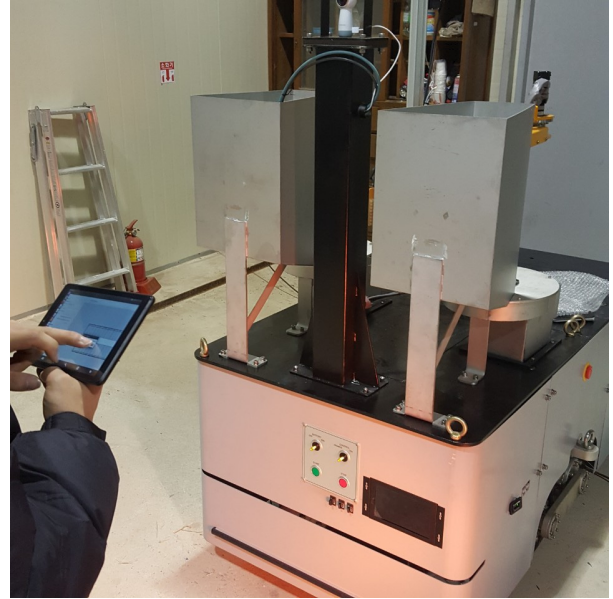
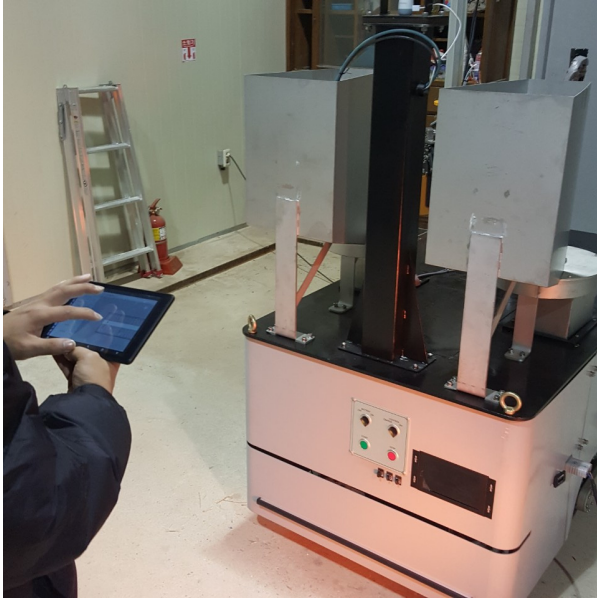
자율주행 플랫폼 PC 연동

<자율주행 플랫폼과 조작패널 연동과정>



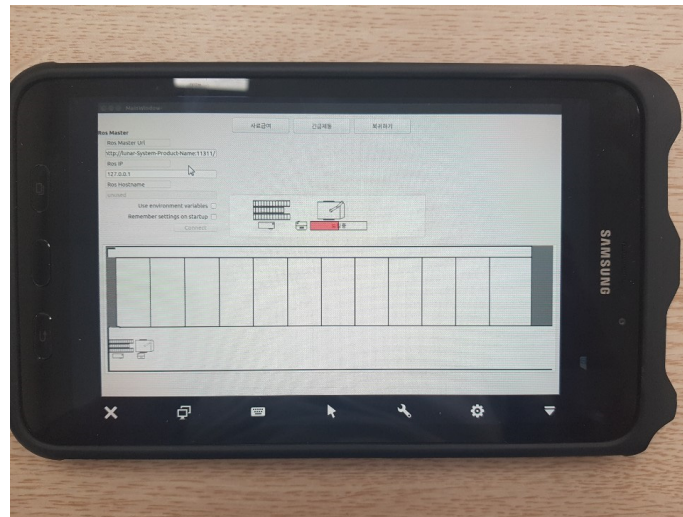
<UI 화면 연동>

- 조작패널의 초기화면에서 자율주행 플랫폼의 PC 화면을 불러옴
- 조작패널에서 자율주행 플랫폼을 제어할 수 있는 UI 시스템을 불러옴
- 조작패널에서의 조작 및 제어가 용이하도록 맞춤형 UI(User Interface)를 개발



<조작패널을 이용한 근거리 원격제어>

- 위 과정을 거쳐 실제 자율주행 플랫폼에 적용 및 테스트 결과 근거리 내에서는 제어명령 이후 지연시간 없이 명령을 수행하는 것을 확인함
- 축사 환경 내 자율주행 플랫폼과 조작패널 연동 및 원격제어가 편리한 맞춤형 UI 구축



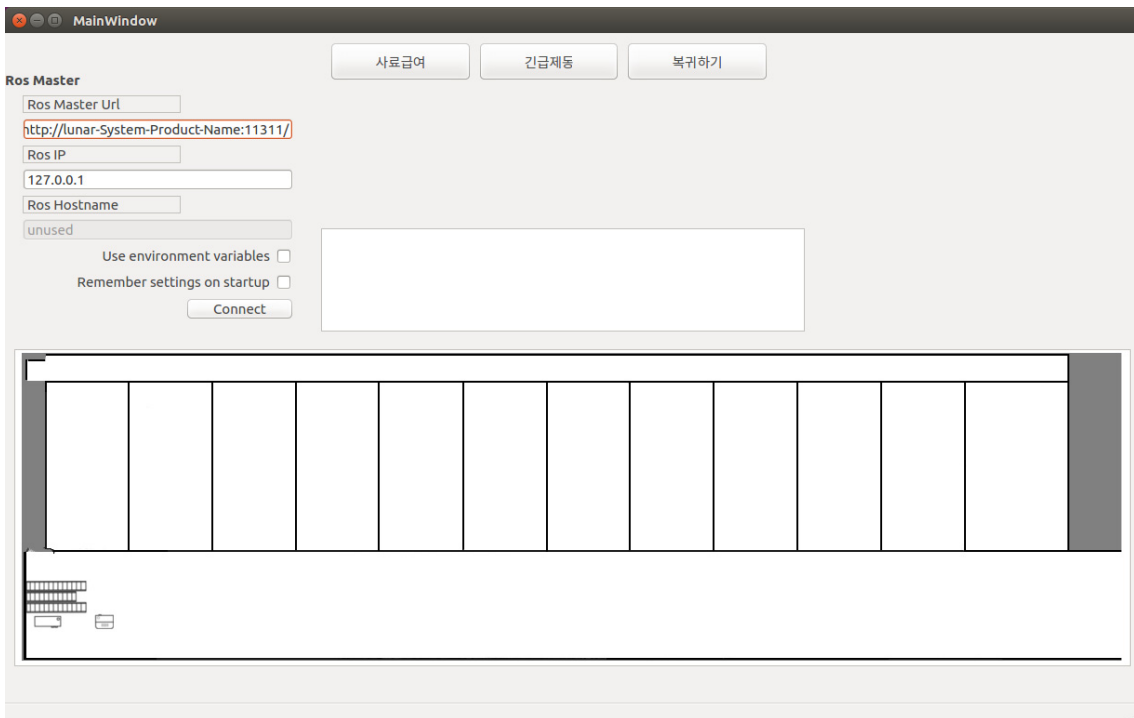
<자율주행 플랫폼과 연동된 조작패널>

- 자율주행 플랫폼의 소프트웨어와 조작패널 간의 통신을 통해 자율주행 플랫폼의 제어화면을 조작패널로 전송함으로써 근거리 내에서 자율주행 플랫폼을 제어할 수 있는 시스템 구축
- 조작패널을 통해 현재 자율주행 플랫폼의 사료급여 진행 상태를 실시간으로 확인이 가능



<조작패널로 자율주행 플랫폼 환경설정>

○ UI 구성

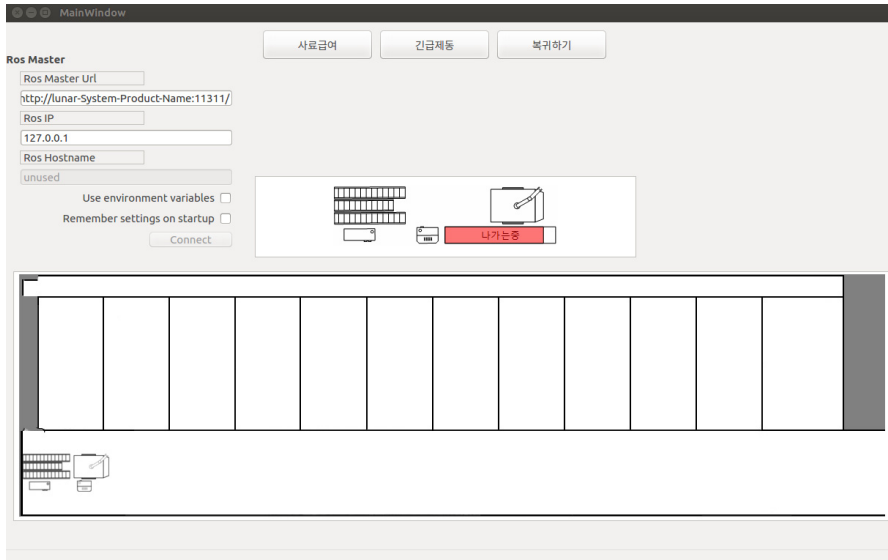


<UI 기본 구성>

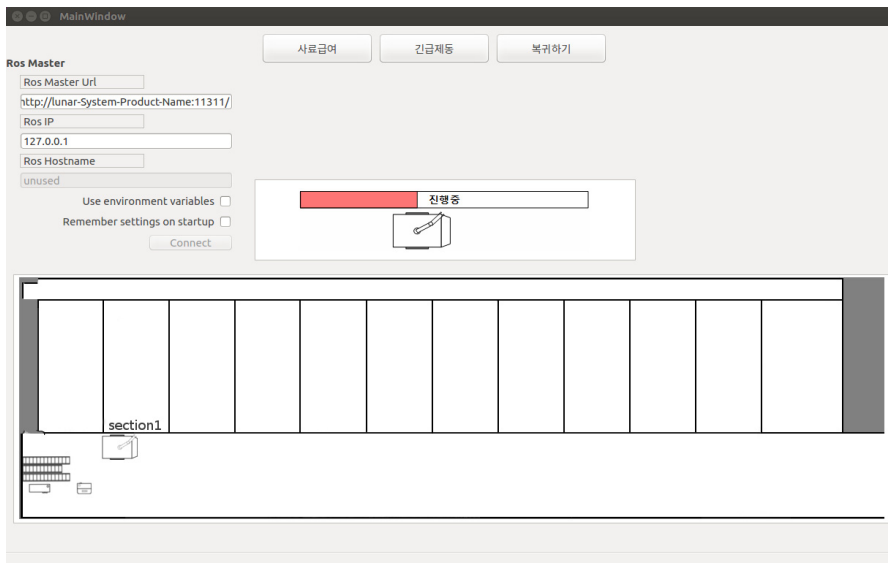
- UI는 로봇 네트워크 연결, 제어부, 로봇 급여 상황 모니터링 부분으로 크게 3가지 부분으로 구성되어 있음
- UI의 왼쪽 상단은 로봇 네트워크와 연결하는 부분이며 중앙 상단에는 사료급여, 긴급제동, 복귀를 조작할 수 있는 제어부로 사료급여 버튼은 로봇이 사료를 충전하고 사료를 급여한 후

다시 충전스테이션까지 돌아오는 시나리오를 실행하는 버튼이고 긴급제동과 복귀하기는 사용자가 로봇을 긴급제동, 자율주행 플랫폼의 복귀가 필요한 상황에서 해당 버튼 조작을 통해 긴급제동하거나 복귀시키는 제어가 가능함

- 하단에는 축사의 맵과 자율주행 플랫폼의 현재 급여 진행 상황을 보여줌



(1)

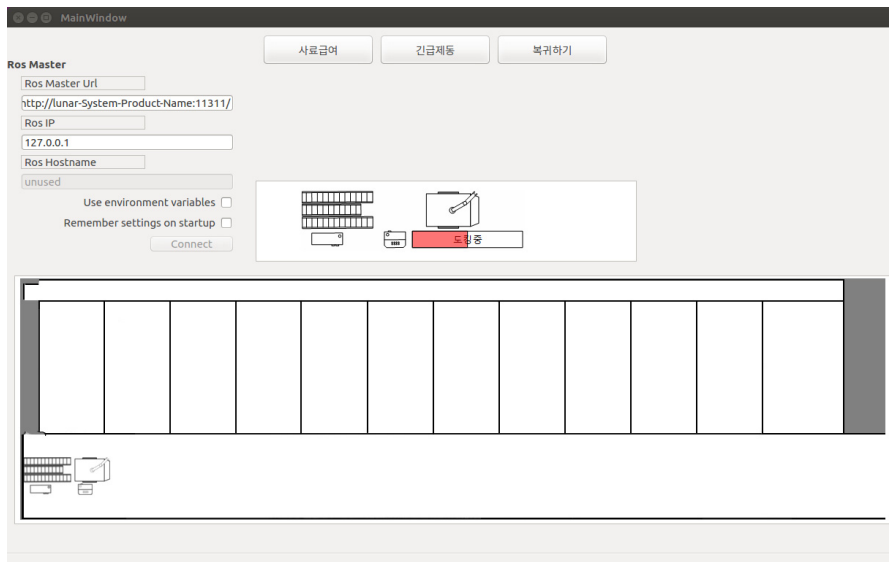


(2)





(3)



(4)

### <UI 내 모니터링>

- UI에서 사료급여 버튼을 눌렀을 시 사료공급장치로부터 사료공급 이후 사료급여를 시작하게 되고 자율주행 플랫폼의 현재 상태를 모니터링할 수 있음
- 로봇이 충전스테이션에서 사료 급여 부분으로 갔을 시 위의 <UI 내 모니터링> 그림에서 (2)와 같이 자율주행 플랫폼이 1~10구간에 위치해 있을 때 플랫폼의 위치와 진행상황을 확인할 수 있음
- 자율주행 플랫폼이 10개의 구간의 사료급여를 완료하면 다시 복귀하는 과정을 UI를 통해 보여줌 (UI 내 모니터링 그림의 (3))
- UI 내 모니터링 그림의 (4)는 자율주행 플랫폼이 자동 충전을 위해 도킹할 때 도킹 진행도를 보여줌

2-4 연구개발 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍 보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	30	70																		
최종목 표	7	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	2	-	4	-	-	-	5	-
1 차 년 도	목 표	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	실 적	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2 차 년 도	목 표	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	1	-
	실 적	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	3	-
3 차 년 도	목 표	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	-	-	-	1	-
	실 적	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	4	-	-	-	1	-
소 계	목 표	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	4	-	-	-	2	-
	실 적	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	2	-	7	-	-	-	4	-
종료 1차년도		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
종료 2차년도		-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
종료 3차년도		-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
소 계		-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계		7	1	-	1	-	1	-	-	-	-	1	2	-	7	-	-	-	5	-
달 성 도 ( %)		11 4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	10 0	-	17 5	-	-	-	20 0	-

# 가. 국내외 논문 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	자율주행 자동차를 위한 센서 기술 및 지도작성기술 동향연구	자동차연구	문창배	1	대한민국	전남대학교	비SCI	첫	2508-6278
2	실내 물류 운송을 위한 자율 주행 지도 작성 기법 비교 연구	자동차연구	이상덕	1	대한민국	전남대학교	비SCI	2018.11.30	2635-6864
3	ICT Multi-Functional Automatic Feeding Robot System	Journal of Mechanical Science and Technology	문창배	-	대한민국	대한기계학회	SCI	2020 (예정)	-

Automobile Research, Vol.14, No.1, pp. - (2017)  
ISSN 2508-6278  
Automobile Research Center, Chonnam National University

Machinery & Automobile Research, Vol.15, No.1, pp.13-19(2018)  
ISSN2635-6864  
Automobile Research Center, Chonnam National University

## 자율주행 자동차를 위한 센서 기술 및 지도작성기술 동향연구

문 창 배<sup>1)</sup>

전남대학교 기계공학부<sup>1)</sup>

### A Review of Lidar Sensors and High-Precision Mapping for Autonomous Navigation

Chang-bae Moon<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>School of Mechanical Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea  
(Received / Revised / Accepted)

**Abstract** : 본 논문에서는 자율주행 관련 개발동향에 대해서 살펴보고자 한다. 자율주행 기술은 2005년, 2007년 DARPA에서 개최된 자율주행 대회 이후 자동차업계에서도 연구가 활발하게 수행되고 있다. 기존 자동차 양산에서는 고가로 인하여 Lidar 센서의 사용에 한계가 있었다. 하지만 자율주행을 위해서는 높은 수준의 정밀도 및 고밀도의 거리정보를 필요로 하기 때문에 필수적으로 사용될 것으로 예측된다. Lidar센서는 초기 매우 고가의 3차원 센서로 인식되었으나 최근 양산을 목표로 자동차 부품업체에서 양산형 Lidar센서가 개발되었다. 자율주행을 위해서 필수적인 고정밀 지도는 기존 지도제작 업체에서 개발 중에 있으며 차선 및 주변 정보를 매우 정밀하게 측정하여 이를 자율 주행용 지도로 상품화를 목표로 하고 있다. 센서 및 자율주행용 지도는 단기간의 자율주행 기술에 적용에 목적이 있지만 이들 기술을 바탕으로 ADAS기술의 발전에도 영향을 끼칠 것으로 예상된다.

**Key words** : Autonomous Navigation (자율주행), Lidar Sensor(라이다센서), High Precision Map (고정밀지도)

### 1. 서론

최근 자율주행 자동차의 기술 개발은 자동차 업계를 비롯하여 학계에서 다양하게 연구되고 있으며 일부 기술은 현재 상용화를 앞두고 있다. 자동차 업계에서의 자율주행 기술은 2000년대 초부터 ADAS (Advanced Driving Assistant Systems)를 기반으로 개발되고 있으며 SCC (Smart Cruise Control) 등으로 구성된다. 하지만 자동차 업계의 연구개발 동향은 기존 자동차 부품 형태로 개발되어지는 한계가 있었다. 이에 반해서 자율주행 기술은 최근 2005년 및 2008년에 개최된 Darpa Grand Challenge<sup>1)</sup> 및 Darpa Urban Challenge<sup>2)</sup> 대회에서 다수의 로봇 기술을 연구하는 팀이 우승하는 시점을 계기로

자율주행 자동차의 연구 개발 방향이 상당부분 변하게 된다.



(a)

## 실내 물류 운송을 위한 자율 주행 지도 작성 기법 비교 연구

이 상 덕<sup>1)</sup>, 문 창 배<sup>2)</sup>

한국철도기술연구원 물류기술연구팀<sup>1)</sup>, 전남대학교 기계공학부<sup>2)</sup>

### Autonomous Mobile Robot Simultaneous Localization and Mapping Scheme Comparison for Indoor Transportation

Sang-Duck, Lee<sup>1)</sup>, Chang-bae Moon<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Logistics System Research Division, Korea Railroad Research Institute, Ulsang 10071, Korea  
<sup>2)</sup>School of Mechanical Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea  
<sup>\*</sup>Corresponding author. Email: [dmoon@jnu.ac.kr](mailto:dmoon@jnu.ac.kr)

(Received: Sep. 20, 2018 / Revised: Oct. 01, 2018 / Accepted: Oct. 10, 2018)

**Abstract** : In recent days, the autonomous mobile robot for indoor logistics are widely developed. A map of the target environments is most essential information for the autonomous navigation. The map of the environment is used for the localization, path planning. The autonomous map building in indoor environments can be carried out by human operators. However, the indoor logistics environments are wide than that of the typical office environments. As a result, the autonomous map building, SLAM (simultaneous localization and mapping), schemes are widely developed. In this paper, the well-known SLAM algorithms are compared in a real logistics environment. The experiments are carried out using the two different types of laser scanners. The experimental results show that the application of the SLAM algorithm in the logistic environments can be successfully applied by exploiting the appropriate sensors by considering the target environments.

**Key words** : Mobile Robot(이동로봇), Autonomous Navigation (자율주행), Mapping(지도작성), Localization(위치추정)

### 1. 서론

원의점을 포함한 소매점의 일일 배송 상품들은 주로 냉장 상태로 보관해야하는 물품이 많고, 다종의 상품을 소매점 별로 소량 분류해야 하는 경우가 많아 고정 인력을 많이 요구한다. 많은 고정 인력의 운용은 인건비 상승에 따른 운송 단가 상승을 피할 수 없으며, 현재까지는 거점 물류 창고의 대형화, 상품 분류과정의 분일 효율화 및 고용 방식

의 유연화로 간접적인 대응에만 그치고 있는 것이 현실이다. 일인 카구의 증가로 소형 차량의 수가 많아지고 있는 현 상황과 맞물려 예견되는 간접적 방식은 더 이상 효과적이지 못할 것이라는 것이 물류계의 일반적인 판단이며 궁극적으로 물류창고 내 상품 피킹 및 이송의 자동화는 피할 수 없는 흐름이다. <sup>(1)</sup>

물류 창고에서 모든 형태와 크기의 상품을 처리하고 지침에 따라 창고 환경을 주행하는 모바일 플랫폼 대부분이 장애물이 생기면 멈추고 물체가 제

<sup>\*</sup> Corresponding author, e-mail: [dmoon@jnu.ac.kr](mailto:dmoon@jnu.ac.kr)





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

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	측사 작업용 다기능 로봇 장치	대한민 국	포테닛( 주)	2016.11 .25	10-2016-0 158086				
2	로터리타입 피딩기를 구비한 측사로봇장치	대한민 국	포테닛( 주)	2017.12 .06	10-2017-0 166767				
3	리니어타입 피딩기를 구비한 측사로봇장치	대한민 국	포테닛( 주)	2017.12 .06	10-2017-0 166768				
4	리프팅모듈을 구비한 다기능 측사로봇장치	대한민 국	포테닛( 주)	2017.12 .06	10-2017-0 166769				
5	다기능 측사용 로봇장치	대한민 국	포테닛( 주)	2018.03 .05	10-2018-0 025699	등록심사 진행중			
6	다기능 측사용 무인자동화로봇시 스템	대한민 국	포테닛( 주)	2019.01 .30	10-2019-0 012289				
7	다기능 측사용 이동로봇	대한민 국	포테닛( 주)	2019.01 .30	10-2019-0 012290				
8	다기능 측사용 자동충전장치	대한민 국	포테닛( 주)	2019.01 .30	10-2019-0 012291				



라. 홍보/전시 자료



<2017 로보월드 홍보전시: 2017.09.13. ~ 2017.09.16., 일산킨텍스>



<2017 AUSA 홍보전시: 2017.10.09. ~ 2017.10.11., 미국 워싱턴>





<K-Global Silicon valley 2017 홍보전시: 2017.11.15. ~ 2017.11.16., 미국 실리콘밸리 Levi's Stadium (산타클라라)>



<2018 로보월드 홍보전시: 2018.10.10. ~ 2018.10.13., 일산킨텍스>

마. 사업화성과 및 매출실적

○ 사업화 전략

구분	구체적인 내용
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상용화 형태: 제품 3종 개발</li> <li>○ 수요처: 국내 축사 및 국외 축사</li> <li>○ 예상 단가: 경량형(가이드방식)-3,000만원/일반형(레이저센서)-5,000만원</li> <li>○ 개발 투입인력 및 기간: 3차년 약 30명</li> </ul>
상용화 능력 및 자원보유	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 독일 센서 전문 업체 SICK社의 VAR(Value-Added Reseller) 인증획득</li> <li>○ Bosch社와 보쉬레이더 SDK 공급 계약 체결</li> <li>○ 2~3대의 CPU를 사용한 분산 처리 방식의 센서 동기화 기술</li> <li>○ 국내 S社 에 정밀 거리 측정 시스템 공급 및 국내 D社와 중장비 자동화 인식 시스템 개발 진행 중</li> <li>○ 소형 리니어 액추에이터 PLS 양산 판매 중</li> </ul>
상용화 계획 및 일정	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발기관간의 사업화 관련 상호협력 관계 체결               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발기관 및 소방방재 유관기관의 UseCase를 활용한 사업화 방법 모색</li> <li>- 세계 최고수준의 기술 경쟁력을 가진 제품을 지속적으로 시장에 출시하기 위해, 해당분야 제품개발에 대한 기술적 지원을 위한 수요기업과의 MOU체결 추진</li> </ul> </li> <li>○ 제품홍보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 주요 로봇 및 부품소재 분야 전시회(로보월드, 축산관련전시회 등) 참가 및 주요 로봇관련 잡지(로봇기술, 자동화기술 등)에 게재 - 국내외 연구용 대형 중심 한정 수량 무료 렌탈. (레퍼런스 확보)</li> <li>- 미주, 유럽 등 기술선진국에서 개최하는 주요 축산로봇 및 부품 전시회에 출품함.</li> <li>- 기존 수입제품과의 비교 홍보 전략</li> </ul> </li> <li>○ 판로확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본형 유닛의 경우 관련 기업에 우선적으로 보급하고 필드테스트 및 보급 실적을 통해 다른 응용분야로 확산</li> <li>- 타분야 특히 특용작물 재배, 실내 작물재배의 관리 로봇으로 적용을 통한 수요처 확대</li> <li>- 추가적인 연구를 통해 실외 자율주행 및 IoT연계 Manipulation을 상업화 하여 실외 작업을 지능형 로봇으로 적용하여 판로확보</li> <li>- 수입제품과의 가격, 성능 데이터 비교작업을 통해 제품의 우수성을 알리고 국내의 기존 수입제품 사용처를 국산으로 대체 가능케 하는 판로확보</li> </ul> </li> </ul>



○ 제품의 차별성 비교

항목	Lely사	포테닛(주)
길이	246cm	194cm
폭	162cm	100cm
무게	1,281kg	1,000kg
수용가능두수	250~300	100
배합기 용적	2m <sup>3</sup>	0.6m <sup>3</sup> (공급장치포함)
우사표면	평지	단차(10mm)/ 폭(30mm)
최대경사	4.5 °	20 °
주행방식	가이드방식	자율주행방식
사료종류	1종류	3종류
충전방식	자동충전방식	자동충전방식
가격	1억원 대	3,000~5,000만원

- Lely사를 비롯한 기존 자동급여로봇은 가이드방식 주행을 통해 정해진 경로로만 이송하기 때문에 변화되는 환경 대응성이 떨어짐.
- 본 연구에서 개발된 축사로봇은 자율주행방식을 통해 사용자가 원하는 경로로 변경가능하기 때문에 다양한 축사작업에 활용 가능함.
- 본 연구에서 개발된 축사로봇은 경쟁사인 Lely사에 비해 현저히 낮은 가격대를 보여줌.
- 국산화제품으로 사용자들에게 빠른 대응으로 서비스를 제공 가능함.

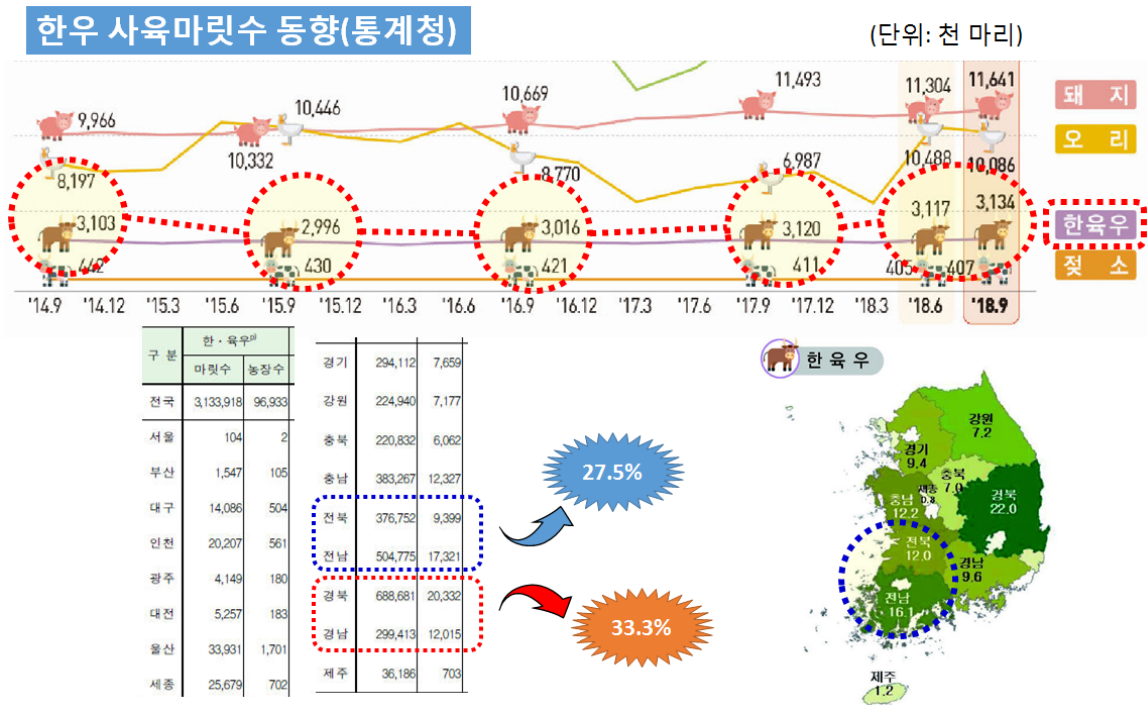
○ 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0억원	
			향후 3년간 매출	40억원	
		관련제품	개발후 현재까지	3억원	
			향후 3년간 매출	40억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0% 국외 : 0%	
			향후 3년간 매출	국내 : 20% 국외 : 2%	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 30% 국외 : 0%	
			향후 3년간 매출	국내 : 50% 국외 : 2%	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			-
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			10위

○ 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2016.09.05 ~ 2018.12.31.(28개월)			
	소요예산(백만원)	933.334			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0	40	80	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0	20	40
국외		0	2	4	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	사육단계별 맞춤형 자동급이로봇 시스템 고도화 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	-	-	-	
	수 출	-	-	-	

○ 한우 사육마릿수 동향(통계청)



바. 제품의 경제적 우수성

(참조: ICT기반 스마트농업 현황분석 및 활성화 방안 연구, 강원대학교)

○ 현재 농업·농촌의 현황

- 국내 농가인구의 연령은 60세 이상의 고연령층이 41.8%를 차지하며(2013), 장기적으로 고연령층에 비해 청장년층의 비율이 낮아 농촌의 노동력 부족이 심각해질 것으로 전망되어 농촌·농업의 발전을 저해할 수 있다.

- 농업비중의 지속적 감소, 농업생산성 둔화, 농가소득구조 취약성 심화 등 농업의 지속성에 대한 위기를 극복하기 위해서 기존의 전통적인 농업방식을 탈피하여 새로운 패러다임의 생산방식으로 전환 필요하다.

○ 현재 축산의 현황

- 4대 축종(한우/젓소/돼지/닭)을 사육하는 농가는 각각 94,025, 5,632, 4,966 및 3,596호 이다. 현재 축산농가는 매년 약 1% 씩 감소하고 있지만, 10년 후에는 6만 5,600~8만3,748호로 급격히 감소할 것으로 전망되고 있다.

- 축산농가수의 감소로 인해 호당 사육규모도 2024년에는 한우 38두, 젓소 100두, 돼지 2,784두, 산란계 7만 5,957수, 육계 7만 7,605수로 현재보다 1.34~1.86배 증가할 것으로 추정되어 이에 따라 10년 내 축사면적이 12~223% 확대될 것이다.

- 뿐만 아니라 축산부문의 65세 이상 고령화율이 44.3%로 축산업의 생산기반이 점차적으로 위축되고 있다.

- 이상에서 사육규모 증가 및 고령화로 인해서 가축관리나 환경제어 등의 어려움이 커지고 있어 이를 해결하기 위해서 ICT기술 적용의 스마트축사의 활성화가 필요하다.

○ 현재 스마트축사의 현황

- 현재 스마트축사의 경우 14년도 30호에서 15년도 156호로 증설하였으며, 2017년까지 700호로 증설할 예정이다(아래 표 참조).

<국내 축산 농가 수와 스마트 농가 수>

축종		년도						
		2011	2012	2013	2014	2015	~	2017
축산 농가 수(호)	한우	157,559	141,495	119,056	99,285	89,403		
	젖소	6,068	6,007	5,830	5,693	5,498		
	돼지	6,347	6,040	5,636	5,177	4,909		
	닭	3,403	3,144	3,087	2,989	2,707		
스마트축사 수 (호)		-	-	-	30	156	~	700*

주) \* 2017년까지 증축 계획

자료: 최근 축산업 현황 및 전망

○ 문제점

- 상당한 농가는 외국산 시스템을 솔루션 형태로 설치하고 있어 제품 가격 및 운용·유지보수비가 비싸고, 제품(부품) 간 상호 호환성 결여로 유지보수에 어려움을 겪고 있다. 작은 고장에도 수리 불가능한 상황이 발생하고, AS어려움으로 시설을 철거하는 농가가 있다.

- 더욱이 외국산 사용에 따른 구조문제로 축산농가의 데이터가 네덜란드 등 시스템 설치국가로 유출되어 해당국에는 유출정보를 활용하여 국내 축사에 시스템 적용시 활용되는 실정이다.

○ 개발 제품의 경제성 예측

- 다양한 현장 적용을 통한 빅데이터 확보를 통해, 제품의 완성도 및 응용성을 높일 수 있으며, 결국 제품의 확산 보급이 더욱 활발히 이루어져, 생산성 증대를 이룸

- 순 국내 기술을 이용하여 개발된 다기능 축사로봇은 사용자의 필요에 따라 응용 설치가 가능하고 해외가 아닌 국내에서 대응가능 하므로 제품의 운용 및 유지보수비용이 저렴하며 작은 고장에 수리대응이 즉각적으로 이루어짐

- 사료급여 및 축사 관리 노동력 투입률 감소에 대한 연구결과

\*제목: Automatic Feeding System: Evaluation of Energy Consumption And Labour Requirement In North-East Italy Dairy Farm

\*저자 : Andrea Pezzuolo1 외 3명

\*학술지명 : ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT

\*게재년도 : 2016.05.27

\*연구내용

: 젖소농가에서 사료급여 절차는 농가의 경제적인 부분에서 중요한 부분을 차지한다. 소의 생산성에 관련이 있는것 뿐만 아니라 노동시간의 25%가 사료급여 절차에 투자된다는 점을 고려

하면 사료 급이는 농가에 가장 값 비싼 부분중의 한 부분이다. 높은 생산성을 유지하면서 비용을 절감하려는 측면에서 TMR의 예비작업과 분배작업에서 자동화는 특정농가에 현실적인 해결책이 될 수 있다. 현재 연구는 이탈리아의 Veneto에 위치한 젓소농가에서 자동적으로 사료를 급이하는 conventional feeding system (CFS)의 동작동안의 모니터링에 중점을 두었다. 본 연구는 TMR의 분배와 예비작업에 인력을 사용하는 것과 에너지 소비에 대한 두 개의 시스템을 비교 분석하였다. 초기자본 투자비용과 유지비용은 본 연구에 포함되지 않았으며 AFS는 노동력을 줄이는 혁신적이고 일관되고 향상된 효과를 나타냈다. 특히 노동력은 하루에 2.5시간에서 1.02시간으로 줄어들었다.

### AUTOMATIC FEEDING SYSTEM: EVALUATION OF ENERGY CONSUMPTION AND LABOUR REQUIREMENT IN NORTH-EAST ITALY DAIRY FARM

Andrea Pezzuolo<sup>1</sup>, Alessandro Chiumenti<sup>2</sup>, Luigi Sartori<sup>1</sup>, Francesco Da Borso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Padova, Italy; <sup>2</sup>University of Udine, Italy

andrea.pezzuolo@unipd.it

**Abstract.** Feeding operations in dairy cow farms are of strategic importance for the economy of the farm. In addition to being strictly related to the productivity of the cows, feeding represents one of the greater costs for farms, considering that more than 25 % of labour time is dedicated to this operation. In a context characterized by the need for maintaining high production standards and of decreasing the costs, the adoption of automated systems for the preparation and distribution of the total mixed ration (TMR) can represent a valid solution, especially in specialized farms. Automatic Feeding Systems (AFS) allow for the increase in frequency of feed distribution with a consequent optimization of dry matter ingestion by the animals, and simultaneously, assist with maintaining a higher stability of ruminal pH along with significant advantages in terms of health and production. Furthermore, they provide a reduction of man labour related to preparation of feed, distribution, and to propel the ration closer to the feeding rack. The present research was focused on monitoring of a dairy farm, located in the Veneto region of Italy, during the transition from a conventional feeding system (CFS), represented by a tractor- operated mixing wagon, to an automatic system equipped with stationary feeding hoppers, a mixing unit and distribution wagon operating on rail. The paper reports a comparative analysis of the functionality of the two systems, including energy consumption and man labor, for preparation and distribution of the TMR. Despite the initial capital investment and maintenance, expenditures have not been taken into account in this study, AFS represent an innovative way to reduce the labour requirements and the improve quality and consistency of work when feeding TMR. In particular, labour was reduced from 2.5 h·day<sup>-1</sup> related to the CFS to 1.02 h·day<sup>-1</sup> needed for the management of the AFS. The AFS also demonstrated, to be of interest, with regard to an economic point of view, reducing the costs for preparation and distribution of the TMR. The CFS, in fact, showed a cost of 1.44 EUR·m<sup>-3</sup> and 0.16 EUR·cow<sup>-1</sup> per day, and the consumption of energy of 24.66 kWh·m<sup>-3</sup> and 2.74 kWh·cow<sup>-1</sup> per day, while the AFS revealed a cost of 0.91 EUR·m<sup>-3</sup> of TMR and 0.10 EUR·cow<sup>-1</sup> per day, and the specific energy consumption of 6.81 kWh·m<sup>-3</sup> of TMR and 0.76 kWh·cow<sup>-1</sup> per day.

**Keywords:** dairy cattle, automatic feeding, energy consumption, labour requirement.

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

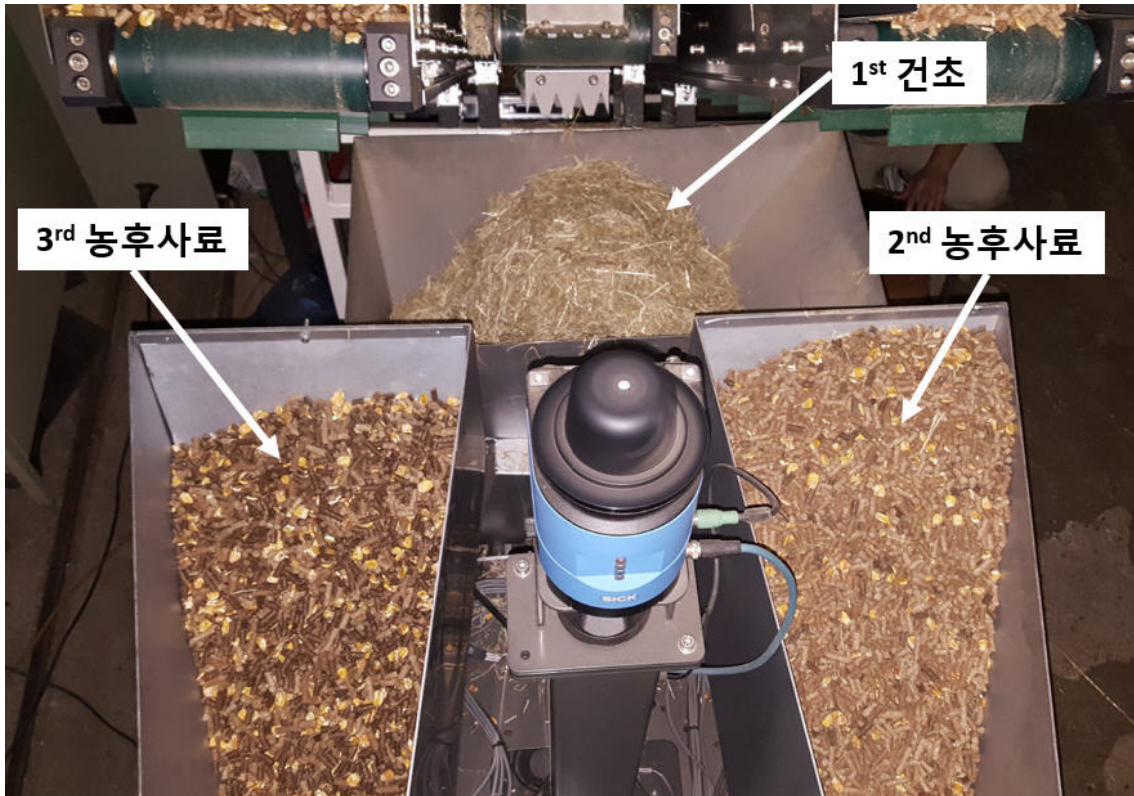
항목		단위	가 중 치	세 계 최 고 수 준	개발목표(년도)			성능평가/시험 방법 및 기준
					1차	2차	3차	
축 산 작 업성능	사료 급여 종 류	종	10	Lely(미 국) 1	-	2	3	사료종류 (조사료/건사료 /TMR)
	1회 사료 급여 시간	min	15	Lely(미 국) 60	-	80	65	약 100두 기준 축사 (길이 50m)
	사료공급 성공율	%	15	Lely(미 국) 95	-	80	95	먹이공급로 거리 기준
	ICT 영상 모 니터링 해상도	해상도	10		-	HD	HD	전송량기준
로봇 H/W 성능	위치추정 정밀 도	cm	10	CMU( 미국) 15	30	20	15	
	매니플레이터 자유도	DOF	10	-	-	4	4	축산농가에서는 가격대 성능비 고려
	매니플레이터 페이로드	kg	10	Boston Dynam ics(미 국) 15	-	10	10	축산농가 작업 필요 성능 최적 화
	이동플랫폼 페이로드	kg	10	ClearP ath Robotic s (미국) 1,000	-	300	300	축산농가 필요 성능 최적화  KTR(공인시험 성적서)
	지도 정밀도	cm	10	Stanfor d(미국) 15	-	30	15	



### 3-2. 목표 달성여부

#### 가. 축산작업성능

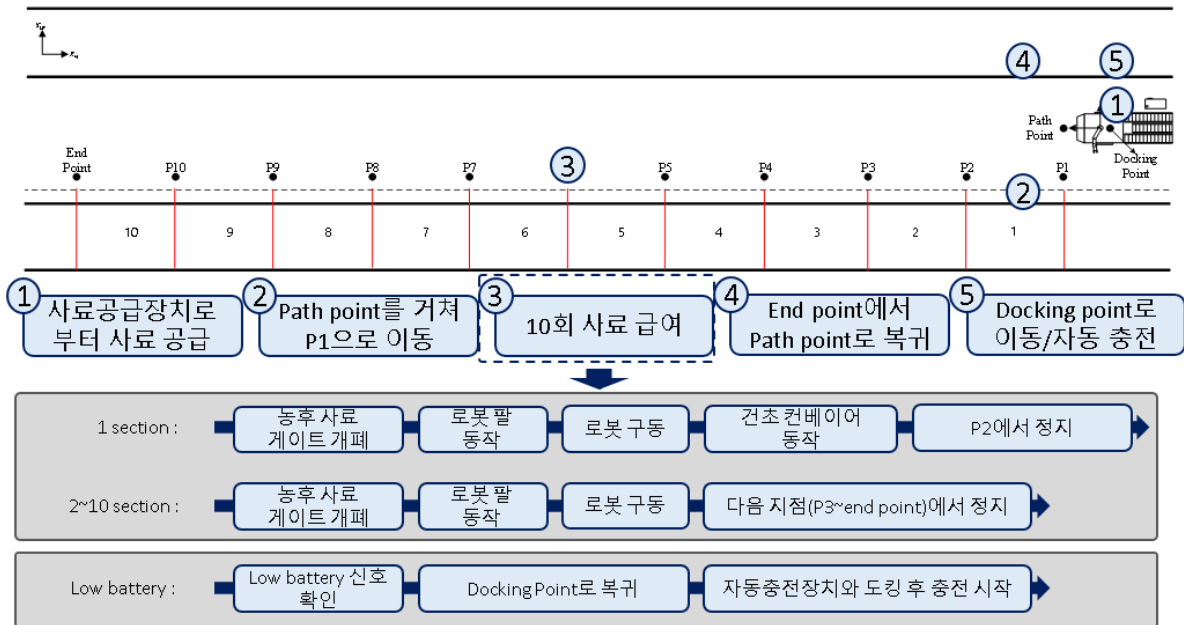
- 사료 급여 종류 3종류 달성



<3종 자동곡물급여기>

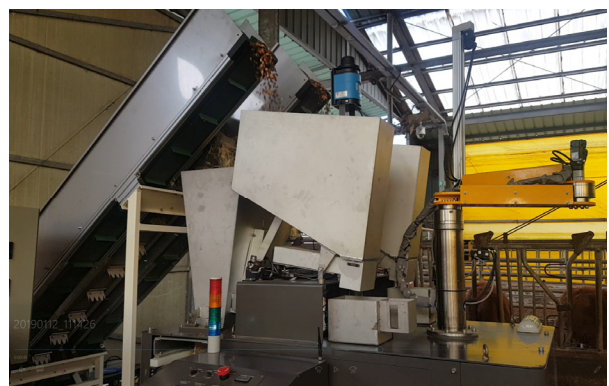
○ 1회 사용 급여시간 65min 이내 달성

- 측사 주행 조건을 고려한 경로 추종 및 운동제어 기술 개발
- 측사 내 사료급여/청소/순찰 3종의 작업에 대한 운동제어 기술 개발
- 초기위치에서 목표 위치까지 진행하는 경로상의 점을 지정하여 원하는 경로를 생성할 수 있는 Pure Pursuit 기법을 통해 사료급여/청소/순찰에 대한 운동제어를 하는 것은 측사 환경에 따라 유연하게 대응할 수 있다는 이점이 있음



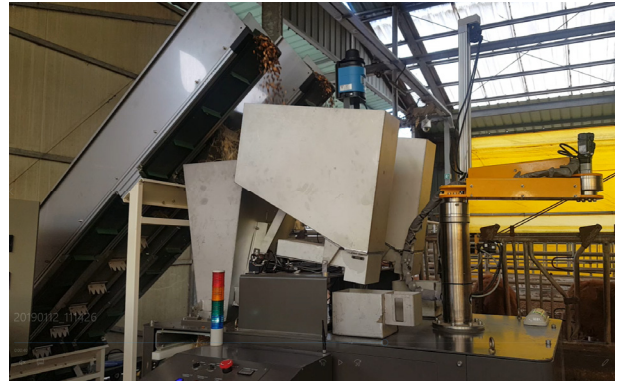
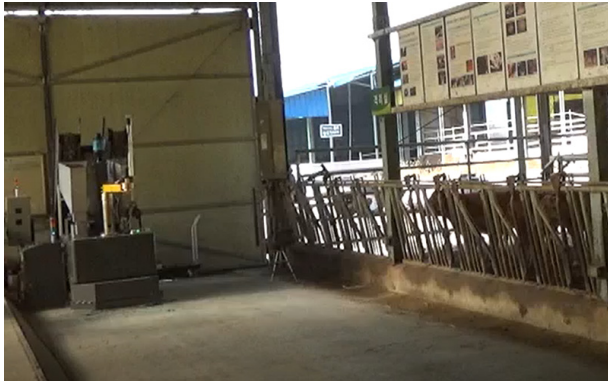
<사료급여 및 청소/경비 시스템>

- 초기위치(1)에서 사료급여 시작 위치로 이동
- 사료공급장치에서 자율주행 플랫폼으로의 사료 전달



<사료공급장치로부터 사료 공급>

- 사료공급장치는 자율주행 플랫폼의 탑재된 사료통의 근접 센서를 통해 사료 공급 유무를 결정



(1)



(2)



(3)

<초기위치에서의 사료급여 시작 위치까지 이동>

- 초기위치에서 2개의 Path point를 지나 사료 공급 시작 위치로 이동

- 사료 급여(10구간)



1구간



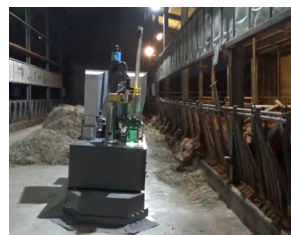
2구간



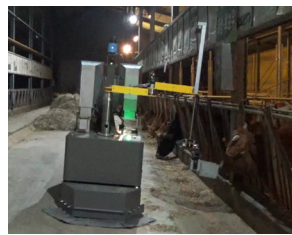
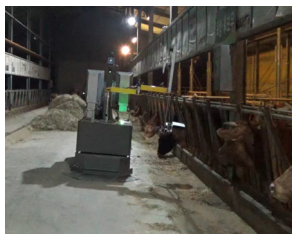
3구간



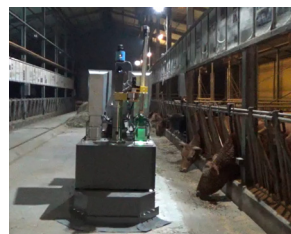
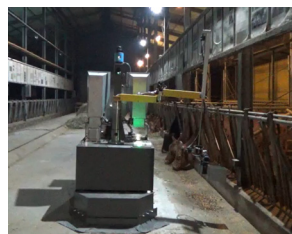
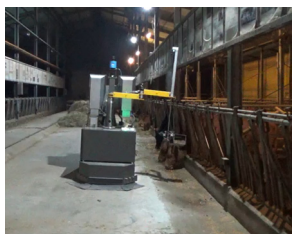
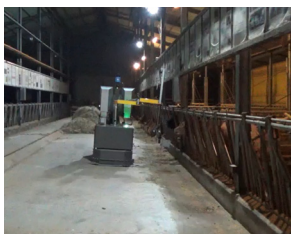
4구간



5구간



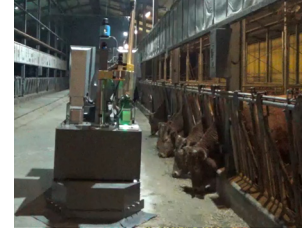
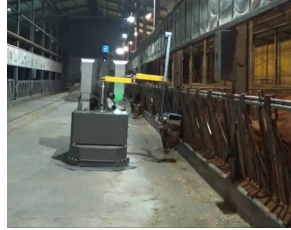
6구간



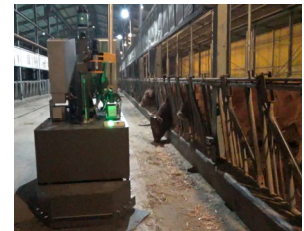
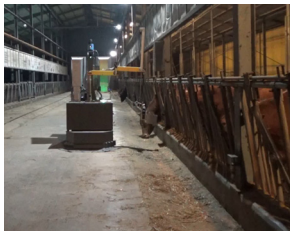
7구간



8구간



9구간




10구간

<사료급여>

○ 사료급여 결과

- 방법: 축사 환경에서 사료 급여 시험
- 목표: 성공률 95% 이상, 급여시간 65분 이내
- 결과: 성공률 100%, 급여시간 65분 이내  
(1개 급여구간 평균 소요시간 3분 10초)
- 하나의 사료급여구간에 소 5마리의 사료급여가 가능하므로 100마리의 소의 사료급여를 위해서는 총 20개의 구간을 진행해야 함
- 실험 진행: 테스트를 진행한 축사 구조상 10개의 급여구간만 사료급여 가능  
(10개의 급여구간 사료급여 시 소요 시간 : 32분 30초 이내)

○ 사료공급 성공률 95% 이상 달성 (공인시험성적서)



**시험성적서**

(주)디티앤씨

17042 경기도 용인시 처인구 용원로 154번길 42(유봉동)  
Tel : 031-321-2664 Fax : 031-321-0220

---

1. 성적서 번호 : DRCEL1902-0103

2. 신청인

- 상 호 : 포테닛주식회사
- 주 소 : 서울시 구로구 디지털로 33길 55 이앤씨벤처드림타워 2차 506호

3. 시험성적서의 용도 : 품질관리용

4. 제품명 / 모델명 : 축사 자동화 로봇 / FER0-V2

5. 시험방법 : 신청자 제시

6. 시험기간 : 2018년 12월 20일

7. 시험환경 : 온 도 (N/A ± N/A) °C, 습 도 (N/A ± N/A) % R.H.

8. 시험결과 : 본문 참조

시험자 확인

성명: 정형우

기술책임자

성명: 정재한

이 성적서는 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

2019년 02월 01일

(주)디티앤씨 대표이사 (인)

시험성적서의 진위여부에 대한 확인이 필요하신 경우에는 report@dtnc.com으로 문의 부탁드립니다.

TRF-RC-007(00)161110 본 시험성적서는 디티앤씨의 승인 없이는 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 1 / 10

**목 차**

1. 시험개요 ..... 3

2. 시험품 ..... 3

2.1. 정보 ..... 3

2.2. 사진 ..... 3

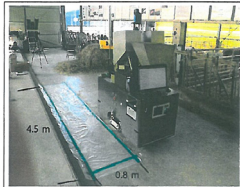
3. 시험조건 및 시험결과 ..... 4

3.1. 성능시험 ..... 4

G4B(www.g4b.co.kr)진위확인코드 : f9zmJAjszRE=

1. 시험개요
- 본 시험은 신청자의 요구에 따라서 신청자가 제시한 시험조건과 시험품으로 성능시험을 실시하였음.
2. 시험품
- 2.1. 정보
- (1) 신청자 & 제조사 : 포테닛주식회사
- (2) 제품명 : 축사 자동화 로봇
- (3) 모델명 : FER0-V2

2.2. 사진



[그림 1] 축사 자동화 로봇

G4B(www.g4b.co.kr)진위확인코드 : f9zmJAjszRE=

3. 시험조건 및 시험결과

3.1. 성능시험

<표 1> 시험품 정보

신청자	포테닛주식회사	시험기간	2018. 12. 20.
제품명	축사 자동화 로봇	모델명	FER0-V2
시험조건	신청자 제시		

(1) 시험조건

- 배출면적 : ① 가로 : 4.5 m ② 세로 : 0.8 m
- 투입복합사료 : 2 kg
- 시험횟수 : 5회
- 배출복합사료 : 투입되는 복합사료의 95 % 이상
- 시험용상태 : ① 비포장 ② 동력
- 시험물수 : 1 EA

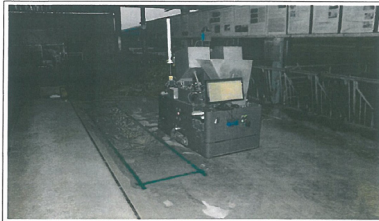
(2) 시험장비

<표 2> 시험장비 목록

장비명	모델명 / 제조사	기기번호	차기교정 예정일자	교정기관
Tapeline	KMC-25RJ / KOMELON	E22	2020. 09. 04.	SICT
전기식 지시 저울	ES 6200C / Precisa	4800834	2019. 06. 27.	SICI

G4B(www.g4b.co.kr)진위확인코드 : f9zmJAjszRE=

(가) 시험장면사진



a. 시험 전



b. 시험 후

I. 1차 시험

TRF-RC-007(00)161110 본 시험실격서는 해당시험서의 승인 없이 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 9 / 10

G4B(www.g4b.go.kr)진위 확인 코드 : f9zn1AjsrE=

(계속)



a. 시험 전



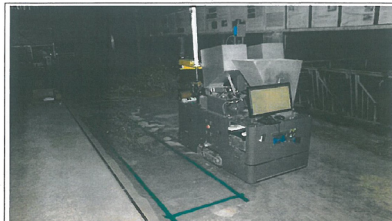
b. 시험 후

II. 2차 시험

TRF-RC-007(00)161110 본 시험실격서는 해당시험서의 승인 없이 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 8 / 10

G4B(www.g4b.go.kr)진위 확인 코드 : f9zn1AjsrE=

(계속)



a. 시험 전



b. 시험 후

III. 3차 시험

TRF-RC-007(00)161110 본 시험실격서는 해당시험서의 승인 없이 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 7 / 10

G4B(www.g4b.go.kr)진위 확인 코드 : f9zn1AjsrE=

(계속)



a. 시험 전



b. 시험 후

IV. 4차 시험

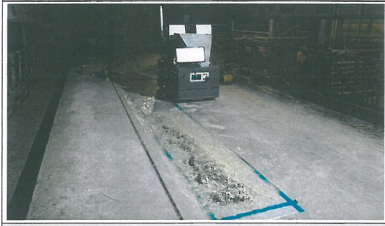
TRF-RC-007(00)161110 본 시험실격서는 해당시험서의 승인 없이 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 8 / 10

G4B(www.g4b.go.kr)진위 확인 코드 : f9zn1AjsrE=

(계속)



a. 시험 전



b. 시험 후

V. 5 차 시험

[그림 2] 시험장면사진

TRF-RC-007(00)101110 본 시험장면서는 메타데이터의 송신 용이한 복제 및 재발당이 금지됩니다. 페이지: 9 / 10



(4) 시험결과

<표 3> 시험결과

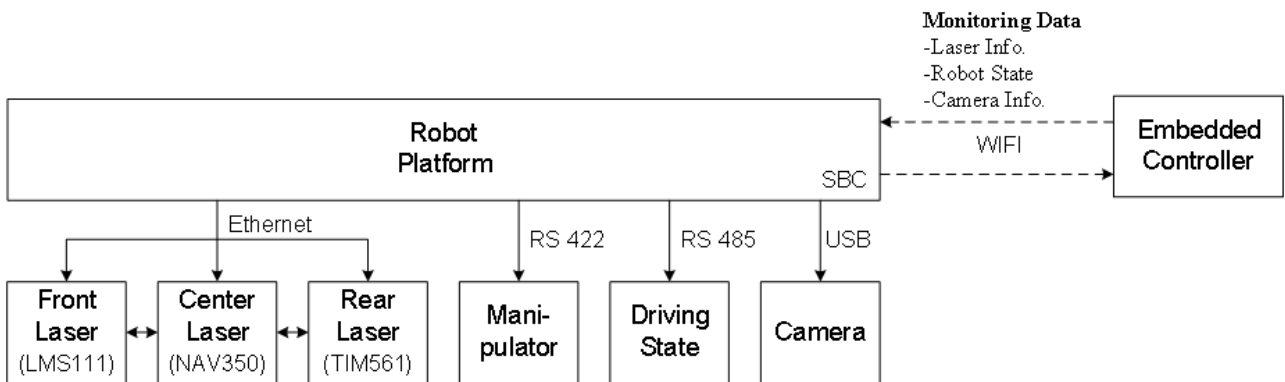
시험횟수	투입복합사료 (g)	배출복합사료 (g)
1차 시험	2,000	1,979
2차 시험	2,000	1,996
3차 시험	2,000	1,992
4차 시험	2,000	1,987
5차 시험	2,000	1,985

-끝-

TRF-RC-007(00)101110 본 시험장면서는 메타데이터의 송신 용이한 복제 및 재발당이 금지됩니다. 페이지: 10 / 10



○ ICT 영상 모니터링 해상도 HD급 달성

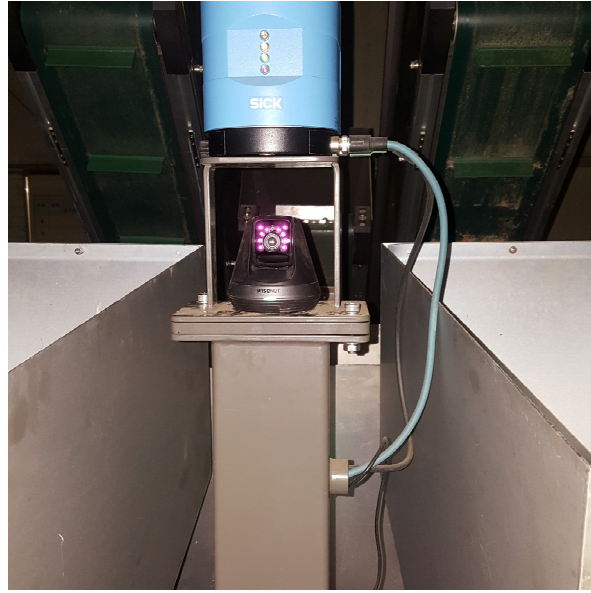


<시스템 구성>

- WISENET 카메라를 사용하여 사용자가 지정하는 다양한 기기에서 축사의 상태를 실시간으로 확인 가능

- 외부 기기를 통해 로봇의 UI에 접속하여 로봇 상태에 대한 모니터링도 가능함





<자율주행 플랫폼에 탑재된 카메라 위치>



(a) 주간 촬영

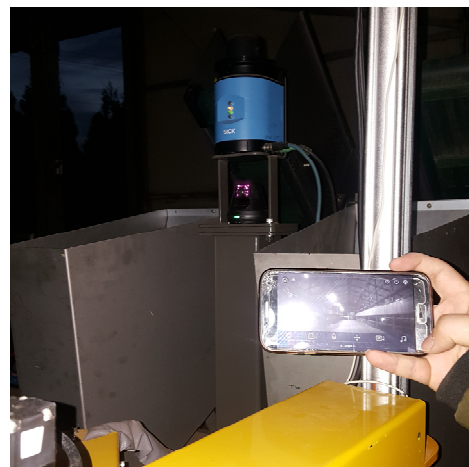


(b) 야간 촬영

<카메라를 통해 본 주/야간 축사 환경>



(a) 주간 모니터링



(b) 야간 모니터링

<실시간 모니터링>

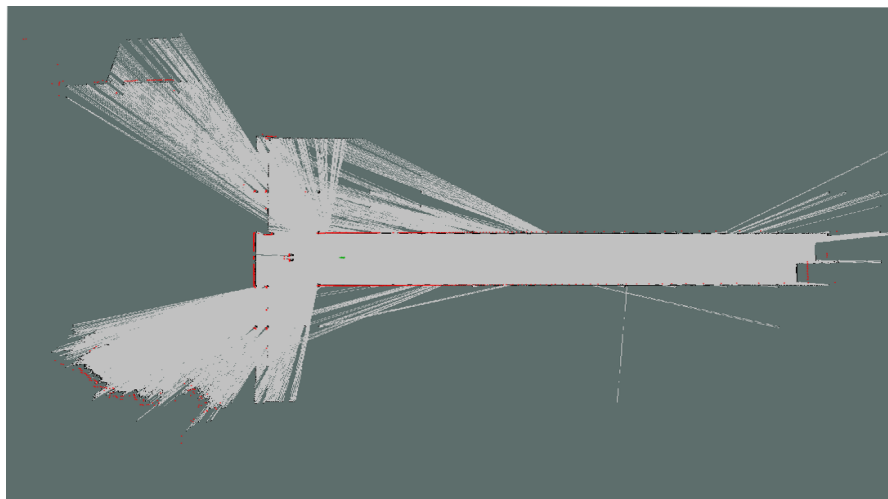
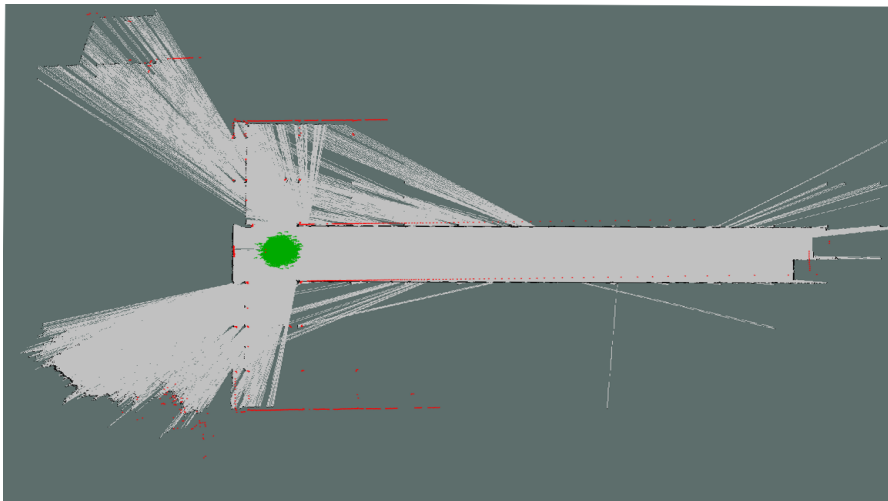
<실시간 모니터링 카메라 사양>

화소	200만 화소
카메라	CMOS
동영상 녹화사양	1920 x 1080
카메라 동작 범위	좌우 350도, 상하 155도
부가 기능	움직임 감지, 야간 촬영 가능, 소리 감지

나. 로봇 H/W 성능

○ 위치추정 정밀도 15cm 이내 달성 (측사 내 주행 시험 10회 실시후 복귀 지점에 대한 위치추정)

- 녹색 점: 파티클 , 빨간색 점: 추정되는 위치에서의 레이저 포인트



<측사 내 위치추정 시험>

<측사 내 위치추정 시험 결과 정량적 분석>

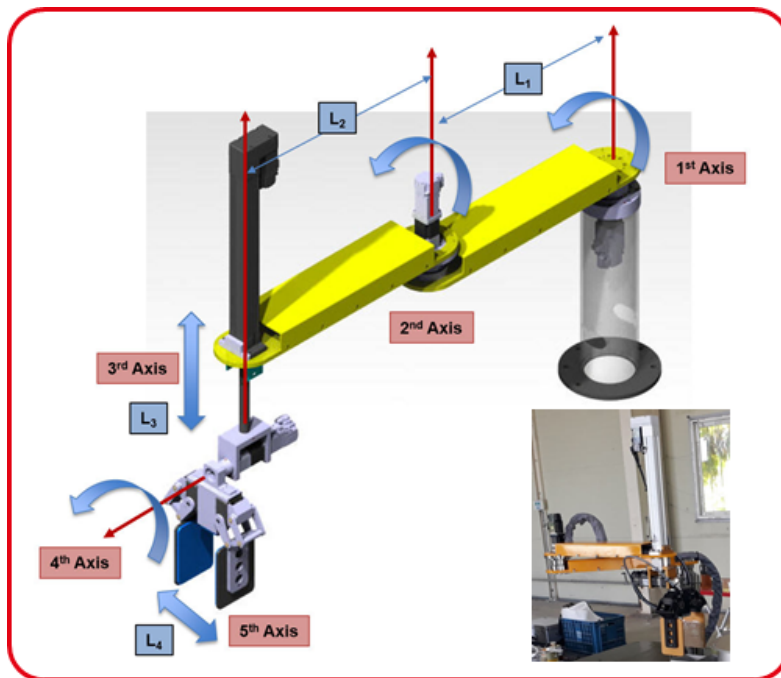
(단위: cm)

횟수	x	y	오차	over 15cm
1	413	11	13	X
2	386	11	14	X
3	413	10	13	X
4	390	9	10	X
5	413	11	13	X

- 측사 내 위치추정 시험 결과에 대한 정량적 분석에서 x, y 값은 자율주행 플랫폼의 추정 위치를 의미함

- 실험에서 실제 자율주행 플랫폼의 최종 위치는 지도상에서 x는 400cm, y는 10cm인 지점임

○매니플레이터 자유도 4개 달성



<매니플레이터 자유도 4개 달성>

○매니플레이터 페이로드 10kg 이상 달성(공인시험성적서)

○이동플랫폼 페이로드 300kg 이상 달성(공인시험성적서)




# 시험성적서

**Dt&C** (주)디티앤씨  
17042 경기도 용인시 처인구 용동로 154번길 42(용동동)  
Tel : 031-321-2664, Fax : 031-321-0220

1. 성적서 번호 : DRCREL1810-0520  
2. 신청인  
· 상 호 : 포테닛주식회사  
· 주 소 : 서울시 구로구 디지털로 33길 55 이앤비벤처드림타워 2차 506호  
3. 시험성적서의 용도 : 품질관리용  
4. 제품명 / 모델명 : 축사 자동화 로봇 / FER0 - V2  
5. 시험방법 : 신청사 제시 규격  
6. 시험기간 : 2018년 08월 29일  
7. 시험환경 : 온도 (32 ± 2) °C, 습도 (55 ± 2) % R.H.  
8. 시험결과 : 본문 참조

확인 시험자 기술책임자  
성명 임규진 정재환  
이 성적서는 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하여, 용도 이외의 사용을 금합니다.

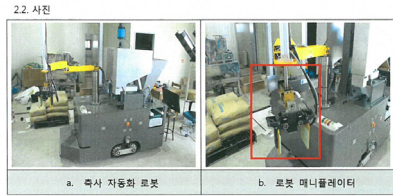
2018년 10월 11일  
  
 (주)디티앤씨 대표이사 (인)

시험성적서의 진위여부에 대한 확인이 필요하신 경우에는 [paper@dtc.net](mailto:paper@dtc.net)으로 문의 부탁드립니다.  
 TRF-RC-007(00)181110 본 시험성적서는 (주)디티앤씨의 승인 없이서는 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 1/7



성적서 번호 : DRCREL1810-0520

1. 시험개요  
본 시험은 신청자의 요구에 따라서 신청자가 제시한 규격과 시험품으로 기능시험을 실시하였음.
2. 시험품  
2.1. 정보  
(1) 신청자 외 제조사 : 포테닛주식회사  
(2) 제품명 : 축사 자동화 로봇  
(3) 모델명 : FER0 - V2



TRF-RC-007(00)181110 본 시험성적서는 (주)디티앤씨의 승인 없이서는 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 3/7



성적서 번호 : DRCREL1810-0520

### 3. 시험조건 및 시험결과

#### 3.1. 축사 자동화 로봇 PAYLOAD

<표 1> 시험품 정보

신청자	포테닛주식회사	시험일자	2018. 08. 29.
제품명	축사 자동화 로봇	모델명	FER0 - V2
시험규격	신청사 제시 규격		

#### (1) 시험조건

- 1) 시험품에 300 Kg 이상의 Payload를 적재한다.
- 2) 시험품의 전진 및 후진 이동 여부를 확인한다.
- 3) 적재품 무게 : 321.1 Kg
- 4) 시험횟수 : 10회 왕복

#### (2) 시험장비

<표 2> 시험장비 목록

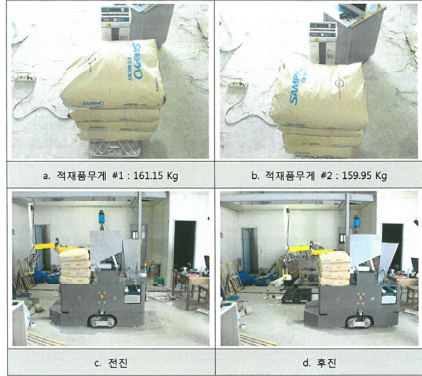
장비명	모델명 / 제조사	기기번호	자기교정 예정일자	교정기관
전기식저지저울	DB-200 / CAS	CNA37	2019. 01. 18.	SICT
Humidity/Baro/Temp. DATA RECORDER	MHB-382SD / LUTRON	66520	2018. 12. 22.	SICT

TRF-RC-007(00)181110 본 시험성적서는 (주)디티앤씨의 승인 없이서는 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 4/7



성적서 번호 : DRCREL1810-0520

#### (3) 시험장면사진



#### (4) 시험결과

<표 3> 시험결과

점검항목	시험결과
전진 및 후진 이동 확인	이상 없음

TRF-RC-007(00)181110 본 시험성적서는 (주)디티앤씨의 승인 없이서는 복제 및 재발급이 금지됩니다. 페이지: 5/7



3.2. 측사 자동화 로봇 매니플레이터 PAYLOAD

<표 4> 시험품 정보

신청자	포테넷주식회사	시험일자	2018. 08. 29.
제품명	측사 자동화 로봇	모델명	FERO - V2
시험규격	신청자 제시 규격		

(1) 시험조건

- 1) 시험품에 10 Kg 이상의 Payload를 거치한다.
- 2) 시험품의 상승 및 하강 이동 여부를 확인한다.
- 3) 거지중 무게 : 13.35 Kg
- 4) 시험횟수 : 10회 양분

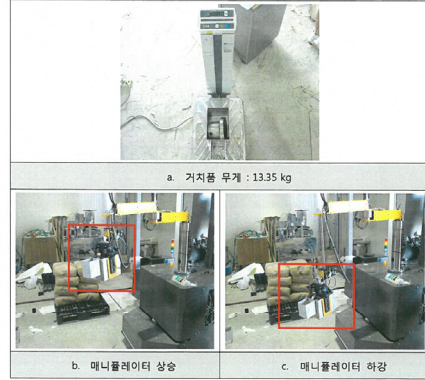
(2) 시험장비

<표 5> 시험장비 목록

장비명	모델명 / 제조사	기기번호	차기고정 예정일자	교정기관
전기식지시저울	DB-200 / CAS	CNA37	2019. 01. 18.	SICT
Humidity/Baro/Temp. DATA RECORDER	MHB-382SD / LUTRON	66520	2018. 12. 22.	SICT



(3) 시험장면사진



(4) 시험결과

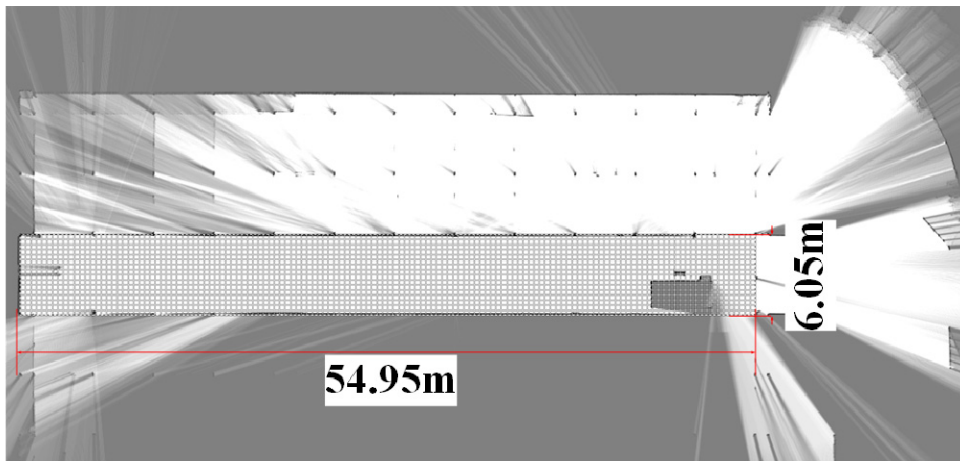
<표 6> 시험결과

점검항목	시험결과
상승 및 하강 이동 확인	이상 없음

-끝-



- 지도 정밀도 15cm 이내 달성(측사내 4지점에 대해서 거리측정 시험 각 10회 측정)
- 지도작성 오차 정략적 목표 15cm 이내 달성



<측사 주행 구간 지도작성 결과>  
<측사환경지도 작성 결과 정략적 분석>

(단위: cm)

	가로 오차	세로 오차	최종 오차	over 15cm
지도 정밀도	5	5	7	X

3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 정략적 목표는 완료

## 4. 연구결과의 활용 계획 등

### 4-1. 연구개발 결과의 활용방안

- 개발된 자율주행플랫폼 및 매니플레이션 기술의 핵심부품과 ICT 통합 시스템 개발 기술의 특허/실용신안 등록 및 논문, 학술대회 발표 등의 학술적 활동을 통해 과제의 성과 달성.
- 기술이전과 제품 양산화를 통해 국내 및 국외 축산농가 보급으로 시장 활성화 및 국가경쟁력 상승에 기여.
- 축산용 매니플레이션 기술 적용은 사례를 찾아보기 어려운 독자적인 기술로 제품 개발을 통한 해외 수출 증진이 가능할 뿐만 아니라 판매용 제품 양산을 통한 국내 관련 제품 시장 활성화 및 국외 판매를 통한 외화유치.
- 모바일 매니플레이션 기술 개발은 기존 시설원에 등 다양한 환경에 적용할 수 있음.
- 자율주행 기술과 모바일 매니플레이션 기술은 각각 적용이 가능하며 개별적으로도 상품화가 가능하기 때문에 필요에 따라서 다양한 분야에 적용이 가능함.
- 축산 농가에서 보안 기술 또한 유용한 기술로 ICT 기술을 활용한 전방향 감시 기술은 축산 농가에서 축산 작업뿐 아니라 감시 등 보안 제품으로도 활용이 가능함.

### 가. 기술개발 가능 수준

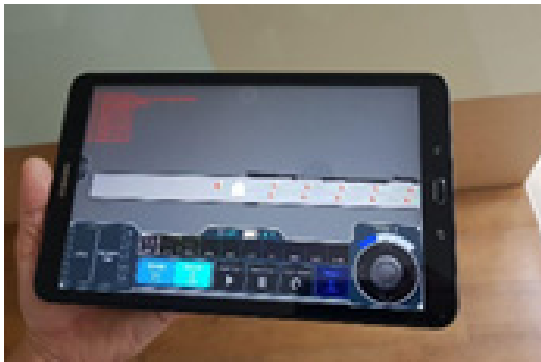
- 핵심 부품 설계 및 개발
  - 실용화를 위한 시스템 및 부품 도면의 상세 설계
  - 타 기종 적용을 위한 요소 부품, 측정/제어/통신 장치 등의 기준 제시
- 모니터링 인프라 구축을 위한 시스템 설치/장착 기술
  - 개발된 실시간 원격 모니터링 시스템에 대한 환경 분석 및 측정/통신 안정성이 고려된 최적 설치/장착 기술
  - 축산 작업 및 모니터링을 위한 시작품 개발 및 양산성을 고려한 필드 적용 기술개발

### 나. 기술개발의 산업화 및 실용화 가능성

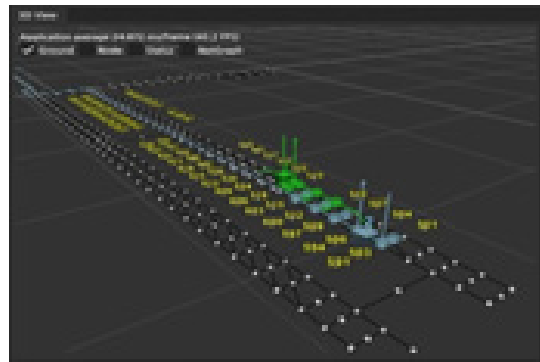
#### ○ 양산개발 전략방향

- 핵심부품의 상세도면을 바탕으로 과제가 완료되는 시점에 맞추어 적용 및 양산 체제 구축

- 국내외 실정 및 구매 경향에 적합한 제품과 수출 경쟁국보다 앞서는 신기술 도입에 따라 영업 및 생산전략 수립.
- 연구 추진 단계에서 연도별 중간 결과물 및 최종 결과물의 실용화가 조기에 가능하도록 계획 수립.
- 실시간 측정 및 원격 통신 기술, 진단 기술 개발을 동시에 진행하고 시작품 개발과 통합 시스템 구축한 후 효율성, 내구성 평가를 통해 조기 실용화를 위한 방향으로 추진계획 수립.
- 정확한 맵핑, 시간최소화, 사용자 중심 인터페이스를 위한 H/W 및 S/W 최적화 작업 계획 수립.



<인스톨러 UI>



<Robot Controller System>

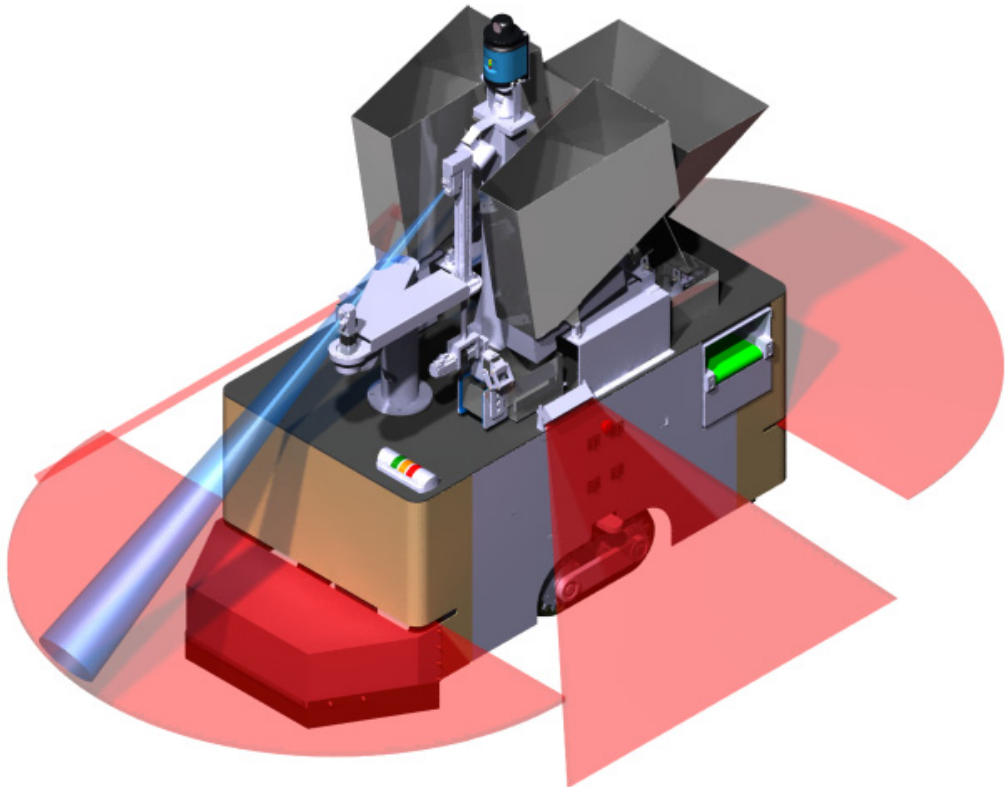
○ 안전화 전략방향

- 다양한 환경 및 비상상황에 대비한 안전센서 적용을 위한 계획 수립.
- 로봇매니퓰레이터 구동부 안전관절모듈 적용 계획 수립.



<로봇매니퓰레이터 안전화 전략>

- 모바일부 Danger Zone 적용 계획 수립.



<Danger Zone Warning LED Light>

## 4-2. 기대성과 및 파급효과

### 가. 기술적 측면

- 주행기술은 축산 환경뿐 아니라 서비스로봇, 산업로봇 등 거의 모든 분야의 인간지원 기능을 갖는 지능로봇에서 핵심적으로 필요한 기술. 지금까지는 로봇관련 회사에서도 주로 단기적인 플랫폼 제작에만 집중하고 주행 기술 연구에 대한 장기적인 계획을 통한 개발은 부족한 상태. 앞으로 자율 주행기술과 관련하여 로봇 산업체와의 공동연구 및 상품화를 통하여 미래 로봇산업 발전에 일익을 담당할 수 있으리라 기대됨.

- 로봇의 종류와 다양한 환경 변화, 작업의 목적 등에 적합한 자율 주행 패키지를 개발함으로써 미국, 일본과 같은 선진국에서 대규모 투자를 통한 로봇을 이용한 군수장비, 산업장비, 각종 실버 복지 산업 등과 같이 다양한 산업 분야에 파급효과.

- 환경에 대한 지도는 주행 뿐 아니라 로봇의 다양한 작업에 꼭 필요한 요소로 지도를 자율적으로 작성하는 기능은 주행패키지 상품화를 위해서 꼭 필요한 기능. 단계 연구를 통하여 소수의 동적장애물이 존재하는 대부분의 실내외 환경에서 실패 없이 자율적인 지도작성이 가능한 모듈을 개발한다면 로봇뿐만 아니라 많은 주행시스템에서 기본 지도 작성 모듈로 사용.



- 매니플레이터를 로봇에 장착하여 실제 환경에서 필요로 하는 작업을 수행함으로써 측사 뿐 아니라 다양한 환경에서 적용할 수 있는 기술 개발이 가능할 것으로 예상되며 새로운 응용사례로의 개발을 촉진할 것으로 기대됨.

- 동적 장애물이 존재하는 환경에서 다양한 목표에 도달하기 위한 경로계획 및 운동제어 기술은 이동로봇의 신뢰성 및 강인성에 직접 연관이 있는 기술로, 주행시스템의 실용화 및 상품화를 위해 꼭 필요 함. 다양한 로봇에 적용했을 때 다양한 환경에서 안정적으로 동작하는 경로계획 및 운동제어 기술을 개발한다면 이동로봇 뿐 아니라 주행보조기기 등의 자율주행시스템에서 기본 주행모듈로 사용될 것으로 기대됨.

- ICT 융합 모니터링 기술과 원격 조작을 가능하게 하는 기술을 개발함으로써 현재로서는 로봇이 자동화하기 어려운 기술은 원격으로 조작하여 로봇을 상업적으로 적용하기 어려운 분야를 개척할 수 있을것으로 예상됨.

- 자율주행 특히, 순찰주행은 경비로봇의 핵심기술 중 하나이기 때문에 지능형 로봇분야에서 세계 3대 로봇강국으로 성장하기 위해서는 반드시 국내 기술로써 상용화하여야 하며, 선진국의 상용화 제품(예, **Evolution Robotics**사 제품)의 성능을 능가하는 기술수준을 목표로 개발이 진행되어 개발된 기술의 개별적인 상품화 및 타 응용분야의 로봇으로의 적용성 및 활용성도 함께 고려하여 개발하고자 함.

#### 나. 경제적 · 산업적 측면

- 모바일 매니플레이션, 다양한 기능 구현을 통한 차별화된 기술 확보로 해외 시장에서 축산 자동화 기술의 국가 경쟁력을 향상.

- 원격 관리 및 실시간 자동 모니터링을 통해 축산업 종사자의 작업 시간을 경감시켜 다른 경제 활동을 가능하게 할 뿐만 아니라 축산 환경을 개선하고 농산물 생산의 효율을 높여 수익을 증대시킬 수 있음.

- 단순 이동 작업이 아닌 복합 작업기술을 개발함으로써 지적재산권 선점이 가능하며 축산업 외 타 산업과의 연계로 새로운 분야의 산업 발전 유도

- 일본 후쿠시마 원전 쓰나미 사고에서 보듯이 모바일 매니플레이터의 상용화된 기술은 재난 사고에서 필수 기술로 확인 됨.

- 대한민국의 선진 IoT기술을 접목하여 언제 어디서든 정확하게 관리하여 사고를 예방하고 생산력 향상 기대

- 노동력 투입의 지속성으로 인하여 축산업을 3D업종으로 인식하고 있으나 자동화 장비를 활용한 노동력 개선으로 인하여 축산업의 경쟁력 제고

- 동물복지형 친환경 축산을 위한 기반 구축 및 한우의 사육환경 개선으로 인하여 한우산업의 생산성 개선

#### 다. 사회적 측면

- 축산업은 노동력을 주로 외국인을 고용하고 있으니 이를 자동화 기계로 대체가 가능하여 생산비 절감 효과

- 인력난이 심각하여 축산업은 주로 외국인 노동자를 생산현장에 활용하는 것이 대부분이지만 기계화를 통하여 24시간 실시간 환경모니터링이 가능하여 생산시설의 쾌적한 환경개선 효과

- 축산전문인력을 장비 운영과 관리에 맞춰서 양성함으로써 축산의 새로운 패러다임 제공

- 가축 관리 빅데이터를 이용하여 인공지능 머신러닝의 데이터로 개발하여 정밀도를 높여 축산업의 선진화 기대.

- 관련기술의 특허출원과 홍보를 위한 국내외 전문 학술지에 게재.

- 마스크 홍보를 통하여 국내 농작물 병해 조기 진단 기술의 우수성을 두각시킴.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.