

발간등록번호

11-1543000-001001-01

스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템 개발

(Development of an Estrus Detection System
for Cows Using Smart Sensor)

(주)버추얼스톰

농림축산식품부

스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템 개발

(Development of an Estrus Detection System for Cows
Using Smart Sensor)

(주) 버추얼스툼

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템 개발” 과제(세부과제 “스마트 센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2015년 8월 10일

주관연구기관명 : (주)버츄얼스톱

주관연구책임자 :

세부연구책임자 :

연 구 원 :

연 구 원 :

연 구 원 :

연 구 원 :

협동연구기관명 : 충남대학교

협동연구책임자 :

협동연구기관명 : 순천향대학교

협동연구책임자 :

요 약 문

I. 제 목

1. 과 제 명 : 스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템 개발

2. 세부연구과제 구성

구분	연구기관	연구책임자	세부과제
제1세부 (주관)	(주)버추얼스튜디오		소 발정탐지 센서 및 시스템 개발
제1협동	충남대학교		최적의 소 발정탐지기 개발을 위한 스마트센서의 현장적용 시험
제2협동	순천향대학교		소 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

구분	특허출원		비SCI 논문		SCI 논문		기타
	계획	달성	계획	달성	계획	달성	
1차년도	0	0	1				
2차년도	2	1	1				
3차년도	0	1			1		
계	2	2	2		1		

III. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구의 필요성

소를 키우는 목장의 수입원을 분석해보면 아래와 같다.

① 원유생산

- 송아지를 낳은 젖소에서 우유를 생산

② 송아지 생산

- 수송아지를 판매하여 수익을 얻음

- 암송아지는 원유를 생산하므로 팔지 않고 직접 기름

③ 늙은 소 판매

- 젖을 더 이상 생산하지 못하거나 생산능력이 떨어지는 늙은 소를 판매
- 불임젖소는 수태하지 못하기 때문에 우유생산을 할 수 없으므로 고기소로 판매

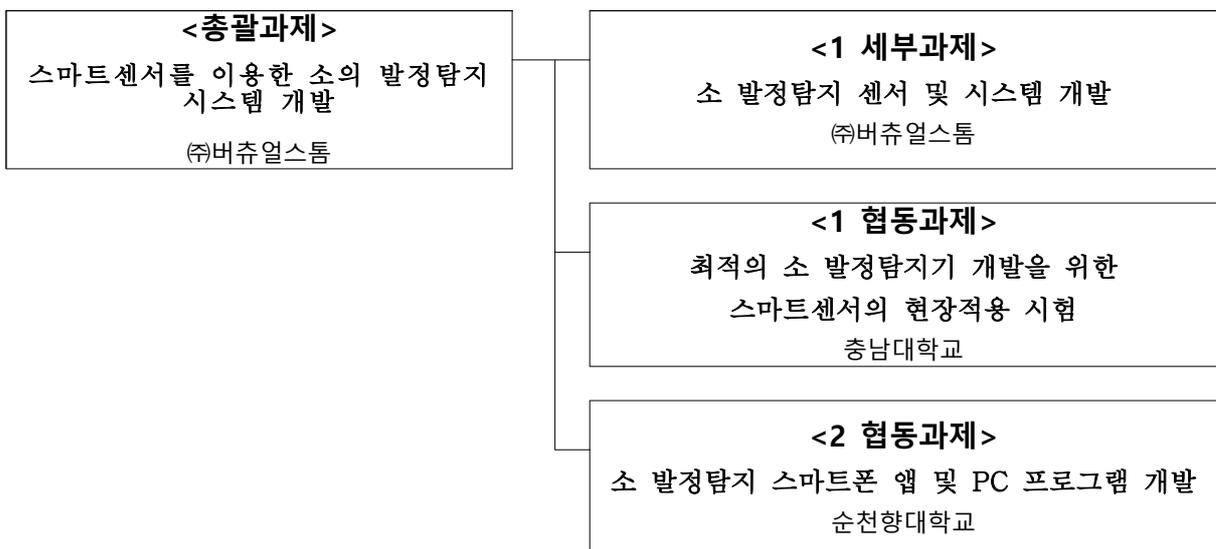
목장을 경영할 때 수입원이 되는 세 가지 모두 수태(임신)와 관련이 있으며 소의 수태 관리는 목장을 경영하는데 가장 중요한 요소이다. 발정발견은 번식관리의 시작이며, 번식 관리는 소득으로 연결되는 목장경영의 핵심이라고 할 수 있다. 최근 농가의 규모가 커지면서 발정 관찰과 적기 수정이 어려워져 번식 효율이 떨어지고 경제적 손실이 발생하고 있다. 발정 관찰의 미비와 생리적, 환경적 변화로 무발정과 미약발정이 증가하고 있는 추세로 암소 수태율(임신율)이 낮아지는 현상이 발생하고 있다. 또한 야간이나 새벽 시간대에 발정 발현율이 높은 관계로 관리자에 의한 소의 발정 발견율이 매우 낮다는 조사(50% 이하, 국립축산과학원 낙농과 조사)도 있다. 인공수정 시간을 정확히 판단할 수 있어야 임신 확률이 높아지므로 이상적인 12개월의 분만 간격(임신 10개월, 회복 2개월)을 얻기 위해서 무인 발정관찰 보조기의 필요성이 증대되고 있다.

2. 연구의 목적

본 과제의 목적은 목장 경영에 가장 중요한 번식을 최상으로 유지하기 위해 스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템을 개발하여 국내 축산업의 경쟁력을 향상시키고 우수한 성능의 발정탐지 시스템을 개발하는데 있으며 이를 위해 암소의 행동을 측정할 수 있는 센서를 개발하여 발정시기에 발정행동을 탐지하여 최적의 인공수정 적기를 판단할 수 있는 발정탐지 센서를 개발하는데 있다.

IV. 연구개발 내용 및 범위

1. 세부 협동 과제 구성



2. 총괄과제 목표

목장 경영에 가장 중요한 번식을 최상으로 유지하기 위해 스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템을 개발하여 국내 축산업의 경쟁력을 향상시키고 우수한 성능의 발정탐지 시스템을 개발하여 수입대체 및 해외시장을 개척함에 있다.

3. 제 1 세부과제 목표 및 내용

- 연구개발 목표
 - 성능이 우수한 발정탐지 시스템 개발
- 연구개발 내용
 - 암소의 발정탐지 센서 모듈 개발
 - 필드서버 개발
 - 발정탐지 DB 서버 구축
 - 발정탐지 시스템 통합 테스트 및 시스템 개발

4. 제 1 협동과제 목표 및 내용

- 연구개발 목표
 - 소 발정탐지용 스마트 센서의 현장 적용 시험을 통해 소의 발정을 정확히 탐지하고, 아울러 배란과 연관된 소 수정적기를 판정함으로써 이상적인 소 발정탐지 시스템을 개발하고자 함
- 연구개발 내용
 - 발정증상의 3가지 기본 패턴에 대한 분석 및 각 센서의 동물적용 시험
 - 환경에 따른 발정탐지용 센서의 현장적용 시험
 - 발정기 및 배란확인에 의한 수정적기 판정

5. 제 2 협동과제 목표 및 내용

- 연구개발 목표
 - 농가 환경에 적합한 네트워크 시스템과 발정탐지 시스템 시험을 위한 시스템 구축
- 연구개발 내용
 - 발정탐지 데이터 수집 시험
 - 데이터 수집을 위한 네트워크 시스템 개발, 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발

V. 연구개발결과

1. 제 1 세부과제(주관) : 소 발정탐지 센서 및 시스템 개발

각 연구팀에서 연구 개발한 내용을 통합하여 스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템을 설계하고 개발하는 연구를 수행하였다. 기존의 발정탐지 제품을 분석하여 문제점을 도출하고 이것을 해결하는 방향으로 발정탐지 센서를 설계하였다. 설계 개발된 발정탐지 센서 모듈은 가속도센서, 지자기 센서, 네트워크 모듈로 구성되며 발정탐지 시스템은 실험

을 위한 농장의 테스트베드와 발정탐지 센서, 필드서버, 데이터베이스 서버로 구성된다. 이를 바탕으로 시험 농장에서 암소에 발정탐지 센서를 부착시키고 실험을 진행하고 그 결과를 분석하여 발정탐지 알고리즘을 구현하였다.

2. 제 1 협동과제 : 최적의 소 발정탐지기 개발을 위한 스마트센서의 현장적용 시험

소 발정탐지기 개발을 위하여 시험 농장에서 현장 적용 시험을 진행하였다. 발정증상 3가지 기본 패턴에 대한 분석을 영상데이터와 센서 데이터를 비교하면서 농장 현장에 적용 시험을 하였다. 발정탐지 센서의 활동량 증가와 배란시간과의 관계를 조사하여 시간관계를 도출하고 인공수정 적기와의 시간관계를 확립하였다. 성공적인 인공수정 적기 판단을 위해 승가, 승가허용, 활동량 증가 각각의 장단점을 고려하여 점수를 부여한 점수제를 도입하였다. 또한 사육환경에 따른 발정탐지 센서의 현장적용 시험을 진행하였다. 사육장의 넓이와 사육밀도에 따른 발정행동 차이, 사육장 바닥 재질과 기울기에 따른 발정행동 차이, 4계절 온도변화에 따른 발정행동 차이 등을 비교하고 발정행동 보정 기준을 정립하였다.

3. 제 2 협동과제 : 소 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발

발정탐지 센서 데이터 수집을 위한 네트워크 소프트웨어 모듈을 개발하여 시험 농장에서 데이터 수집 시험을 진행하였다. 또한 원활한 데이터 수집을 위해 발정탐지 수집 이벤트 알림 소프트웨어를 개발하고 데이터 수집 이상 발생시 자동으로 시험 관리자의 스마트폰에 메시지가 전송되는 프로그램을 개발하였다. 데이터 수집 환경을 넓이기 위해 다중 필드서버 지원 시스템을 개발하였다. 필드서버 데이터에 대한 백업 시스템을 구축하고 시험을 위한 영상서버 원격제어 시스템도 구축하였다.

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 특허 출원 성과(출원번호 : 10-2014-0116032)

- 특허 출원 명칭 : 센서 모듈과 이를 이용한 가축의 승가정보 관리 시스템 및 방법

2. 논문 게재성과

게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
		주저자	교신 저자	공동 저자				
2014	소의 발정탐지를 위한 무선 센서 네트워크에서 저속의 ZigBee를 이용한 고속 데이터 수집 방법				한국지식정보기술학회논문지	제9권 (제3호)	국내	비 SCI
2015	한우의 발정 탐지를 위한 활동량 분석				한국지식정보기술학회논문지	제10권 (제2호)	국내	비 SCI
2015	A Study on Estrus Detection Analysis on Cows via Utilization of an Accelerometer				Journal of Dairy Science	게재중	국외	SCI

* 보고서 끝에 게재중 논문 첨부

3. 국내 학술대회 발표성과

- 3축 가속도 센서를 이용한 활동량 모니터링 시스템
- IoT 기반 가축 관리 빅데이터 시스템

4. 성과활용을 위한 향후 계획

본 연구 과제를 수행하면서 개발된 발정탐지 시스템을 (주)버추얼스톰에서 상용화를 할 예정이며 사업화를 위하여 과제 결과에 대한 보완 실험을 준비하고 있다. 보완 실험이 종료되면 전문 시험 기관(대학, 축산과학원 등)의 성능 시험을 의뢰하여 시스템의 성능을 검증받을 예정이다.

상용화 후 제품을 보급하기 위하여 충남 홍성군과 2차례 협의를 한바 있으며 축산 신문 광고와 축산 관련 전시회 출품 홍보를 할 예정이다. 각 지역의 거점 농가를 선정하여 제품 테스트 협약을 맺어 실제 농가에 확산 영업 전략 구축할 것이다.

해외(중국) 상용화 준비로 농업진흥청 국제협력과를 통하여 중국 북경 주재원 협조를 받아 중국농업과학원 베이징축산수의연구소 부소장 Mr. Han Xuesong의 추천으로 2곳의 중국 현지 대규모 농장(사육두수 2만두 이상)에 출장 예정이었으나 국내 전염병(구제역)으로 인하여 현지 농장에서 방문을 취소하였으나 2016년에 방문하기로 하고 서로 협력하기로 하였다. 현재에서 본 과제로 개발된 발정탐지 시스템을 적용하여 시험하고 서로 협력하여 중국현지에 맞는 발정탐지 시스템 개발을 협의할 예정입니다.

타연구에 본 연구 결과를 활용할 계획은 확장형 웨어러블 디바이스를 구상하고 있는데 본 과제의 결과물로 특정 행동의 패턴 인식 알고리즘을 이용하여 사람의 평소 자연스러운 행동 및 습관의 데이터를 빅데이터로 수집하여 이를 개인화된 해석을 통해 생활습관을 조언해주는 시스템 개발에 활용할 계획이다. 또한, 말에 관한 발정탐지 시스템과 말의 행동인식을 기반으로 하는 운동효과 분석 시스템을 본 과제의 결과의 확장으로 연구하여 새로운 사업에 접목할 수 있는 연구를 진행할 예정에 있다.

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요 및 성과목표	1
제 1 절	연구개발의 목적, 필요성 및 범위	1
1.	연구개발의 목적	1
2.	연구개발의 필요성	1
3.	연구개발의 범위	6
제 2 절	연구성과 목표 대비 실적	8
1.	1차년도 연구목표 대비 실적	8
2.	2차년도 연구목표 대비 실적	10
3.	3차년도 연구목표 대비 실적	13
제 2 장	국내외 기술개발 현황	16
제 1 절	국내외 관련분야에 대한 기술개발현황	16
1.	국내 제품생산 및 시장 현황	16
2.	국외 제품생산 및 시장 현황	17
제 2 절	국내외 관련분야 환경변화	20
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	23
제 1 절	1차년도 연구개발수행 내용	23
1.	연구수행 범위 및 연구수행 방법	23
2.	세부연구수행 결과	28
제 2 절	2차년도 연구개발수행 내용	56
1.	연구수행 범위 및 연구수행 방법	56
2.	세부연구수행 결과	65
제 3 절	3차년도 연구개발수행 내용	102
1.	연구수행 범위 및 연구수행 방법	102
2.	세부연구수행 결과	106
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	165
제 1 절	연도별 연구목표에 입각한 연구개발목표의 달성도	165
1.	1차년도 연구목표의 달성도	165
2.	2차년도 연구목표의 달성도	167
3.	3차년도 연구목표의 달성도	170
제 2 절	관련 분야의 기여도	173
1.	관련 분야의 경제적 기여도	173
2.	관련 분야 구성원에 대한 기여도	173

제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	175
제 1 절	연구개발 성과	175
1.	특허 출원 성과	175
2.	논문 게재성과	175
3.	국내 학술대회 발표성과	176
제 2 절	실용화·산업화 계획	176
제 3 절	추가연구, 타연구에 활용 계획	177
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	178
제 7 장	연구시설·장비 현황	187
제 8 장	연구실 안전관리 이행실적	188
제 9 장	참고문헌	189
<첨부>	특허, 논문 및 시장분석 보고서	193

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

제 1 절 연구개발의 목적, 필요성 및 범위

1. 연구개발의 목적

목장 경영에 가장 중요한 번식을 최상으로 유지하기 위해 스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템을 개발하여 국내 축산업의 경쟁력을 향상시키고 우수한 성능의 발정탐지 시스템을 개발하여 수입대체 및 해외시장을 개척함

2. 연구개발의 필요성

가. 연구개발의 산업적 필요성

○ 소를 기르는 목장경영(낙농가)의 수입원 분석

① 원유생산

- 송아지를 낳은 젖소에서 우유를 생산

② 송아지 생산

- 수송아지를 판매하여 수익을 얻음. 암송아지는 원유를 생산하므로 팔지 않고 직접 기름

③ 늙은 소 판매

- 젖을 더 이상 생산하지 못하거나 생산능력이 떨어지는 늙은 소를 판매. 불임젖소는 수태하지 못하기 때문에 우유생산을 할 수 없으므로 고기소로 판매

○ 목장을 경영할 때 수입원이 되는 세 가지 모두 수태(임신)와 관련이 있음. 따라서 소의 수태관리는 목장을 경영하는데 가장 중요한 요소임

▪ 발정발견을 제때 하지 못하면 공태기(임신하지 않는 기간)가 길어져 경비손실이 발생(소의 발정은 한 주기가 21일임. 소득은 없고 지출만 추가됨)

▪ 발정발견은 번식관리의 시작이며, 번식관리는 소득으로 연결되는 목장경영의 핵심임

○ 최근 낙농 농가의 규모가 커지면서 발정 관찰과 적기 수정이 어려워져 번식 효율이 떨어지고 경제적 손실이 발생하고 있음

▪ 국립축산과학원의 조사에 따르면 최근에 낙농농가가 갈수록 줄고 있으며 개개 농가의 평균 두수가 증가하고 있음

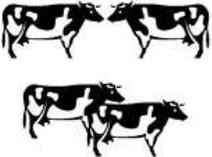
▪ 국토 개발이 되면서 개발 부지의 농가가 없어지고 환경문제 때문에 신규 허가는 나지 않는 경우가 많아 낙농가의 수가 줄고 있는 추세임

▪ 힘든 일을 하지 않으려는 세대 때문에 목부의 수가 갈수록 줄고 있음

- 기존 농가는 경쟁력 확보 차원에서 규모를 키우려는 경향을 가짐

○ 암소 수태율(임신율)이 낮아지는 현상이 발생하고 있음

- 발정 관찰의 미비와 생리적, 환경적 변화로 무발정과 미약발정이 증가하고 있는 추세임
- 소의 고능력화에 동반하여 분만 후 발정재귀의 지연, 발정발현의 이상, 수태율의 지속적 저하 등이 일반적 현상으로 대두되고 있음
- 발정 지속 시간이 짧아짐으로써 배란 시간을 예측하여 수정 적기를 판단하기가 어려움
 - 과거에 비해 발정 지속 시간이 매우 줄어들고 있다고 보고됨 (17.8시간 → 10시간 이하)
 - 여름철에는 발정 지속시간이 현저히 줄어들어 환경 및 계절의 영향을 받으므로 일괄적인 발정 데이터 적용이 어려움
- 수정적기를 시간을 정확히 판단할 수 있어야 임신 확률이 높아짐. 그림 1에서와 같이 최초 발정 징후 발견 후 10~24시간(14시간)에 인공수정을 시켜야 수태율이 높아짐(최적기는 평균 4시간만 유지)

발정전 시기 (6 ~ 10시간)	수가축허용자세 발정기 (20시간)				발정종료후 시기 (10시간)	난자의 시기 (6 ~ 10시간)		
	0	10	18	22	24	30	31(배란)	40
시간 수정시간	빠름		적기	최적기	적기	늦음		너무 늦음
1. 다른 소의 냄새를 맡음 2. 다른 소를 승가하려 함 3. 외음부가 습윤, 충혈, 종창함 	1. 용모자세를 취함 2. 큰 소리로 울부짖음 3. 신경질적이고 흥분됨 4. 다른 소를 승가함 5. 사료섭취 및 유생산량 저하 6. 외음부 습윤하고 충혈됨 7. 맑고 투명한 질점액 흘러내림 8. 동공이 확장됨 				1. 다른 소의 승가를 허용치 않고 승가하려 함 2. 다른 소 냄새맡음 3. 질 점액량 감소 및 점조도 높음 		1. 배란된 난자의 수명 : 최대 24시간 2. 최적시간 : 배란후 5시간 이내	



소의 수정적기 시간(국립축산과학원 낙농과)

- 야간이나 새벽 시간대에 발정 발현율이 높은 관계로 관리자에 의한 소의 발정 발견율이 매우 낮음(50% 이하, 국립축산과학원 낙농과 조사)
 - 관리자가 야간에는 잠을 자고 새벽에는 착유(우유 짜기)를 하므로 발정 발견이 어려움



시간별 소의 발정발현율
(국립축산과학원 낙농과)

- 인공수정 시간을 정확히 판단할 수 있어야 임신 확률이 높아짐
 - 발정관찰 보조기가 최초 발정을 발견한 시간을 정확히 알려줄 수 있으므로 인공수정 적기를 자동으로 알려 줄 수 있음
- 경제적으로 이상적인 12개월의 분만 간격(임신 10개월, 회복 2개월)을 얻기 위해서 무인 발정관찰 보조기의 필요성이 증대되고 있음
 - 분만 후 이상적인 첫 수정일과 높은 수태율을 유지하기 위해서는 무엇보다 적기에 발정을 발견하는 것이 중요함
 - 발정 발견 시간을 정확히 알려줄 수 있는 실시간 무인 발정탐지 시스템의 개발이 필요함

나. 연구개발의 경제적 필요성

- 국내 소의 분만간격은 평균 450일이고 평균 임신기간 280일을 제외하면 평균 공태일수(임신이 아닌 일수) 170일임. 분만 후 45일이 경과하면 자궁이 회복되며 60일이면 원상태로 완전히 회복되고 평균 수정회수는 2.4회 임
- 발정 발견을 정확히 할 때, 줄일 수 있는 공태일수 계산

$$\text{줄어드는 공태일수} = \text{평균 공태일수} - \text{자궁의 완전 회복일수} - \text{소의 평균 수정회수} \times \text{발정주기}$$

$$68\text{일} = 170 - 60 - (2 \times 21) \quad : \text{최적 수정시간을 예측할 수 있을 때}$$
- 정확한 발정 발견으로 공태 기간을 약 68일 줄일 수 있음

○ 발정탐지 시스템 도입시 이익 계산

발정탐지 시스템 도입의 이익분 = 가임두수⁽¹⁾ × 공태기간 단축일⁽²⁾ × 1일 발생비용⁽³⁾

- ① 가임두수 : 한·육우(1,195천마리), 젖소(299천마리)의 두수
: 2010년 6월 1일 기준 가축동향조사(통계청) 자료 참고
- ② 공태기간 단축일 : 68일
- ③ 발생비용 : 생산비 = 가축비·사료비 등 제비용 + (자가노력비 + 자본이자)
: 한우번식우 마리당 사육비(2,096천원/년), 젖소 마리당 사육비(5,588천원/년)
: 2010년 축산물생산비 조사결과(통계청) 자료 참조
: 한우번식우 마리당 하루 사육비(5,742원), 젖소 마리당 하루 사육비(15,310원)

가임 한·육우의 시스템 도입 이익분 = 1,195,000두 × 68일 × 5,742원 = 466,594,920,000원

가임 젖소의 시스템 도입 이익분 = 299,000두 × 68일 × 15,310원 = 311,282,920,000원

발정탐지 시스템 도입의 이익분 = 한·육우 가임 소의 이익분 + 젖소의 이익분 = 777,878백만원

젖소농가의 경우 67두(전국평균) 중에 **46.4두의 가임암소**를 사육한다면 연간 **48,306천원 절감**

다. 연구개발대상 기술의 국내외 현황(발정탐지 제품 분석)

NO	명칭	발정탐지 방법	문제점
1	관리자가 직접 눈으로 감지하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 대부분의 국내 농가에서 사용하는 방법이며 소의 발정 행동을 보고 판단 • 발정 행동 징후로는 외음부 냄새 맡기, 턱 비빔, 승가 및 승가 허용 행위 등이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 암소의 발정이 개시되는 시간이 관리자가 발견하기 힘든 야간 시간(관리자가 자야할 시간)과 새벽 시간(낙농가의 경우는 착유 시간)에 집중되어 있어서 발정 발견이 어려움 • 낮 시간에 목장 관리인에 의해 육안으로 승가를 확인 할 수 있는 확률은 최대 30% 정도 밖에 되지 않음
2	비디오 카메라를 이용한 관독법	<ul style="list-style-type: none"> • 비디오 카메라를 축사에 설치하고 24시간 소의 움직임을 녹화하여 소의 행동 변화나 승가 허용 등을 관찰하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> • 발정이 많이 일어나는 야간에도 촬영이 이루어져야 하기 때문에 적외선 카메라를 도입해야 하므로 비용이 많이 듦 • 야간에 발정 발견은 할 수 있으나 어떤 소의 발정인지 확인하기 어려움(적외선으로 관찰하여도 소의 얼룩무늬 구별하지 못함) • 관리자가 다음날 녹화된 비디오를 다시 처음부터 재생하여 보기위해 많은 시간을 투자해야 하는 불편함을 감수해야 함
3	발색제를 사용하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 발정난 소가 승가를 허용할 때 승가한 소의 무게의 압력으로 발색제의 색이 변하여 표시하는 방법 (암소의 미근부에 부착) 	<ul style="list-style-type: none"> • 한 번의 승가허용에도 발정을 표시(승가회피 시에도 발색제가 색이 변함) • 다른 요인에 의해 장치가 반응(오류반응)할 수 있음 • 접착력이 약화되어 발색제의 위치가 이동하거나 떨어져 정상적으로 작동하지 못하는

			경우가 발생
4	크레용을 이용하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 암소의 미근부에 크레용을 칠해 크레용의 지워지는 정도로 승가 허용을 판단 	<ul style="list-style-type: none"> • 승가회피를 걸러내지 못함 • 승가 이외의 요인에도 잘 지워질 수 있어 (소 자동 등급개 솔) 정확성이 떨어짐
5	압력 센서를 이용해서 감지하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 압력 센서를 암소의 미근부에 부착하여 승가 허용을 감지하는 방법 • 발생한 압력을 측정하고 RF 무선통신을 이용하여 관리자에게 승가 여부를 알려주는 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> • 압력 센서가 미근부 정중앙에 위치하지 않으면 측정이 안되는 문제가 있음 • 발정된 암소가 모두 승가를 허용하는 것은 아님 • 승가 허용 비율이 76.3%로 승가 허용율이 점차 감소하고 있는 추세에 있음 • 따라서, 압력 센서만을 이용하여 발정을 감지하는 시스템으로는 수정 적기를 판단하기 어려움
6	보수계를 사용하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 자유방목 환경에서는 발정시 보행수 4배 증가, 사육 환경에 따라 다르지만 일반적으로 3~5배 증가함 • 현재의 무인 발정탐지 기술 중에 가장 확률이 높은 편임 • 미국의 경우 소 발정의 70~80%가 보수계를 사용하여 감지된다는 보고가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 보수계의 효율성 및 정확도는 변화폭이 매우 크므로(22~90%) 확률은 높지만 확실한 방법은 아님 • 외국 제품이 국내 시장을 석권하고 있으며 20두 기준으로 1000~2000만원으로 고가임 • 현재 출시된 제품들은 하루에 2~3회 수집된 데이터를 확인할 수 있기 때문에 수태 가능한 최적기를 알 수 없음(인공수정 성공률이 낮을 수 있음) • 주위 환경으로 인한 효율성과 정확성이 감소될 수 있음
7	제안하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 복합기능의 스마트 센서를 이용하여 발정탐지 확률을 높이는 방법임 • 승가, 승가허용, 활동량 변화(보행수)를 동시에 감지하여 실시간으로 알림(발정발견 확률을 획기적으로 높임) • 센서 설치 편의성 제공 • 관리자 편의기능 제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 현존하는 시스템보다 훨씬 우수한 성능을 나타낼 것으로 예상함 <ul style="list-style-type: none"> - 승가, 승가허용, 활동량 변화(보행수)의 가장 성능 좋은 세 가지 발정탐지 방법을 모두 채용(이 세가지를 모두 만족하는 센서는 본 과제에서 최초로 개발) - 발정발견 취약 시간대의 실시간 발정 발견으로 최적의 수정시간(4시간)을 알 수 있음(인공수정 수태율을 높일 수 있음) • 20두 기준 600만원으로 보급 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 1년 안에 투자비용 회수 가능

			<ul style="list-style-type: none"> • 센서 설치 편의성 <ul style="list-style-type: none"> - 무방향성 센서, 목걸이 형태로 제공되므로 착용의 불편함이 없음 - 하나의 센서 모듈로 구성하여 가속 복지 정책에 부합 • 관리자 편의기능 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트폰 앱 제공, 실시간 발정 알리미 서비스, 개체 및 농가별 발정이력관리 서비스 등 • 농가 발정탐지 데이터를 수집하는 DB서버를 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 각 농가의 발정탐지 정보를 수집하여 데이터베이스화 함 - 각각의 소 개체에 대한 발정발현 정도의 차이를 목장 관리자가 설정할 수 있음 - 과거의 데이터를 참조할 수 있으며 목장 관리자가 과거 해당 소의 발정발현 정보를 토대로 발정 이벤트의 임계값을 설정할 수 있음 - 다른 목장들의 발정탐지 데이터도 참조가 가능하도록 설계
--	--	--	--

3. 연구개발의 범위

○ 최적의 발정탐지 알고리즘 개발

▪ **승가** 발정탐지 알고리즘 개발

- 3축 가속도 센서를 이용한 승가 패턴 추출
- 승가 패턴 검출 알고리즘 개발
- 영상으로 승가 패턴 확인 프로그램 개발
- 환경에 따른 승가 확률 계수 시험

▪ **승가허용** 발정탐지 알고리즘 개발

- 지자기 센서와 가속도 센서를 이용한 승가허용 패턴 추출
- 3축 가속도 센서로 승가 패턴을 인식하면 승가한 소와 같은 방향(지자기 센서)의 소들 중에서 점수가 높은 소를 승가허용으로 판단
- 알고리즘 개발시 시험 확인하기 위하여 영상확인 프로그램 개발

- 활동량 변화 발정탐지 알고리즘 개발
 - 3축 가속도 센서를 이용하여 암소의 활동량 변화로 발정을 탐지
 - 기존 제품의 보수계(상하 운동 카운터)보다 3차원(x, y, z축)적으로 활동량의 변화를 감지할 수 있어 좀더 정확한 판단이 가능
 - 계절별, 날씨별, 바닥재질 등 주위 환경에 따른 계수화 알고리즘 개발
- 최적의 통합 발정탐지 알고리즘 개발
 - 승가, 승가허용, 활동량 변화를 하나의 발정탐지 스마트 센서로 개발하기 위하여 통합 알고리즘 개발
 - 각 발정탐지 방법에 대한 환경에 따른 계수값과 결과 데이터에 대한 점수 테이블 개발
 - 최적 수정시기를 판단하는 복합 발정탐지 알고리즘 개발

제 2 절 연구성과 목표 대비 실적

1. 1차년도 연구목표 대비 실적

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 실적
1차 년도 (2013)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	암소의 발정탐지 센서 모듈 1차본 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정탐지 센서 모듈 1차 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서모듈 하드웨어 수정 2회 - 센서모듈 소프트웨어 수정 5회 ● 센서모듈 데이터 프로토콜 설계 ● 시험용 센서 케이스 설계 및 제작
		센서 테스트를 위한 시험환경 구축	<ul style="list-style-type: none"> ● 시험협약 체결(청북목장) <ul style="list-style-type: none"> - 평택 청북 소재 - 160두 젖소 사육농가 - 기존 수입산 발정탐지 시스템 2종류 운 용중임(추후 비교 테스트를 진행할 예정임) ● 발정탐지 시스템 테스트 환경 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 전기배선 공사, IP카메라 공사, 조명공사, 서버(영상서버, DB서버) 시스템 구축, 원격 모니터링 시스템 구축 등 ● 센서 테스트 환경 시험 ● 센서 착용시험
	최적의 소 발정탐지기 개발을 위한 스마트 센서의 현장적용 시험 (제1협동)	승가(mounting) 동작에 대한 패턴 분석 및 3축 가속도 센서의 동물적용	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가 시작·종료 시간과 배란시간과의 관 계 및 인공수정 적기 연구 ● 승가시 3축 가속도 센서의 움직임 변화 패 턴 분석
		승가허용(standing) 동작에 대한 패턴 분석 및 RF 신호세기와 지자기 센서의 동물 적용	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가허용 시작·종료 시간과 배란시간과의 관계 및 인공수정적기 연구 ● 승가허용을 지자기 센서와 RF 신호세기를 이용하여 탐지 패턴 분석
활동량 변화(증가)에 대한 패턴 분석 및 3축 가속도 센서의 동물적용		<ul style="list-style-type: none"> ● 활동량 증가와 배란과의 관계 및 인공수정 적기 연구 ● 활동량 증가시 3축 가속도 센서를 이용하 여 활동량 변화 정도를 분석 	
	최적의 통합(승가, 승가허용, 활동량 변화 동시 측정) 발정탐지 센서(스마트 센서) 모듈 선정	<ul style="list-style-type: none"> ● 인공수정 적기 판정에 승가, 승가허용, 활 동량 증가의 장단점 판정 및 점수제 도입 ● 승가, 승가허용, 활동량 변화 측정이 통합 기능이 우수한 센서 모듈 선정 	

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 실적
1차 년도 (2013)	소 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발 (제2협동)	필드서버 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정탐지 센서 데이터 수집을 위한 네트워크 소프트웨어 모듈 개발 ● 발정탐지 수집 이벤트 알림 소프트웨어 모듈 개발
		필드서버 백업 시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> ● 필드서버 백업 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - RAID 5 서버 구축 ● 시험을 위한 영상서버 원격제어 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 원격 확인 및 원격백업

2. 2차년도 연구목표 대비 실적

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 실적
2차 년도 (2014)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	발정탐지 센서 모듈 2차 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정탐지 센서 소형화 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 크기 소형화 ○ 2차본 시험용 케이스 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 작아진 2차본 센서에 맞는 시험용 케이스 설계 및 제작 ○ 발정탐지 센서 감도 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 지자기 센서 감도시험(2G, 4G, 8G) - 3축 가속도 센서 수집 주기 시험 ○ 센서 노이즈 데이터 처리 소프트웨어 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 노이즈 데이터 필터링 프로그램 개발 ○ 네트워크 송수신이 불량할 때를 고려한 센서 모듈 백업 S/W 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 모듈에 EEPROM 2M 추가 - 데이터 송신 주기 조절 기능 - 네트워크 불량시 자동 리셋 프로그램 추가 ○ 배터리 수명을 고려한 센서 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 전력소모를 38mA에서 28mA로 줄임 (약 30% 소비전력 절감 모듈 개발) - EEPROM을 센서모듈에 추가하여 네트워크 송신 주기를 조절할 수 있어 배터리를 고려한 센서 모듈 개발 완료 ○ RFID를 적용하여 교체가 매우 편리한 발정탐지 센서 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트폰에 NFC 기능을 이용한 암소 정보 스캔 기능 개발 - NFC 호환 RFID 태그를 이용하면 한번의 스캔만으로 정보교환이 되므로 교체시 매우 편리함

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 실적
2차 년도 (2014)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	센서 테스트를 위한 시험환경 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차년도 청북목장 시험 환경 수정 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 환경 보완(프로그램 수정) - 필드서버 프로그램 수정 - 영상백업 시스템 구축 - 센서 모듈 프로그램 수정 ○ 2차년도 흑성산목장 신규 시험 환경 구축- 천안 목천 소재 <ul style="list-style-type: none"> - 170두 한우 사육농가 - 전기배선 공사, IP카메라 공사, 조명공사, 서버 시스템 구축(영상서버, DB서버, 백업서버), 원격 모니터링 시스템 구축 등 ○ 센서 환경 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 네트워크 통달 거리 측정 시험 - 정전기 시험 - 현장 센서 동작 시험 - 밧데리 수명 시험 ○ 센서 착용시험 <ul style="list-style-type: none"> - 사람이 착용한 동작 시험 - 애완견 착용 동작 시험 - 현장 착용시험 ○ 발정(승가, 승가허용, 활동량변화, 온도, 습도, 조도 등) 발현 및 환경 데이터 수집 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 온도, 습도, 조도 등 환경 데이터에 따른 발정 발현 시험
		발정탐지 알고리즘 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 승가, 승가허용, 활동량 변화에 따른 발정 판정 알고리즘 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발정 판정 프로그램 개발 ○ 점수제 발정 판정 알고리즘 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 점수제 발정 판정 프로그램 개발 ○ 사육환경에 따른 발정 환경 보정 알고리즘 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 사육환경 보정값에 따른 프로그램 개발

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 실적
2차 년도 (2014)	최적의 소 발정탐지기 개발을 위한 스마트 센서의 현장적용 시험 (제1협동)	계절(온도, 습도 등의 변화)에 따른 측정량 차이 비교	<ul style="list-style-type: none"> ○ 봄, 가을과 여름겨울에 온도변화로 인한 발정행동 차이 비교 및 보정 기준 정립 <ul style="list-style-type: none"> - 4계절 온도변화로 인한 발정행동 차이비교 - 다른 계절에 비해 고온, 다습한 여름의 발정행동 차이 비교 - 발정행동 보정 기준 정립
		사육장의 차이(바닥, 형태 등)에 따른 측정량 차이 비교	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사육장 바닥의 재질과 기울기에 따른 발정행동 차이 비교 및 보정 기준 정립 <ul style="list-style-type: none"> - 사육장의 바닥 재질과 발정행동 차이 비교 - 사육장의 경사도에 의한 발정행동 차이 비교 - 발정행동 보정 기준 정립
		사육조건 차이(사육장의 크기, 밀도 등)에 따른 측정량 차이 비교	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사육장의 넓이와 사육밀도에 따른 발정행동 차이 비교 및 보정 기준 정립 <ul style="list-style-type: none"> - 사육장의 넓이와 사육밀도에 따른 발정행동 차이 비교 - 발정행동 보정 기준 정립
	소 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발 (제2협동)	필드서버 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차년도 필드서버를 기반으로 개선된 필드서버 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 채널 분리된 필드서버 프로그램 개선 - 데이터 전송 문제 발생시 스마트폰에 레포팅을 통한 원격 리셋 시스템 구축 - 필드서버가 다운되었을 때, 필드서버 리부팅 - 원격 필드서버 모니터링 ○ 데이터 수집 주기를 조절할 수 있는 소프트웨어 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 데이터 수집 주기 테스트 - 수집 주기 조절하는 프로그램 개발 ○ 다중 노드 환경에서의 필드서버 안정성 테스트 및 디버깅 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 네트워크 채널 분리를 통한 다중 노드 통신 프로그램 개발
		발정탐지 스마트폰 및 PC 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트폰 발정탐지 알리미 앱 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발정 알리미 앱 개발 - 발정 내용, 그래프, 암소 정보 등 제공 ○ PC용 발정탐지 분석 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시험 분석을 도와주는 PC용 발정탐지 분석 프로그램 개발

3. 3차년도 연구목표 대비 실적

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 실적
3차 년도 (2015)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	발정탐지 알고리즘 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정기 및 배란확인을 통한 수정적기 판정 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시험농장의 시험소에 센서를 부착하여 실험한 결과와 실제 발정과 배란확인을 통한 수정적기 판정 알고리즘 개발 ○ 센서 노이즈 데이터 처리 소프트웨어 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 시험소에서 수집되는 노이즈 데이터에 대한 필터링 구간을 선정 - 발정과 무관한 데이터에 대한 필터링 값을 설정하여 발정탐지 알고리즘에 적용 ○ 배터리 수명을 고려한 센서 펌웨어 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 평소에는 전력을 많이 소비하는 칩(네트워크 모듈 등)에 대하여 전원을 차단하고 특정행동 패턴을 인식하면 전원을 인가하여 암소의 행동패턴을 수집하는 알고리즘 개발 - 2차년도에 하드웨어적인 접근으로 배터리 수명을 줄였다면 3차년도에는 소프트웨어 방식을 이용하여 배터리 수명을 연장시킴 ○ 발정탐지 알고리즘 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 2차년도에 발정탐지 알고리즘에 노이즈 데이터 필터링 및 승가, 승가허용 탐지 알고리즘을 개선
		암소의 발정탐지 센서 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 센서 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 개발한 센서 케이스에 발정탐지 센서를 장착시키고 이것을 시험농장의 시험소에 부착하여 시험을 진행 - 기본적인 센서 통신 및 센서 감도 시험을 수행함 ○ 발정(승가, 승가허용, 활동량변화, 온도, 습도, 조도 등) 발현 및 환경 데이터 수집 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 승가, 승가허용, 활동량변화 등의 발정징후에 관한 행동 패턴 분석 진행 - 환경 데이터에 대한 발정 행동의 변화는 크지 않는 것으로 확인됨

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 실적
3차 년도 (2015)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	암소의 발정탐지 센서 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정탐지 센서 케이스 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 케이스 설계 및 개발 - 누수 등 환경시험 진행 - 시험농장에서 착용 시험 진행
		발정탐지 시스템 통합 테스트	<ul style="list-style-type: none"> ○ 승가, 승가허용, 활동량 변화를 통합하여 분석하는 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 승가, 승가허용, 활동량 변화를 종합하여 분석 진행 - 실제 시험농장의 시험소 발정 및 임신여부 데이 터와 센서 데이터 비교 분석 ○ 점수제 발정 판정 알고리즘 프로그램 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 점수제 발정 판정 알고리즘에 대하여 새로운 알 고리즘 확인 ○ 사육환경에 따른 발정 환경 보정 알고리즘 프로그 램 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 새로운 발정탐지 센서의 시험환경과 사육환경 확인 보정 ○ 발정탐지 시스템 통합 테스트 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 시험농장에서 발정탐지 시스템에 대한 통합 테 스트 진행
최적의 소 발정탐지기 개발을 위한 스마트 센서의 현장적용 시험 (제2협동)		스마트 센서를 이용한 발정기(초기, 종료, 길이 등)의 판정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 센서를 이용하여 발정기의 시작과 끝 그리 고 발정기간을 판정 <ul style="list-style-type: none"> - 발정탐지 센서를 시험농장의 시험소에 적용하여 수집된 데이터와 실제 발정과 임신 결과와 비교 확인
		직장검사를 통한 배란 확인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트센서를 이용한 배란시점에 직장검사를 통하 여 배란 확인 <ul style="list-style-type: none"> - 시험소에 대한 직장검사를 실시하여 배란 확인
		발정기(초기, 종료, 길이 등)와 배란시점관의 관계 정립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정기와 배란시점관의 시간관계를 정립 <ul style="list-style-type: none"> - 시험데이터를 근거로 발정기와 배란시점의 시간 관계 확인
		수정적기 판정법 확립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트센서를 이용한 수정적기와 실제 수정적기를 확인하여 수정적기 판정법 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 발정탐지 센서 데이터 분석을 통한 수정적기와 실제 시험소의 수정적기를 확인하여 수정적기 판 정 확립

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 실적
3차 년도 (2015)	소 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발 (제2협동)	발정탐지 DB 서버 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각 농가별 발정정보 수집 및 데이터 영구 저장 <ul style="list-style-type: none"> - 빅데이터 서버를 구축 - 8대의 하둡기반의 빅데이터 서버에 발정탐지 센서 데이터 수집 저장 - 기존 관계형 데이터베이스와 성능비교 ○ 각 농가별 환경에 따른 발정정보 분석 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시험 농장별 발정정보 분석
		발정탐지 시스템 통합 테스트	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정탐지 시스템 통합 테스트 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 발정탐지 시스템 통합 테스트 - 데이터 수집 장애시 자동으로 관계자에게 알려주는 시스템 구축

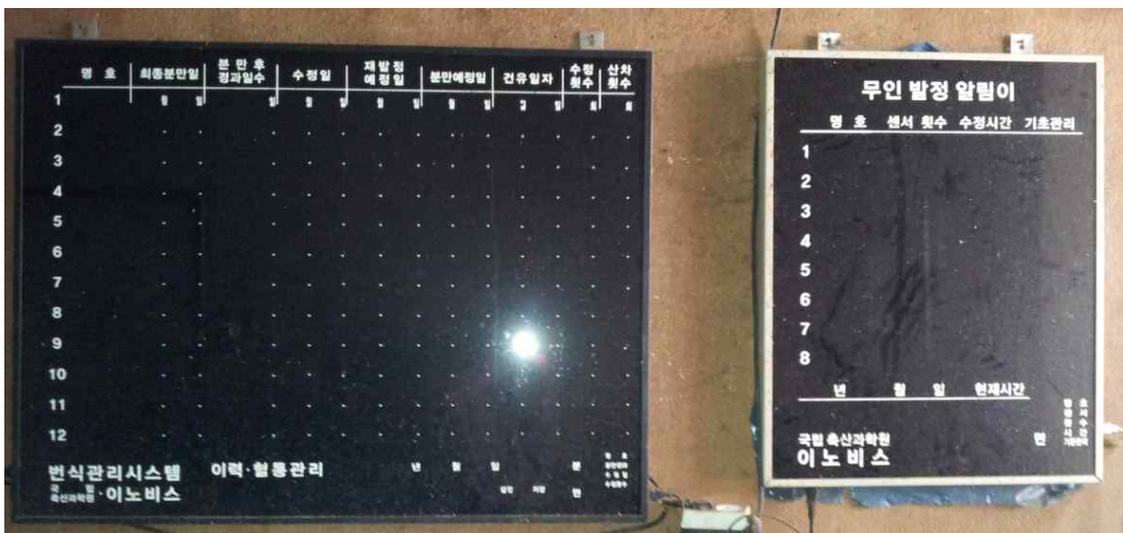
제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내·외 관련분야에 대한 기술개발현황

1. 국내 제품생산 및 시장 현황

○ 이노비스-무인발정알림이

- 소의 뒷다리 발목에 센서를 부착시켜서 발정이 온 소의 움직임에 따라 그 소의 명호를 전광판을 통해서 알 수 있도록 만들어져 농장주가 자리를 비운 무인상태에서도 효율적인 소 번식관리가 가능
- 소가 발정이 오면 승가행위를 할 때 뒷다리를 수직으로 세우면서 수직 충격이 발생하고, 이 충격신호가 초감응도 센서에 의해 발정 알림판에 전송되어 발정축의 명호와 승가횟수가 표시됨
- 센서의 부착위치가 뒷다리 부분이라서 센서가 파손될 우려가 높음
- 단순히 승가 현상만 알 수 있어 발정탐지 신뢰성 확보가 어려움
 - 특히, 지면이 딱딱한 경우 승가 하는 횟수가 현저히 줄어 듦



이노비스 발정탐지 시스템

○ (주)다운-발정탐지기 및 발정 식별기

- 발정탐지기 : 동물의 운동량을 2시간단위로 측정하여 발정상태를 무선으로 관찰하는 기기
- 발정식별기 : 가축의 승가행위를 판단하여 승가 시간을 출력해줌
- 가축의 꼬리 윗부분인 미근부에 스프레이형 접착제를 이용하여 고정해 놓으면 다른 가축의 승가시 내부에 있는 마이크로프로세서에 의하여 승가인지를 판단하며 승가일 경우 불빛을 5초마다 발광하며, 사용자에게 깜박임의 횟수로 승가허용을 알림
- 한 번의 승가허용에도 발정을 표시(승가회피 시에도 발색제가 색이 변함)



- 다른 요인(자동 등급개)에 의해 장치가 반응(오류반응)할 수 있음
- 접착력이 약화되어 발색제의 위치가 이동하거나 떨어져 정상적으로 작동하지 못하는 경우가 발생



2. 국외 제품생산 및 시장 현황

- 소의 발정 탐지 기술은 낙농업이 발달한 미국, 덴마크, 이스라엘, 호주 등에서 연구되고 있음
- 특히 이스라엘의 기업인 SAE Afikim, SCR 등의 제품이 국내에도 수입되고 있음

○ 발정 확인용 패치

- 가장 보편적으로 사용되는 발정 탐지기는 IT 제품이 아닌 발정확인용 패치임
- 패치를 소의 미근부에 부착하고 증가한 소에 의해 패치가 손상되거나 표시되는 것을 육안으로 확인
- 상대적으로 가격이 저렴(국내가격 5만원 내외)
- 10시간 이내의 짧은 임신가능 기간에 맞추어 일일이 육안으로 확인해야 하는 단점이 있음



○ SCR/Nedap의 보수계를 이용한 발정탐지 시스템

- 소의 움직임을 측정하여 감지하는 방식
- 소의 목에 보수계를 부착하여 움직임 데이터를 축적하여 두었다가 착유하러 우사에 들어갈 때 안테나를 통해 데이터를 송신하여 모니터에 발정여부를 표시
- 보수계의 효율성 및 정확도는 변화폭이 매우 크므로(22~90%) 확률은 높지만 확실한 방법은 아님
- 20두 기준으로 1,000~2,000만원으로 고가임
- 하루에 2~3회 수집된 데이터를 확인할 수 있기 때문에 수태 가능한 최적기를 알 수 없음(수정 성공률이 낮을 수 있음)
- 주위 환경으로 인한 효율성과 정확성이 감소될 수 있음





[목걸이 형태의 발정탐지 센서]

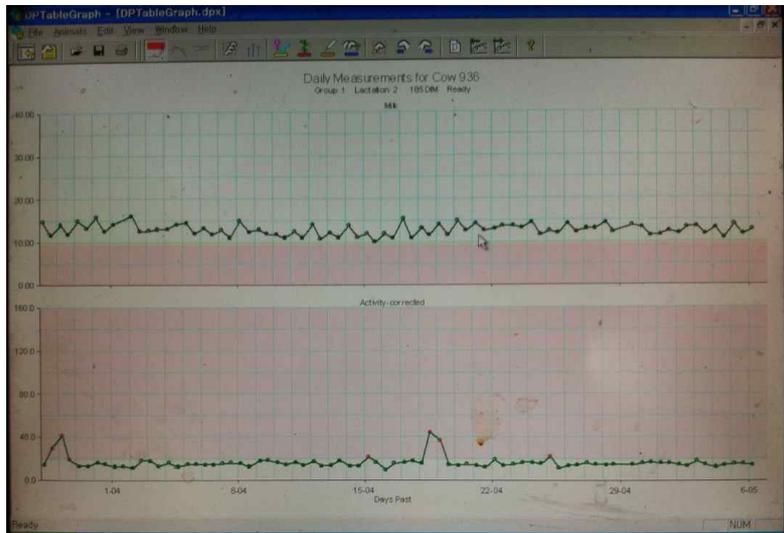


[착유시 젓소가 통과하는 곳에 설치된 리더]



[센서에서 들어온 데이터를 판정해 주는 단말기]

< 발정탐지(SCR) 시스템 분석 >



< 발정탐지기(Nedap) 시스템 >

○ CowChip사의 heatwatch II

- 암소의 꼬리 위 부분에 승가 압력을 감지하는 센서를 부착하여 발정을 감지하는 방법을 이용
- 암소에 센서 및 스위치를 부착하여 그 압력 신호를 현장에서 바로 표시해주는 장치와 센서 그리고 유무선 송수신 장치로 구성됨
- 하나의 압력 센서를 사용하기 때문에 센서가 미근부 정중앙에 위치하지 않으면 측정이 불가함
 - 정중앙에 위치 시켜도 여러 가지 이유로 센서의 위치가 돌아가거나 아주 떨어져 나가는 경우가 많음
- 소의 승가 허용이 점차 감소하고 있는 추세에서 압력센서만을 이용한 소의 발정을 감지하는 시스템으로는 수정 적기를 판단하기 어려움



제 2 절 국내·외 관련분야 환경변화

최근 다양한 분야에서 IT 기술과 접목된 융합기술이 개발되고 있다. 농축산 분야도 IT와 접목하여 숙련된 농부의 농업기술을 자동화하는 시도들이 다양하게 연구 개발되고 있으며, 본 연구팀의 개발과제도 IT기술과 축산기술의 접목으로 암소의 발정을 자동으로 탐지하는 시스템을 개발하고자 한다.

암소의 발정을 탐지하는 기존의 발정탐지기에 최근에 네트워크 기능이 추가된 형태로 업그레이드되고 있으며, 전통적인 IT 기업들이 센서 네트워크 기반의 기술을 바탕으로 발정탐지기 사업에 대해 관심을 가지고 신규사업 모델로 개발하는 회사들이 생겨나고 있다. 이런 현상은 발정탐지 자동화가 산업적으로 성공할 수 있는 분야라는 것을 방증한다고 생각된다.

최근에 대표적인 IT 기업인 일본의 후지쯔사(노트북, 컴퓨터 시스템 제조사로 유명)가 발정탐지기 사업을 시작하였다. 후지쯔사의 발정탐지기 '우보' 시스템을 살펴보면 최근 발정탐지기

의 기술 발전 방향에 대해 알 수 있어 이를 분석해 보았다.

우보(牛步) 시스템은 현재 경기도 포천의 한창목장에서 소의 발목에 채워진 통신기능이 내장 만보계로 소의 발정과 건강상태를 관리하는 솔루션을 실증실험을 진행하고 있다. 한국후지쓰의 설명에 따르면 발정 징후를 보이는 소는 평소보다 걸음수가 증가한다. 걸음수에 대한 정보는 만보계 송신기를 통해 축사 한편의 수신기로 수집된다. 수집된 정보는 매 시간 한국후지쓰 서비스형 소프트웨어(SaaS, Software as a Service) 센터로 보내져 과학적으로 분석되고 분석 정보는 목장 관계자들의 PC와 휴대폰으로 전달되는 시스템이라고 소개하고 있다.



한창목장 사장은 “축산농가에 있어 소의 발정관리를 통한 임신, 출산은 매출과 직결되는 가장 중요한 부분”이라고 말하며 번식률이 높을수록 매출은 상승하여 농가 수익을 증대할 수 있다고 했다. 소의 발정주기는 21일. 그 중 가임시간은 단 16-18시간이다. 이때를 놓치면 다시 21일을 기다려야 하므로 매출이 줄어든다. 기존엔 발정 징후를 관찰하기 위해서는 농장주나 목부가 수시로 소의 상태를 확인해야 했다. 혹은 CCTV로 확인할 수가 있었지만 정확한 관찰은 어려웠다. 발정이 주로 밤과 새벽 시간에 이뤄지기 때문이다. 실제 국내 평균 소 발정 발견율은 약 58%(사람 관찰 기준)에 불과하다는 통계가 이를 뒷받침해 주고 있다.

발정탐지기 시스템은 축산농가의 번식률을 높여 농가의 매출증대와 이익을 가져다 준다. 따라서 발정탐지기의 도입이 다양하게 추진되고 있는데 어려운 축산농가의 실정을 감안하여 첨단 발정 탐지기 설치사업을 각 지자체가 진행하고 있다. 한 지자체(의령군)의 발정탐지기 보급 사업을 보면 17개의 농가에 발정탐지기를 보급하고 그 효과로 의령연합낙우회 전병오 회장은 “현재 관행적으로 발정우를 관찰하여 수정시킬 때 두당 2회에서 2.5회 수정을 해야 수태가 가능 하였으나 첨단 발정탐지 장비를 이용하면 본체에서 발정우의 발정시간과 수정판단을 할 수 있는 자료를 송부해 준다”며 “또 출타 시 휴대폰으로 세 사람까지 연락 해줌으로써 적기에 수정할 수 있게 되어 수태율을 향상시키는데 아주 효과적”이라고 반겼다.

이러한 발정탐지기 보급 추세는 증가할 것으로 예상되며 특히 축산 경쟁력 확보를 위해 축사 현대화 사업과 구조조정으로 축산 분야도 대규모화가 필요한데 이때는 발정탐지 자동화가 더욱 절실히 필요하다고 사료된다. 따라서 발정탐지 분야는 점차 시장이 확대될 것으로 예상되며 특히 해외에서 수요가 확대될 것으로 예상된다.(이웃 중국은 소의 사육두수가 세계3위권 안

에 있으며 대단위로 사육하는 기업형 농장들이 많아지고 있는 추세임)

본 과제를 수행하고 있는 주관기관 (주)버추얼스툼은 이 점을 주목하고 본 과제로 만든 결과물로 국내 보급은 물론이고 해외 진출을 염두해 두고 과제를 수행 중이다. 현재 과제를 준비하면서 제2협동(순천향대학교) 연구원 중에서 졸업을 한 연구원을 주관기관이 채용하여 연구를 진행하고 이 연구원은 중국국적의 유학생으로 향후 중국진출을 위해 특화된 연구개발을 진행하고자 계획 중이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 1차년도 연구개발수행 내용

1. 연구수행 범위 및 연구수행 방법

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
<p>암소의 발정탐지 센서 모듈 1차본 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 발정탐지 제품 분석 - 승가, 승가허용, 활동량 변화를 측정하고 발정환경을 모니터링하고 수집하기 위하여 온도, 조도, 습도 센서를 추가로 모듈에 적용하여 개발 - 발정탐지 데이터(센싱된 데이터)를 서버에 모두 전송(전수조사) - 발정탐지 시험용 모듈의 사용기간을 3개월로 정함 - 동절기에 -20℃ 이하에서도 발정탐지 센서가 정상 작동 - 발정탐지 센서 모듈 데이터 프로토콜 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ● 기존 발정탐지 제품 분석하여 문제점을 도출하고 문제점 해결 방안을 제안하여 개발하는 발정탐지 모듈에 반영 ● 승가(가속도 센서), 승가허용(가속도 센서 + 지자기센서 + RF 신호세기 + 점수제 알고리즘), 활동량 변화(가속도 센서)를 측정하는 것 이외에도 발정환경을 모니터링하고 수집하기 위하여 온도, 조도, 습도 센서를 추가로 모듈에 임베디드하여 개발 ● 1차본 발정탐지 센서 모듈은 모듈내 프로그램에서 발정을 판단하지 않고 센싱된 데이터를 서버에 모두 전송(전수조사를 통해 기본 발정 데이터 수집을 위함임) ● 발정탐지 시험용 모듈의 사용기간을 3개월로 정함(동작시험 실시) ● 동절기에 -20℃ 이하에서도 발정탐지 센서가 정상 작동할 수 있도록 배터리 선택 및 센서 환경시험 ● ZigBee 기반에서 동작하는 프로토콜 설계(센서쪽은 총 41바이트, 필드서버 쪽은 42바이트이며 payload 데이터는 20바이트로 설계)

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
<p>센서 테스트를 위한 시험환경 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 실증 시험을 위한 젓소 사육 농가에 실험환경 구축 - 원격 모니터링과 환경 데이터 자동 수집을 위해 네트워크 시스템 구축 및 영상 저장 서버 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ● 실증 시험을 위한 젓소 농장 시험협약 체결 <ul style="list-style-type: none"> - 평택 청북 소재 '청북목장' 과 발정탐지 시험협약 체결 - 젓소 160두를 사육하고 있으며 2가지의 외산 발정탐지 센서를 사용 중임 - 향후 본과제로 만든 센서와 비교 시험이 가능함 ● 시험농장인 '청북목장'에 발정탐지 시스템을 위한 테스트베드 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 전기배선 공사, IP카메라 및 영상 서버 구축, 조명공사, 센서 네트워크 공사(WiFi, ZigBee 네트워크), 원격 모니터링 시스템 구축 등 ● 센서 테스트 환경 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 가속도 센서, 지자기 센서, ZigBee 통신 통달거리 테스트, 센서 착용시험 등을 진행
<p>승가(mounting) 동작에 대한 패턴 분석 및 3축 가속도 센서의 동물적용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 승가 시작·종료와 배란과의 관계를 조사하여 시간관계 도출 - 승가와 인공수정 적기와의 시간관계 확립 - 승가시 3축 가속도 센서의 움직임 변화 패턴 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가행위의 시작·종료 시점과 배란시간과의 시간 간격을 조사하여 시작으로부터 평균적으로 21-33시간에 배란이 일어나며, 종료 후 15-27시간에 배란이 일어나는 시간관계를 도출 ● 승가행위와 배란시간과의 관계를 응용하여 인공수정 적기가 승가행위 시작으로부터 18시간 후가 적기라는 시간관계를 도출

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
<p>승가허용(standing) 동작에 대한 패턴 분석 및 지자기 센서와 RF 신호세기의 동물 적용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 승가허용 시작·종료와 배란과의 관계를 조사하여 시간관계 도출 - 승가허용과 인공수정 적기와 시간관계 확립 - 승가개체가 발생시 지자기 센서와 RF 신호세기의 패턴 변화를 분석하여 승가허용 개체 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가허용 시작·종료 시점과 배란시간과의 시간 간격을 조사하여 시작으로부터 평균적으로 21-33시간에 배란이 일어나며, 종료 후 15-27시간에 배란이 일어나는 시간관계를 도출 ● 승가허용과 배란시간과의 관계를 응용하여 인공수정 적기가 승가허용 시작으로부터 15시간 후가 적기라는 시간관계를 도출
<p>활동량 변화(증가)에 대한 패턴 분석 및 3축 가속도 센서의 동물적용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 활동량 증가와 배란과의 관계를 조사하여 시간관계 도출 - 활동량 증가와 인공수정 적기와의 시간관계 확립 - 3축 가속도 센서의 변화량을 분석하여 활동량 변화 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ● 활동량 증가와 배란시간과의 시간 간격을 조사하여 평균적으로 활동량 증가 시간으로부터 22-39시간 후에 배란이 일어나며, 종료 후 12-35시간에 배란이 일어나는 시간관계를 도출 ● 활동량 증가와 배란시간과의 관계를 응용하여 인공수정 적기가 활동량 증가의 시작으로부터 11-16시간 사이가 적기라는 시간관계를 도출
<p>최적의 통합(승가, 승가허용, 활동량 변화 동시 측정) 발정탐지 센서(스마트 센서) 모듈 선정</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 인공수정 적기 판단을 위한 점수제 시스템 도입 - 승가, 승가허용, 활동량 변화의 동시 측정이 원활한 센서 모듈 선정 	<ul style="list-style-type: none"> ● 성공적인 인공수정 적기 판단을 위해서 승가, 승가허용, 활동량 증가 각각의 장·단점을 고려하여 점수를 부여한 점수제 도입

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
필드서버 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 발정탐지 센서 데이터 수집을 위한 네트워크 소프트웨어 모듈 개발 - 발정탐지 수집 이벤트 알림 소프트웨어 모듈 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정탐지 센서 데이터 수집을 위한 네트워크 소프트웨어 모듈 개발 ● 발정탐지 수집 이벤트 알림 소프트웨어 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - DB 서버에 발정탐지 센싱 데이터가 10분 이상 전송이 안 되면 자동으로 PHP를 이용하여 해당 관련자들(과제책임자, 시험농장주 등)에게 e-mail을 보내도록 시스템을 구성 - email은 gmail에 보내지도록 해서 스마트폰에도 실시간으로 실험환경 이상(문제점 파악)을 10분 안에 알 수 있도록 구성 ● 다중 필드서버 지원 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 수집 반경을 넓이기 위해 다중 필드서버 지원 시스템 개발 - 각 발정탐지 센서를 구별하기 위하여 프로토콜 내에 ID count 필드를 두고 이를 이용하여 서버에서 중복되는 데이터를 걸러냄 ● 센서 데이터의 수집 주기를 달리하면서 실험하기 위하여 프로토콜 내에 수집 주기를 컨트롤할 수 있는 필드를 둠 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 데이터의 수집 주기는 발정을 검출하는 정확도와 센서의 전력 소모와 상관관계가 있으므로 다양한 수집 주기 변경 시험이 필요함

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
<p>필드서버 백업 시스템 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 필드서버 백업 시스템 구축 ✓ RAID 5 서버 구축 ✓ DB 백업 서버 구축 - 시험을 위한 영상서버 원격 제어 시스템 구축 ✓ 원격 확인 및 원격백업 	<ul style="list-style-type: none"> ● 필드서버에서 수집되는 발정탐지 센싱 데이터 안정성 확보를 위해 RAID 5 기반의 시스템을 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 4개의 하드디스크로 RAID 5 백업 시스템 구축 - 스트라이핑 모드 지원(병렬 쓰기, 빠른 데이터 처리) - 디스크 오류 수정용 패러티 디스크 사용(디스크 고장시 복구 가능) ● 실험 데이터의 정기적인 백업을 진행 백업 서버 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 자동 백업 및 수동 백업 병행 ● 시험을 위한 영상서버 원격 제어 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - IP(Internet Protocol) 카메라를 3대 설치하여 소들의 발정을 모니터링 - 낙뢰로 인한 카메라 보호를 위하여 랜선 서지 및 전기 서지 제품을 설치하고 무선 공유기 4대를 이용하여 네트워크를 구축 - 원격 확인 및 원격백업 - PC를 이용하여 저장된 영상 정보를 다운로드 받아 확인 - 실시간으로 PC, 태블릿PC(갤럭시탭, 아이패드), 스마트폰에서도 원격으로 확인이 가능하도록 시스템을 구축

2. 세부연구수행 결과

(1) 암소의 발정탐지 센서 모듈 1차본 개발

1) 기존 발정탐지 제품 분석

기존 발정탐지 제품을 분석하여 문제점을 도출하고 문제점 해결 방안을 제안하여 개발하는 발정탐지 모듈에 반영

NO	명칭	발정탐지 방법	문제점
1	관리자가 직접 눈으로 감지하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> 대부분의 국내 농가에서 사용하는 방법이며 소의 발정 행동을 보고 판단 발정 행동 징후로는 외음부 냄새 맡기, 턱 비빔, 승가 및 승가 허용 행위가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 암소의 발정이 개시되는 시간이 관리자가 발견하기 힘든 야간 시간(관리자가 자야할 시간)과 새벽 시간(낙농가의 경우는 착유 시간)에 집중되어 있어서 발정 발견이 어려움 낮 시간에 목장 관리인에 의해 육안으로 승가를 확인 할 수 있는 확률은 최대 30% 정도 밖에 되지 않음
2	비디오 카메라를 이용한 관독법	<ul style="list-style-type: none"> 비디오 카메라를 축사에 설치하고 24시간 소의 움직임을 녹화하여 소의 행동 변화나 승가 허용 등을 관찰하는 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 발정이 많이 일어나는 야간에도 촬영이 이루어져야 하기 때문에 적외선 카메라를 도입해야 하므로 비용이 많이 듦 야간에 발정 발견은 할 수 있으나 어떤 소의 발정인지 확인하기 어려움(적외선으로 관찰하여도 소의 얼룩무늬 구별하지 못함) 관리자가 다음날 녹화된 비디오를 다시 처음부터 재생하여 보기위해 많은 시간을 투자해야 하는 불편함을 감수해야 함
3	발색제를 사용하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> 발정난 소가 승가를 허용할 때 증가한 소의 무게의 압력으로 발색제의 색이 변하여 표시하는 방법(암소의 미근부에 부착) 	<ul style="list-style-type: none"> 한 번의 승가허용에도 발정을 표시(승가회피 시에도 발색제가 색이 변함) 다른 요인에 의해 장치가 반응(오류 반응)할 수 있음 접착력이 약화되어 발색제의 위치가 이동하거나 떨어져 정상적으로 작동하지 못하는 경우가 발생
4	크레용을	<ul style="list-style-type: none"> 암소의 미근부에 크레용 	<ul style="list-style-type: none"> 승가회피를 걸러내지 못함

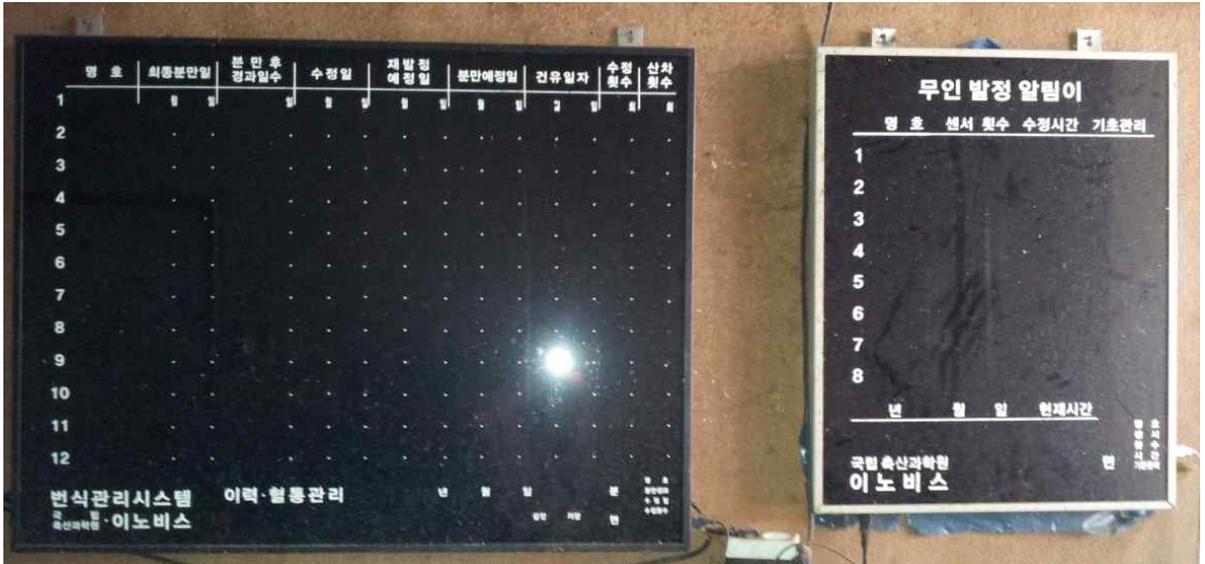
	이용하는 방법	을 칠해 크레용의 지워지는 정도로 승가 허용을 판단	<ul style="list-style-type: none"> • 승가 이외의 요인에도 잘 지워질 수 있어(소 자동 등 급개 솔) 정확성이 떨어짐
5	압력 센서를 이용해서 감지하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 압력 센서를 암소의 미근부에 부착하여 승가 허용을 감지하는 방법 • 발생한 압력을 측정하고 RF 무선통신을 이용하여 관리자에게 승가 여부를 알려주는 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> • 압력 센서가 미근부 정중앙에 위치하지 않으면 측정이 안되는 문제가 있음 • 발정된 암소가 모두 승가를 허용하는 것은 아님 • 승가 허용 비율이 76.3%로 승가 허용율이 점차 감소하고 있는 추세에 있음 • 따라서, 압력 센서만을 이용하여 발정을 감지하는 시스템으로는 수정 적기를 판단하기 어려움
6	보수계를 사용하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 자유방목 환경에서는 발정시 보행수 4배 증가, 사육 환경에 따라 다르지만 일반적으로 3~5배 증가함 • 현재의 무인 발정탐지 기술 중에 가장 확률이 높은 편임 • 미국의 경우 소 발정의 70~80%가 보수계를 사용하여 감지된다는 보고가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 보수계의 효율성 및 정확도는 변화폭이 매우 크므로(22~90%) 확률은 높지만 확실한 방법은 아님 • 외국 제품이 국내 시장을 석권하고 있으며 20두 기준으로 1000~2000만원으로 고가임 • 현재 출시된 제품들은 하루에 2~3회 수집된 데이터를 확인할 수 있기 때문에 수태 가능한 최적기를 알 수 없음(인공수정 성공률이 낮을 수 있음) • 주위 환경으로 인한 효율성과 정확성이 감소될 수 있음
7	제안하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 복합기능의 스마트 센서를 이용하여 발정탐지 확률을 높이는 방법임 • 승가, 승가허용, 활동량 변화(보행수)를 동시에 감지하여 실시간으로 알림(발정발견 확률을 획기적으로 높임) • 센서 설치 편의성 제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 현존하는 시스템보다 훨씬 우수한 성능을 나타낼 것으로 예상함 <ul style="list-style-type: none"> - 발정발견율 90% 이상 - 승가, 승가허용, 활동량 변화(보행수)의 가장 성능 좋은 세 가지 발정탐지 방법을 모두 채용(이 세가지를 모두 만족하는 센서는 본 과제에서 최초로 개발) - 발정발견 취약 시간대의 실시간 발

		<ul style="list-style-type: none"> • 관리자 편의기능 제공 	<p>정 발견으로 최적의 수정시간(4시간)을 알 수 있음(인공수정 수태율을 높일 수 있음)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20두 기준 600만원으로 보급 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 1년 안에 투자비용 회수 가능 • 센서 설치 편의성 <ul style="list-style-type: none"> - 무방향성 센서, 목걸이 형태로 제공되므로 착용의 불편함이 없음 - 하나의 센서 모듈로 구성하여 가축 복지 정책에 부합 • 관리자 편의기능 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트폰 앱 제공, 실시간 발정 알리미 서비스, 개체 및 농가별 발정 이력관리 서비스 등 • 농가 발정탐지 데이터를 수집하는 DB서버를 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 각 농가의 발정탐지 정보를 수집하여 데이터베이스화 함 - 각각의 소 개체에 대한 발정발현 정도의 차이를 목장 관리자가 설정할 수 있음 - 과거의 데이터를 참조할 수 있으며 목장 관리자가 과거 해당 소의 발정 발현 정보를 토대로 발정 이벤트의 임계값을 설정할 수 있음 - 다른 목장들의 발정탐지 데이터도 참조가 가능하도록 설계
--	--	---	---

○ 이노비스-무인발정알림이

- 소의 뒷다리 발목에 센서를 부착시켜서 발정이 온 소의 움직임에 따라 그 소의 명호를 전광판을 통해서 알 수 있도록 만들어져 농장주가 자리를 비운 무인상태에서도 효율적인 소 변식관리가 가능
- 소가 발정이 오면 승가행위를 할 때 뒷다리를 수직으로 세우면서 수직 충격이 발생하고, 이 충격신호가 초감응도 센서에 의해 발정 알림판에 전송되어 발정축의 명호와 승가횟수가 표시됨
- 센서의 부착위치가 뒷다리 부분이라서 센서가 파손될 우려가 높음
- 단순히 승가 현상만 알 수 있어 발정탐지 신뢰성 확보가 어려움

- 특히, 지면이 딱딱한 경우 승가 하는 횟수가 현저히 줄어들음



[천안 대림목장 이노비스 발정탐지 시스템]

○ (주)다운-발정탐지기 및 발정 식별기

- 발정탐지기 : 동물의 운동량을 2시간단위로 측정하여 발정상태를 무선으로 관찰하는 기기
- 발정식별기 : 가축의 승가행위를 판단하여 승가 시간을 출력해줌
- 가축의 꼬리 윗부분인 미근부에 스프레이형 접착제를 이용하여 고정해 놓으면 다른 가축의 승가시 내부에 있는 마이크로프로세서에 의하여 승가인지를 판단하며 승가일 경우 불빛을 5초마다 발광하며, 사용자에게 깜박임의 횟수로 승가허용을 알림
- 한 번의 승가허용에도 발정을 표시(승가회피 시에도 발색제가 색이 변함)
- 다른 요인(자동 등급계)에 의해 장치가 반응(오류반응)할 수 있음
- 접착력이 약화되어 발색제의 위치가 이동하거나 떨어져 정상적으로 작동하지 못하는 경우가 발생



○ 발정 확인용 패치

- 가장 보편적으로 사용되는 발정 탐지기는 IT 제품이 아닌 발정확인용 패치임
- 패치를 소의 미근부에 부착하고 증가한 소에 의해 패치가 손상되거나 표시되는 것을 육안으로 확인
- 상대적으로 가격이 저렴(국내가격 5만원 내외)
- 10시간 이내의 짧은 임신가능 기간에 맞추어 일일이 육안으로 확인해야 하는 단점이 있음



○ SCR/Nedap의 보수계를 이용한 발정탐지 시스템

- 소의 움직임을 측정하여 감지하는 방식
- 소의 목에 보수계를 부착하여 움직임 데이터를 축적하여 두었다가 착유하러 우사에 들어갈 때 안테나를 통해 데이터를 송신하여 모니터에 발정여부를 표시
- 보수계의 효율성 및 정확도는 변화폭이 매우 크므로(22~90%) 확률은 높지만 확실한 방법은 아님

- 20두 기준으로 1,000~2,000만원으로 고가임
- 하루에 2~3회 수집된 데이터를 확인할 수 있기 때문에 수태 가능한 최적기를 알 수 없음(수정 성공률이 낮을 수 있음)
- 주위 환경으로 인한 효율성과 정확성이 감소될 수 있음



[목걸이 형태의 발정탐지 센서]

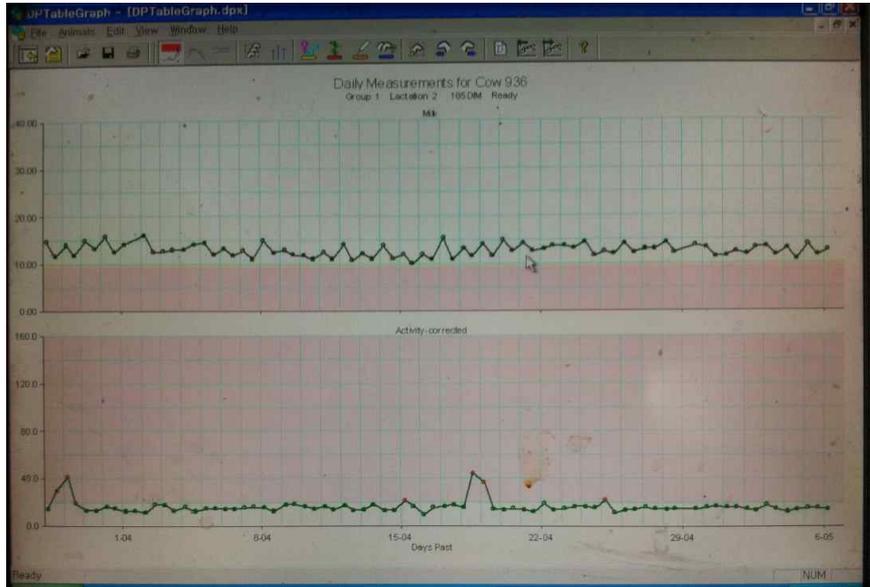


[착유시 젖소가 통과하는 곳에 설치된 리더]



[센서에서 들어온 데이터를 판정해 주는 단말기]

< 평택 목장의 발정탐지(SCR) 시스템 분석 >



< 천안 목장 발정탐지기(Nedap) 시스템 >

○ CowChip사의 heatwatch II

- 암소의 꼬리 위 부분에 증가 압력을 감지하는 센서를 부착하여 발정을 감지하는 방법을 이용
- 암소에 센서 및 스위치를 부착하여 그 압력 신호를 현장에서 바로 표시해주는 장치와 센서 그리고 유무선 송수신 장치로 구성됨
- 하나의 압력 센서를 사용하기 때문에 센서가 미근부 정중앙에 위치하지 않으면 측정이 불가함
 - 정중앙에 위치 시켜도 여러 가지 이유로 센서의 위치가 돌아가거나 아주 떨어져 나가는 경우가 많음
- 소의 증가 허용이 점차 감소하고 있는 추세에서 압력센서만을 이용한 소의 발정을 감지하는 시스템으로는 수정 적기를 판단하기 어려움





기존 센서 모듈 (센서 모듈 가격 : 15만원)

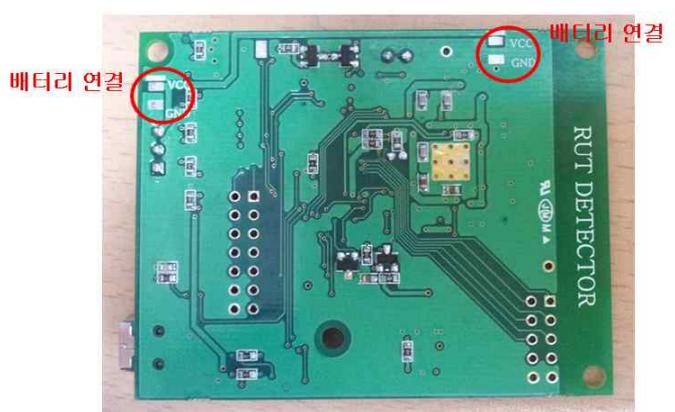
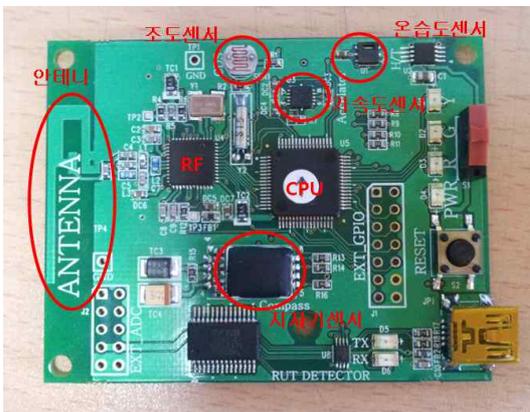


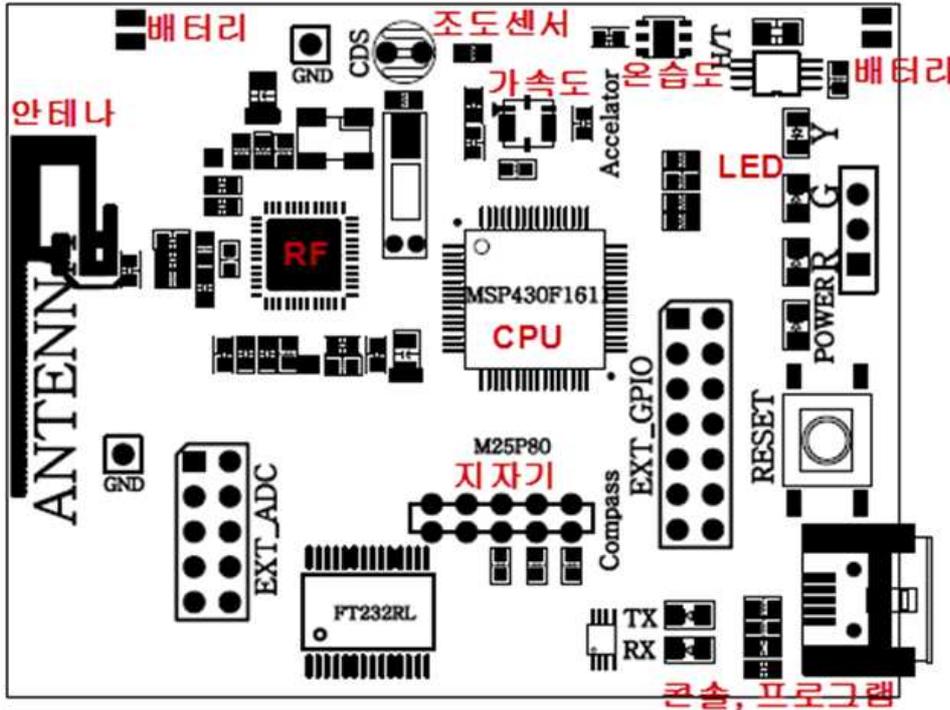
- ❖ 장점 : 배터리가 오래간다.(4-5년, 5년후 폐기, 배터리 교체안됨)
- ❖ 단점 : 활동량 변화만 측정(발정탐지율이 떨어짐)

- ❖ 생각해야 할 점
 - 배터리 수명이 2달이상 보장해야 함
 - 외곽 케이스가 매우 단단해야 함(기존 제품은 잘 부서진다고 함)
 - 배터리 교체형으로 개발(파괴되지 않는 기구적 설계가 필요)

2) 승가, 승가허용, 활동량 변화를 측정하고 발정환경을 모니터링하고 수집하기 위한 온도, 조도, 습도 센서를 추가로 모듈에 적용하여 개발

승가(가속도 센서), 승가허용(가속도센서 + 지자기센서 + RF 신호세기 + 점수제 알고리즘), 활동량 변화(가속도 센서)를 측정하는 것 이외에도 발정환경을 모니터링하고 수집하기 위하여 온도, 조도, 습도 센서를 추가로 모듈에 임베디드하여 개발





크기

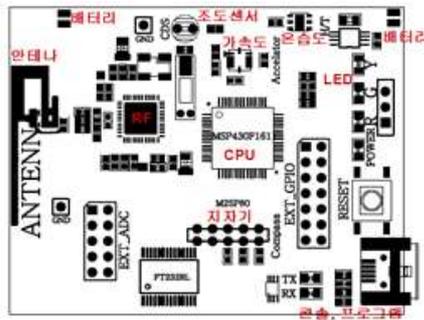
가로 : 64 mm
 세로 : 50 mm
 두께 : 5 mm

탐지방법

1. 가속도 센서
활동량 변화, 증가
2. 지자기 센서
증가여용
3. ZigBee
증가여용

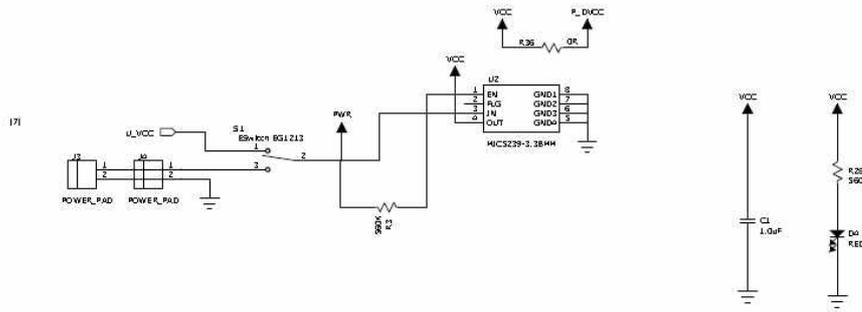
옵션

조도, 온습도 센서



- ❖ 센서 : 3축 가속도, 지자기, 조도, 온습도
- ❖ 센싱 주기 : 40msec (각 센서당 10msec)
- ❖ 데이터 량
 - 25초(회/초) * 60(초) * 5(분) = 7500(회) * 2byte(센서값의 범위) = 15,000byte
- ❖ 5분마다 전송
- ❖ 패킷 수
 - 5분마다 4개의 센서를 수집하여 전송하는데 한 노드당 2,350msec가 소모됨
- ❖ 대안 : 센서 노드의 CPU에서 증가를 인식하여 그 결과를 전송
- ❖ 다만 증가나 그외 상황을 인식하는 알고리즘을 도출하기 위해서 센서값을 계속 전송하는 펌웨어 필요
- ❖ 따라서, tinyOS를 이용하여 각 센서 값을 10msec마다 전송하는 예제 제작
- ❖ 이 경우는 배터리 소모가 많으므로 대용량 배터리가 필요함(한달 이상의 라이프 타임을 보장해야 함)

Power



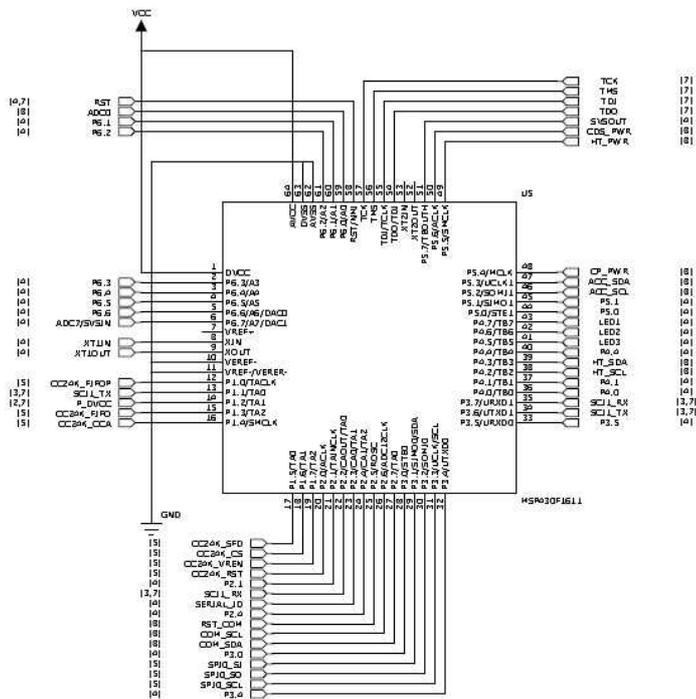
TPS61029DRC (QFN-10)

ADC CH

DACC CH
ADC7/SVSN
E4K ADC
XTL1N
XTIOUT

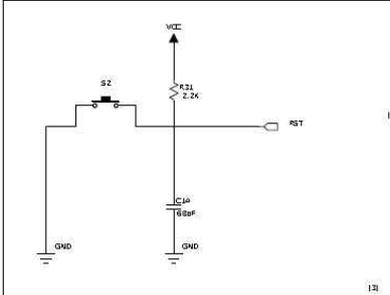
BSL_TX < HSP_TX

P1.0	HSP_RX
P1.1	DS2B11
P1.2	F16S9 ROM
P1.3	SHT11
P2.0	
P2.1	
P2.2	
P2.6	
P2.7	

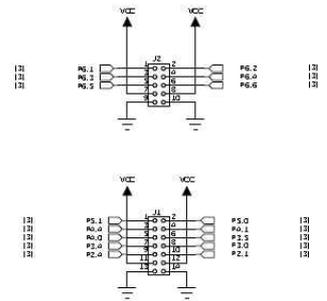
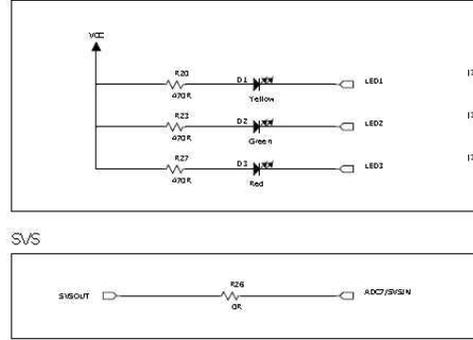


MSP430F1611PM QUAD.50M/64/W/G/2.00

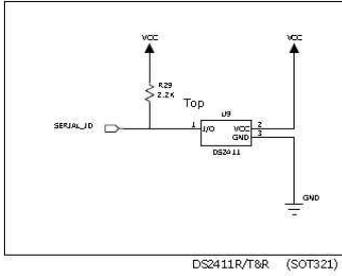
Push Switch



INDICATE LED

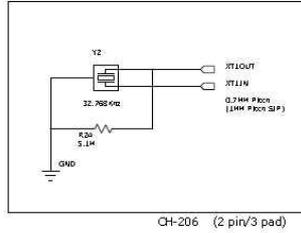


Serial ID

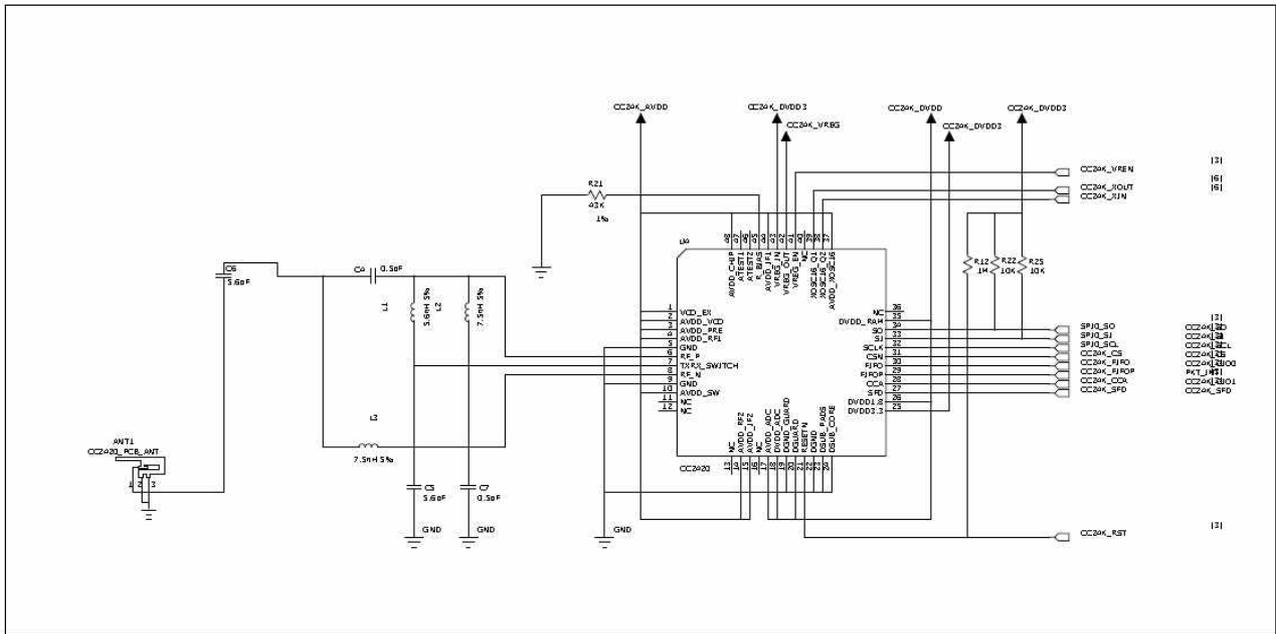


DS2411R/T&R (SOT321)

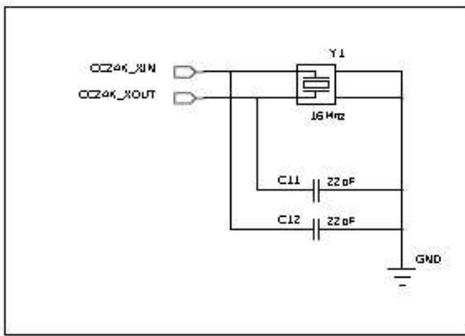
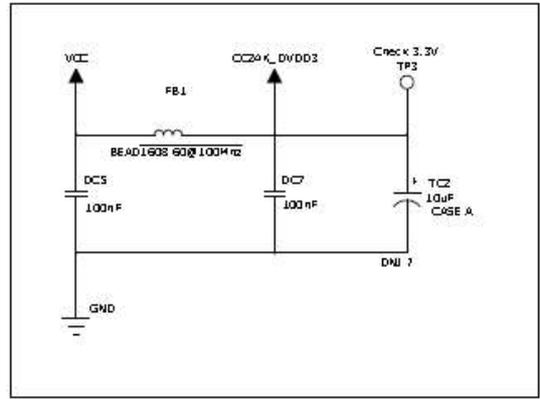
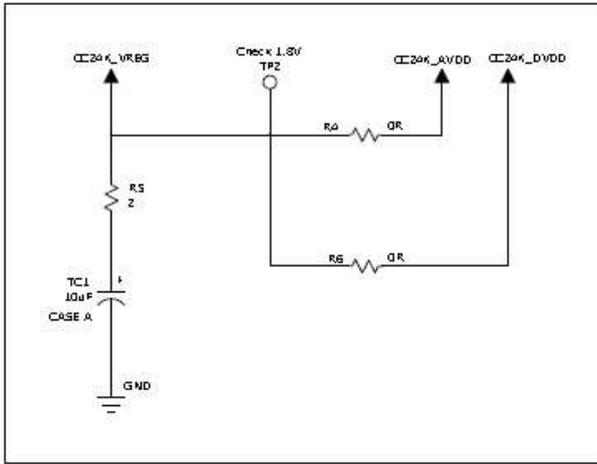
Crystal



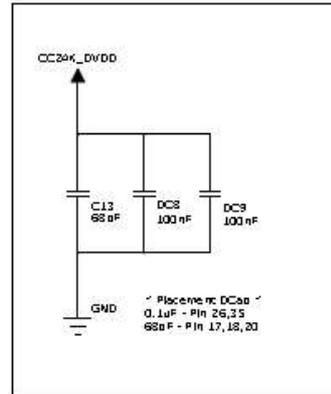
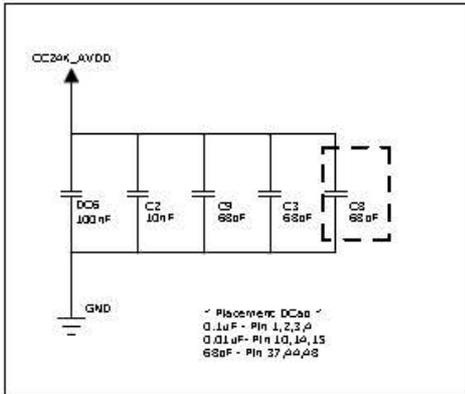
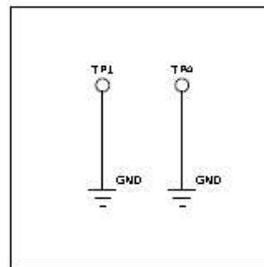
CH-206 (2 pin/3 pad)



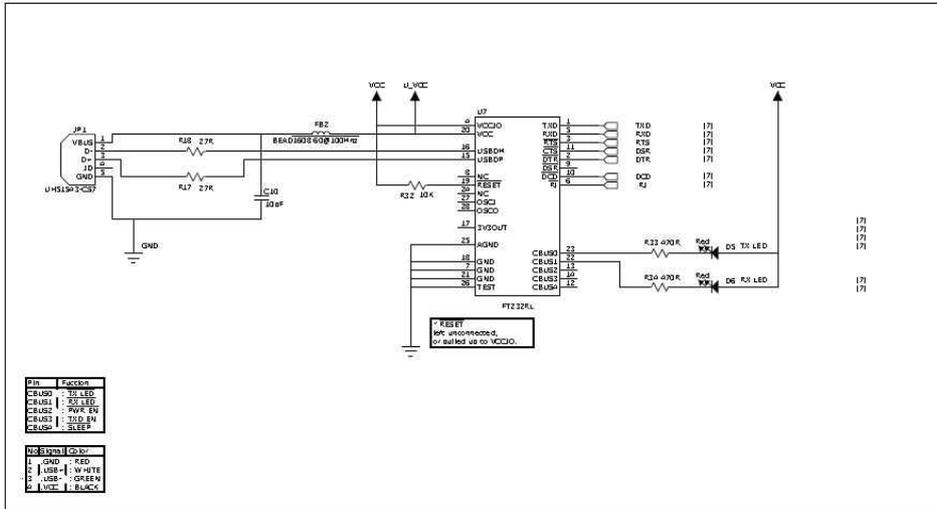
CC2420 (QLP-48)



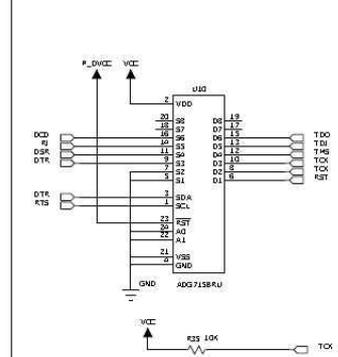
SX8 (SMT 4pad)



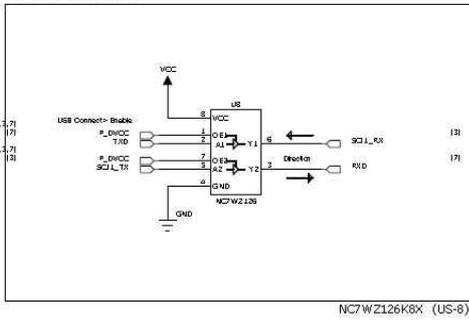
USB Block



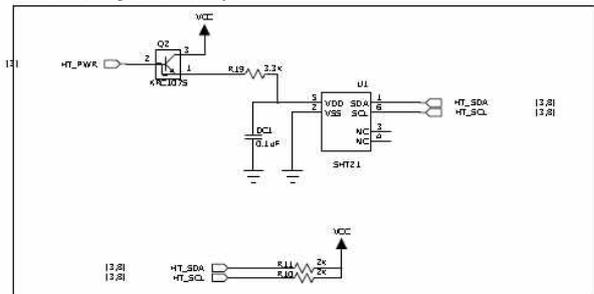
JTAG Emulation



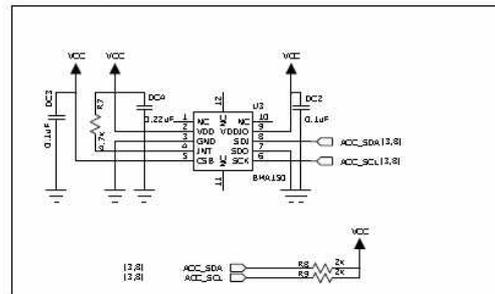
Dual Buffer



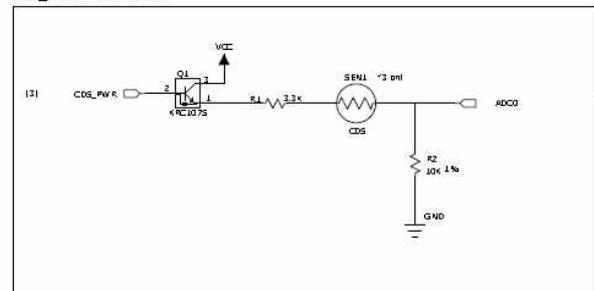
Humidity & Temp



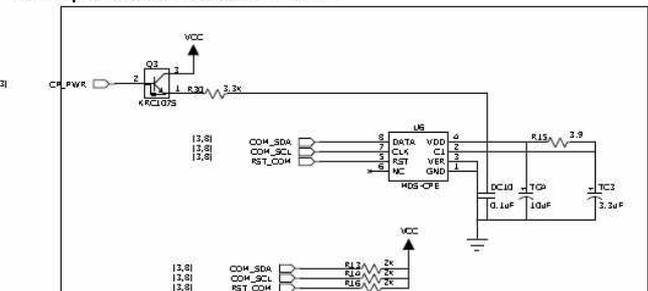
Accelerator



Light Sensor

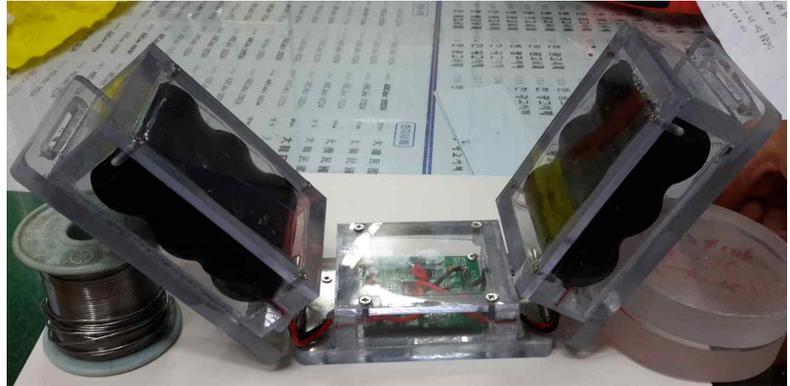


Compass Sensor Connector





[첫 번째 발정탐지 센서]



[1차년도 최종 발정탐지 센서 1차분]



[발정탐지 센서 착용 사진]

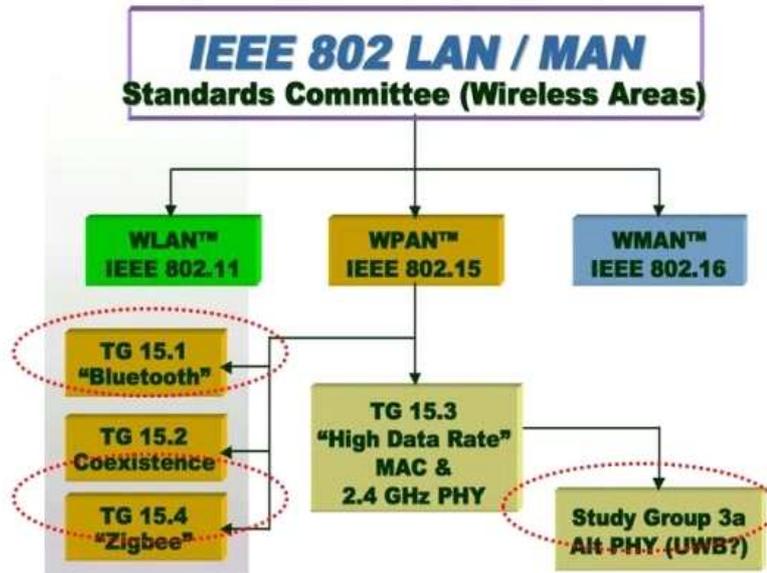


[착용한 소를 표시(영상 확인 시 필요)]

- 3) 발정탐지 데이터(센싱된 데이터)를 서버에 모두 전송(전수조사)
 - 1차분 발정탐지 센서 모듈은 모듈내 프로그램에서 발정을 판단하지 않고 센싱된 데이터를 서버에 모두 전송(전수조사를 통해 기본 발정 데이터 수집을 위함임)
- 4) 발정탐지 시험용 모듈의 사용기간을 3개월로 정함
 - 발정탐지 시험용 모듈의 사용기간을 3개월로 정함(동작시험 실시)
 - 동절기에 -20°C 이하에서도 발정탐지 센서가 정상 작동할 수 있도록 배터리 선택 및 센서 환경시험
- 5) 발정탐지 센서 모듈 데이터 프로토콜 설계
 - ZigBee 기반에서 동작하는 프로토콜 설계(센서쪽은 총 41바이트, 필드서버 쪽은 42바이트이며 payload 데이터는 20바이트로 설계)

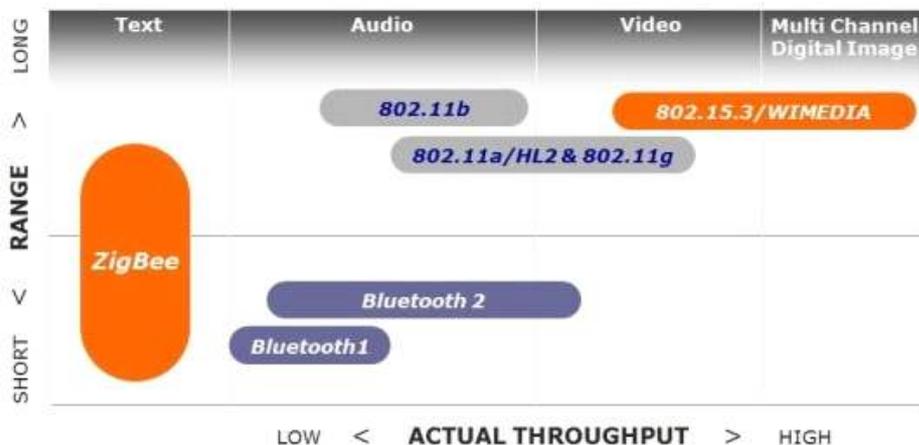
지그비(ZigBee) 통신

최근 수십년간 통신환경은 많은 변화를 거듭하여 발전하고 있다. 통신방식의 발전과 더불어 대부분의 통신이 인터넷과 통합되어 사용되기 시작했다. WPAN(Wireless Personal Area Network) 통신망 또한 인터넷에 연결되면서 무선통신 시장의 변화가 많이 이루어지고 있다. IEEE 802 통신규격 그룹에 속해있는 세부 분류를 살펴보면, 3가지 무선통신 분류가 있는데, 그중 하나인 802.15.4가 지그비 통신방식을 나타내고 있다.



지그비 통신은 주로 문자(텍스트) 전송에 적합하고, 블루투스 통신 방식은 음성신호 또는 저 해상도 영상 전송에 사용되기 적합하다고 할 수 있다. 그리고 802.11b와 802.11g는 무선랜의 규격이다.

지그비는 텍스트 위주의 통신을 제공하기 적합하며, 동시에 저전력 저가격 낮은 데이터 전송률의 특징들을 가지고 있다.

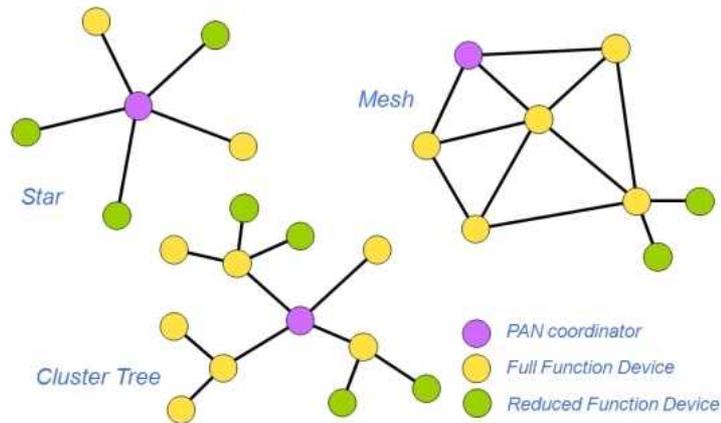


ZigBee : low power, low cost, low data rate

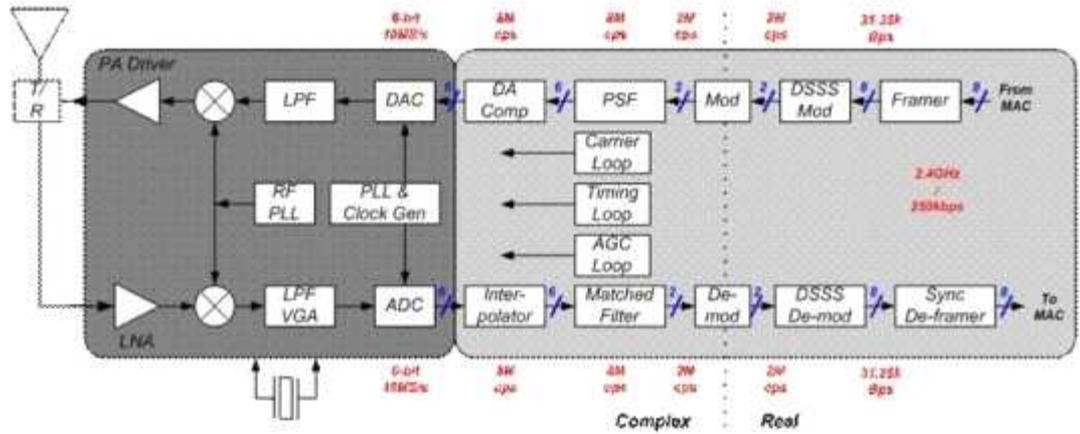
지그비 통신방식의 특징들을 아래 표에 정리하였다. 무엇보다 저전력 특성이 큰 장점이며, 간단하고 짧은 정보를 송수신하기 편리하도록 구성되어 있으며, 최대 65,536 노드만큼 대규모 네트워크(메쉬망 등)를 지원할 수 있는 특징을 가지고 있다. 그물망처럼 데이터를 전달할 수 있기 때문에 데이터 망의 생존성이 매우 우수한 특징을 가지고 있다.

시장 요구 사항	ZigBee
저전력 소모	WPAN 기술 최저 전력소모 (100mW 미만)
소형화	1 cm 미만 소형 모듈
단순 프로토콜 (사용 편리)	50KB 프로토콜 (블루투스 1/4 수준)
멀티 모드 네트워크 지원	1:1, 1:n, Mesh, 다단계 호핑 (8단계)
대규모 네트워크 구성 지원	최대 65,536 노드 수용
세계 표준 기반	IEEE 802.15.4(4b) 업계표준(지그비 얼라이언스)
네트워크의 보안성과 신뢰성	최신 암호화 알고리즘 (보안성) 신뢰성 있는 라우팅 지원(네트워크 신뢰성)

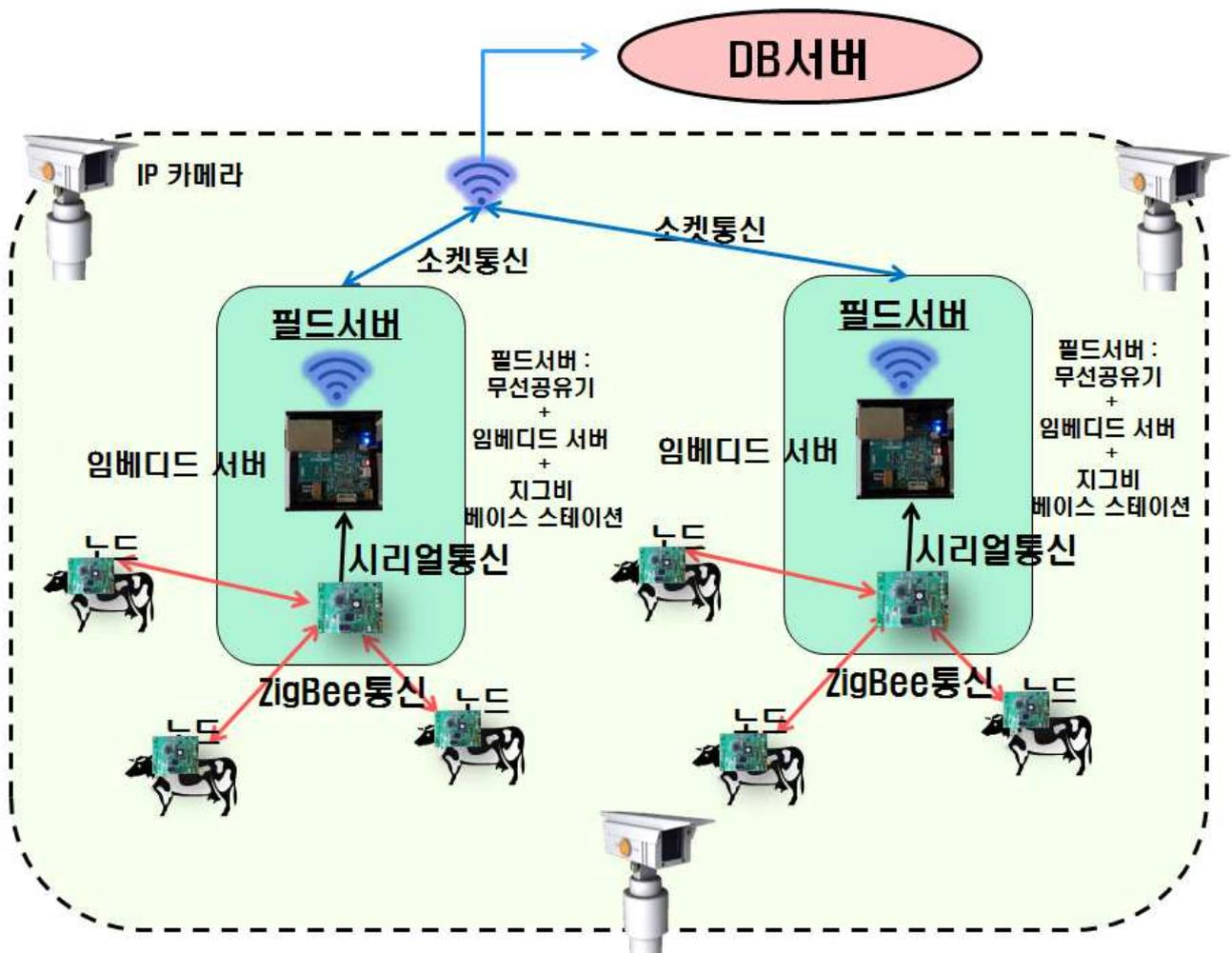
아래 그림은 지그비 통신을 이용하여 시스템 설계자가 구성할 수 있는 다양한 형태의 망 형태를 나타내고 있으며, 구체적으로는 스타망, 메쉬망, 트리망 등이 있다.



아래 그림은 지그비 소자의 RF & Modem 구조를 나타내고 있다.



지그비 통신을 이용하여 본 과제의 네트워크 구조를 설계한 것이 아래 그림이다.



ZigbeX to Server

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Serial Header			TinyOS 2.x Header						
SYNC	Type	DispatchID	dest		src		length	group	type
7E	45	00	FF	FF	FF	FF	1C	00	93
11	12	13	14	15	16	17	18	19	38
Data									
payload									
version		interval		id		count		readings[10]	
00	00	02	00	00	01	00	01	xx	xx
39	40	41	Footer						
CRC		SYNC							
		7E							

Server to ZigbeX

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Serial Header				TinyOS 2.x Header						
SYNC	Type	Sequence	DispatchID	dest		src		length	group	type
7E	44	00	00	FF	FF	00	00	1C	60	93
12	13	14	15	16	17	18	19	20	39	
Data										
payload										
version		interval		id		count		readings[10]		
00	01	01	00	xx	xx	xx	xx	xx	xx	
40	41	42	Footer							
CRC		SYNC								
		7E								

readings[10]													
cds(조도)		temp(온도)		hum(습도)		accelX(가속도 X축)		accelY(가속도 Y축)		accelZ(가속도 Z축)		compass(지자기)	
xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx

[발정탐지 센서 모듈의 ZigBee기반 프로토콜 설계]

(2) 센서 테스트를 위한 시험환경 구축

1) 실증 시험을 위한 젓소 사육 농가에 시험환경 구축

- 실증 시험을 위한 젓소 농장 시험협약 체결
 - ✓ 평택 청북 소재 ‘청북목장’과 발정탐지 시험협약 체결
 - ✓ 젓소 160두를 사육하고 있으며 2가지의 외산 발정탐지 센서를 사용 중임
 - ✓ 향후 본과제로 만든 센서와 비교 시험이 가능함
- 본 보고서 마지막에 청북목장과 협약한 “연구협약서”를 첨부함



[시험 환경을 위한 시스템 구성 개념도]

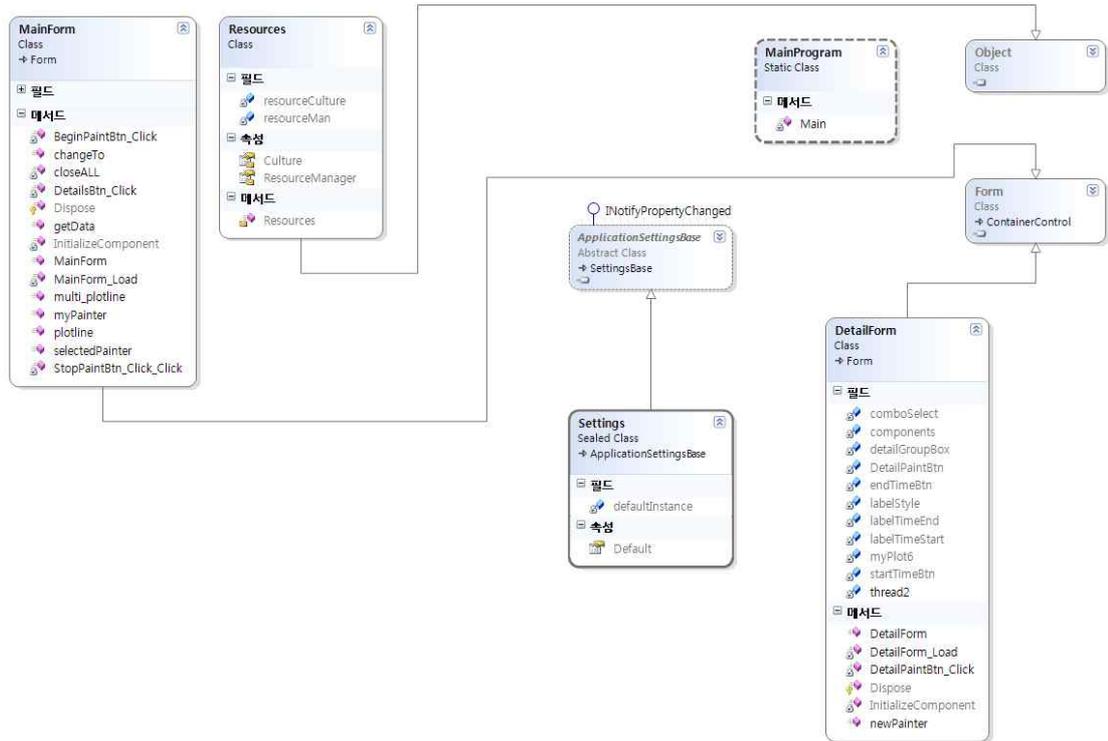
- 2) 원격 모니터링과 환경 데이터 자동 수집을 위해 네트워크 시스템 구축 및 영상 저장 서버 구축
- 시험농장인 '청북목장'에 발정탐지 시스템을 위한 테스트베드 구축
 - ✓ 전기배선 공사, IP카메라 및 영상 서버 구축, 조명공사, 센서 네트워크 공사(WiFi, ZigBee 네트워크), 원격 모니터링 시스템 구축 등



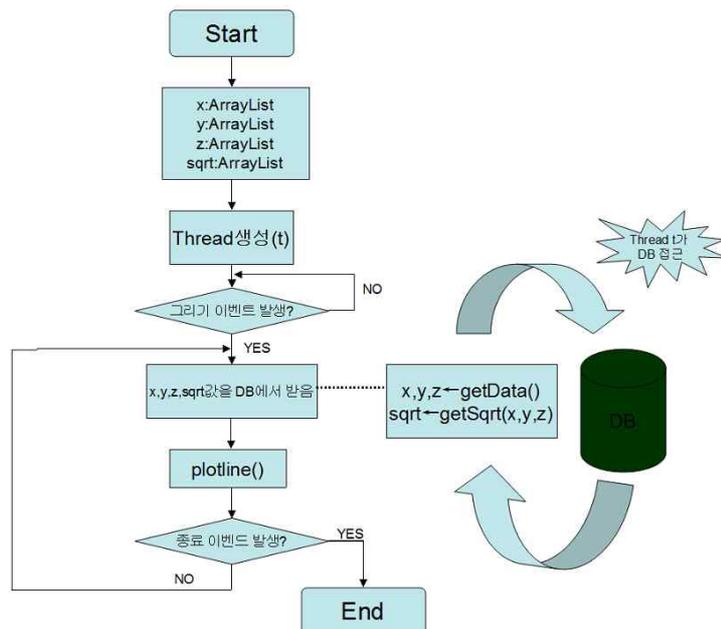


3) 센서 테스트 환경 시험

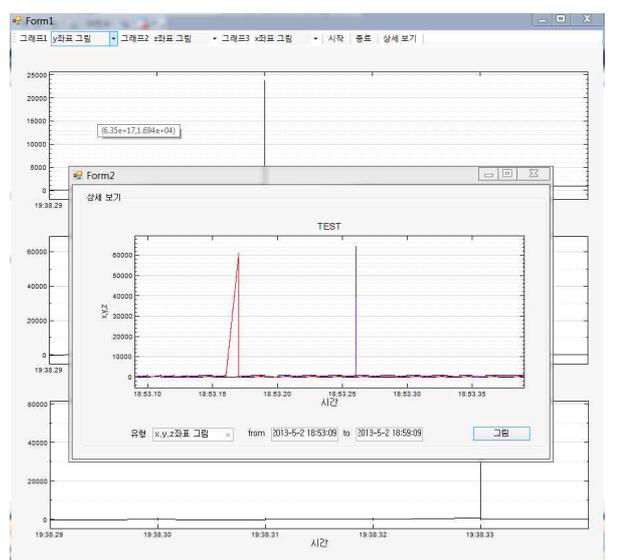
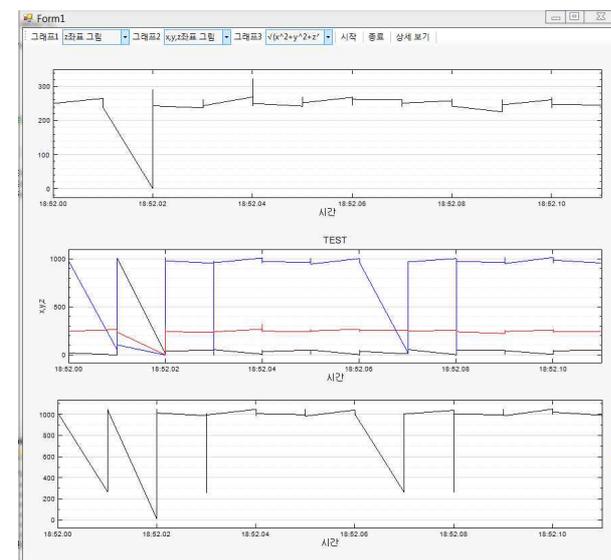
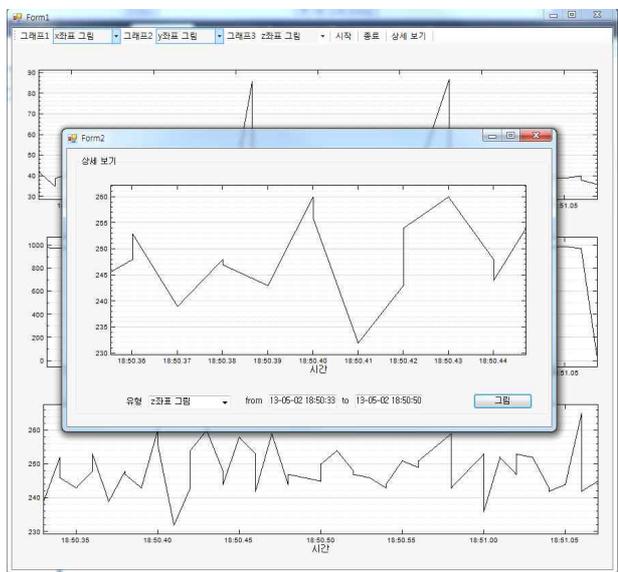
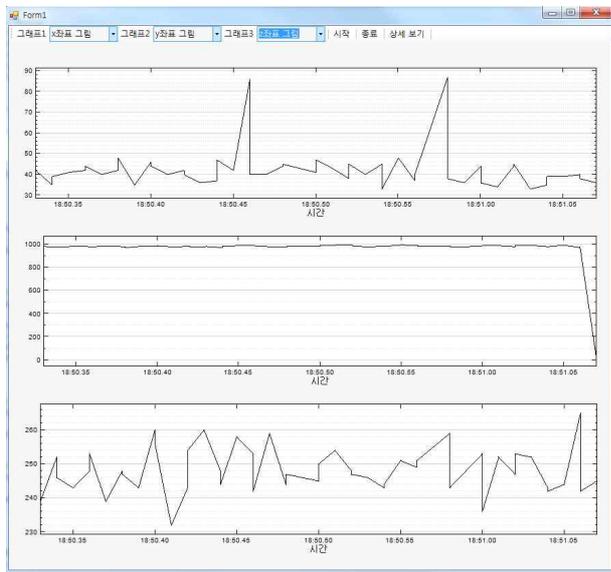
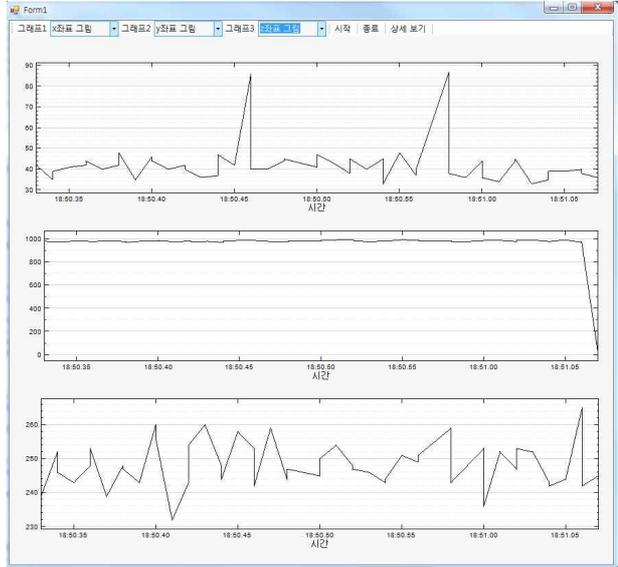
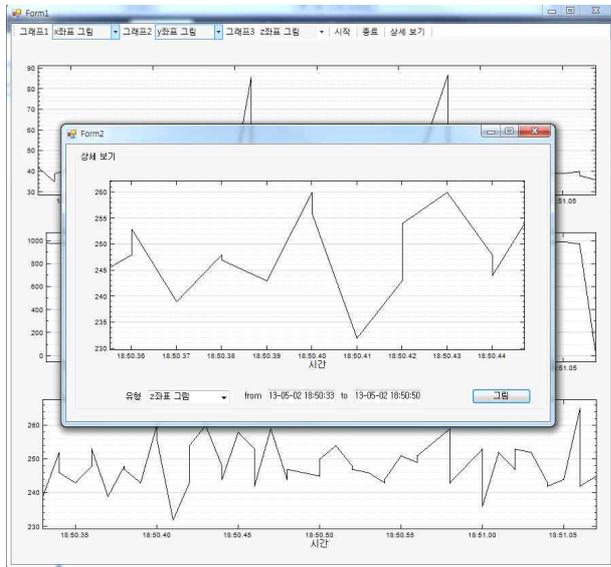
- 가속도 센서, 지자기 센서 동작 시험
- 센서의 동작을 확인하기 위하여 윈도우 OS에서 동작하는 프로그램 작성(C# 언어로 작성)



[실시간 센서 동작 모니터링 프로그램의 클래스 다이어그램]



[센서 데이터 그래프 출력 알고리즘]



[실시간으로 센서의 데이터를 그래프로 확인할 수 있음]

- ZigBee 통달 거리 시험

- ✓ 순천향대학교 운동장(완전히 개방된 곳)에서 본 과제에서 만든 센서의 데이터 통달 거리 테스트를 진행
- ✓ 출력을 최대로 했을 때 70-80미터까지 데이터가 정상적으로 수신되는 것을 확인함
- ✓ 이 실험을 통하여 시험 농장의 무선 네트워크 설계를 하였음

(3) 승가 행위와 인공수정 적기 및 3축 가속도 센서 패턴의 동물 적용

1) 승가 시작·종료와 배란과의 관계를 조사하여 시간관계를 도출

- 승가 행동 시 승가개체는 목에 장착한 3축 가속도 센서의 변화가 일어남
- 3축 가속도 센서의 변화는 주로 수직 상승과 전방 이동이 동시 변화하고 이를 승가행위로 판단함
- 승가행위 발생 시 이를 탐지하여 수정적기를 예측하기 위하여 승가 행위의 시작·종료와 배란과의 시간관계를 조사하여 분석하였음
- 승가 행동의 시작으로부터 약 20-33시간 후에 대부분 배란되었으며, 승가 행동의 종료를 기준으로 할 때 약 15-27시간 후에 배란이 됨

2) 승가와 인공수정 적기와의 관계

- 인공수정은 배란된 난자의 이동과 주입된 정자의 수정능 획득 및 이동시간을 고려할 때 배란 전 12-24 시간에 실시하는 것이 효과적이므로 승가행위의 시작으로부터 18시간 후에 인공수정을 실시할 때 임신 확률이 높을 것으로 봄

3) 승가 시 3축 가속도 센서 패턴의 변화 및 동물 적용

- 상기의 관계를 고려하고 실험 데이터 축적을 통해 동물 적용 시험 결과를 정리하여 패턴을 추출할 예정임

(4) 승가허용과 인공수정 적기 및 지자기 센서와 RF 신호세기로 승가허용 개체 확정

1) 승가허용 시작·종료와 배란과의 관계를 조사하여 시간관계 도출

- 승가허용은 비발정기에는 일어나지 않는 발정행동으로 발정발현 확인의 신뢰도 높은 탐지 방법임
- 승가허용은 승가행위가 발생 시 승가개체를 기준으로 가속도 센서와 지자기 센서 그리고 RF 신호세기를 이용하여 승가허용 개체를 확정함
- 승가허용의 경우 무리 중에 동시에 발정이 온 개체의 유무에 의해 관측이 제한되기도 함
- 승가허용의 시작으로부터 배란 시간은 약 15-27시간 후에 배란이 됨

2) 승가허용과 인공수정 적기와의 관계

- 승가허용과 배란시간을 고려할 때 승가허용 시작 후 15시간이 인공수정 적기로 판단

3) 가속도 센서와 지자기 센서 그리고 RF 신호세기를 이용한 승가허용개체 확인 패턴 확립

- 상기의 관계를 고려하고 실험 데이터 축적을 통해 동물 적용 시험 결과를 정리하여 패턴을 추출할 예정임

(5) 활동량 증가와 인공수정 적기 및 3축 가속도 센서의 변화 패턴과 동물적용

1) 활동량 증가 시점과 배란과의 시간관계

- 발정 시 발정이 온 개체는 평소와 달리 불안, 초조, 흥분 등의 정서변화로 평소보다 걸음수가 증가하게 됨. 이를 3축 가속도 센서를 이용하여 걸음 수 증가하는 시점으로 발정개시 시점을 확인할 수 있었음
- 비발정기의 걸음 수에 비해 2배 이상 걸음수의 변화 시 활동량 증가로 판단한하고 활동량 증가 시점과 배란시간과의 관계는 시작과는 22-39시간 후에, 종료와는 12-35시간 후에 배란으로 판단함

2) 활동량 증가와 수정적기

- 활동량이 증가 후 11-16시간 후 수정적기일 것을 추정하였음

3) 3축 가속도 센서를 이용한 활동량 변화 패턴 분석 및 적용

- 상기의 관계를 고려하고 실험 데이터 축적을 통해 동물 적용 시험 결과를 정리하여 패턴을 추출할 예정임

(6) 최적의 통합 발정탐지

1) 발정 판정 점수제 시스템 도입

- 발정탐지에 있어서 증가, 증가허용, 활동량 증가는 각각의 장·단점이 존재함
- 증가의 경우 비번식기에도 발현될 수 있으며, 울타리에 올라갈 경우에도 증가로 오판될 수 있는 단점이 존재함
- 증가허용의 경우 동시에 발정이 온 개체의 부재 시, 축사의 바닥과 같은 환경적 요인에 의해서 그 발현이 제한 될 경우 발생 수 있음
- 따라서 발정탐지의 정확성을 높이기 위해 각각의 항목에 가중치를 두는 것이 바람직하다고 판단하여 점수제를 도입하기로 하였음
- 발정 판정 점수제는 각각의 개체에 대한 100포인트 점수제(표 1)와 축군에 대한 점수제(표 2)를 만들었음
- 100포인트 점수는 각각의 발정행동별 점수를 두어 이를 합산하여 100포인트에 도달 시 발정이 개시된 것으로 판단하는 점수제이고, 축군에 대한 점수제는 축군의 발정정도를 3단계로 판단하여 중간단계를 기준으로 상하로 ±10%의 점수를 보완토록 하여 축사시설, 환경적 요인, 계절적 요인에 의해 발정표현정도의 차이를 보정할 수 있게 하였음

Estrus signs	Point	
Mounting other cows	40	
Standing heat	100	
Number of steps	2 times	20
	3 times	30
	4 times	40

표 1. 개체별 점수제(100 point)

	Weak (score 1)	Medium (score 2)	Strong (score 3)	
Mounting other cows	<9	9-14	≥14	Total score 1-4 : weak 4-8 : moderate 9-12 : intense
Standing heat	<9	9-14	≥14	
Number of steps	2 times	3 times	4 times	
Animal in estrus	1	2	≥3	

표 2. 보정 점수제(Herd score)

2) 최적의 통합 탐지 센서 모듈 선정

- 제작된 발정통합탐지 센서를 소에 장착하고 청북목장의 실험용 운동장에 설치된 영상장치를 이용해 촬영하고 있으며 영상기록을 채집, 분석하고 있음
- 카메라 3대를 설치하여 시험농장의 운동장 전체를 24시간 365일 모두 촬영하고 있음
- 이 영상을 저장하는 영상서버를 구축하고 이를 원격에서 모니터링 및 영상 다운로드가 가능하도록 환경을 구축하여 기존에 사람이 눈으로 관찰하던 것을 자동화 함
- 저장되는 영상의 좌측 상단에는 영상의 날짜/시간/카메라 번호가 표시되어 발정탐지 센서의 날짜 시간과 비교하여 데이터를 분석할 수 있도록 하였음
- 영상서버를 팀뷰어를 통하여 PC, 태블릿, 스마트폰으로 원격 모니터링이 가능하도록 구성



[시험 농장에서 승가 및 승가허용 발정영상]



[10번 IP 카메라 영상]



[20번 IP 카메라 영상]



[30번 IP 카메라 영상]

(7) 필드서버 개발

1) 발정탐지 센서 데이터 수집을 위한 네트워크 소프트웨어 모듈 개발

- ZigBee 기반의 발정탐지 프로토콜 설계에 따른 필드서버 데이터 수집 소프트웨어 모듈 개발
- 센서 데이터의 수집 주기를 달리하면서 실험하기 위하여 프로토콜 내에 수집 주기를 컨트롤할 수 있는 필드를 뒀
- 센서 데이터의 수집 주기는 발정을 검출하는 정확도와 센서의 전력 소모와 상관관계가 있으므로 다양한 수집 주기 변경 시험이 필요함
- 다중 필드서버 지원 시스템 개발
 - ✓ 데이터 수집 반경을 넓이기 위해 다중 필드서버 지원 시스템 개발
 - ✓ 각 발정탐지 센서를 구별하기 위하여 프로토콜 내에 ID, count 필드를 두고 이를 이용하여 서버에서 중복되는 데이터를 걸러냄
- 오드로이드 임베디드 보드에 개발한 ZigBee 베이스스테이션을 USB로 연결하여 필드서버 구현



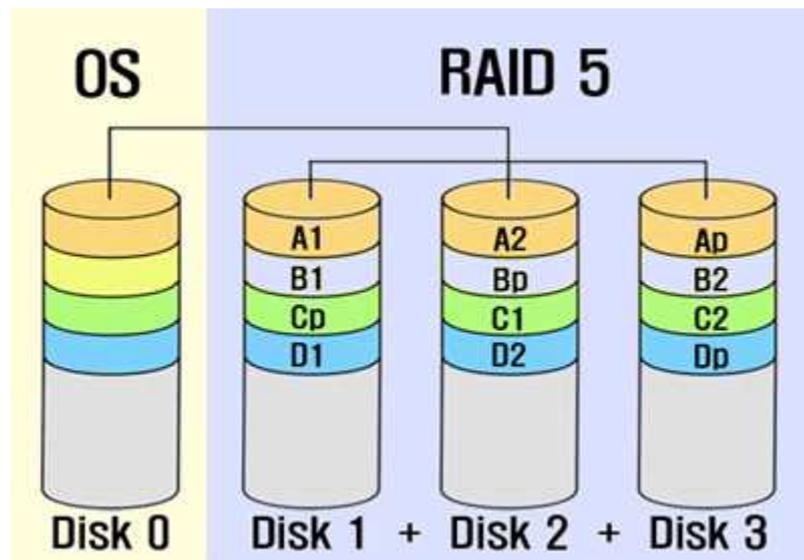
[필드서버]

- 낙뢰 시 필드서버 보호를 위해 서지 제품을 설치



2) 필드 서버 백업 시스템 개발

- 필드서버에서 수집되는 발정탐지 센싱 데이터 안정성 확보를 위해 RAID 5 기반의 시스템을 구축
 - ✓ 데이터 보존을 위해 1개의 운영체제용 디스크와 3개의 물리디스크로 RAID 5 구성
 - ✓ 스트라이핑 모드 지원(병렬쓰기, 빠른 데이터 처리)
 - ✓ RAID 5를 이용하여 각 하드디스크에 데이터와 패리티 코드를 분할시켜 유사시에 하드가 물리적으로 손상이 되어도 복구가 가능



[리눅스 RAID 5 서버 구축]

- 실험 데이터의 정기적인 DB 백업을 진행 백업 서버 구축
 - ✓ 자동 백업 및 수동 백업 병행
 - ✓ 1T 바이트로 설정한 DB_dir 디렉토리를 1T 바이트 하드에 수시로 백업

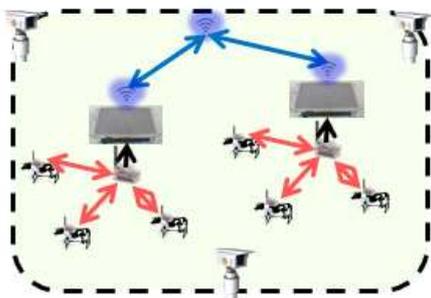
- ✓ boot, usr, var 디렉토리는 500G 바이트 하드에 따로 백업
- ✓ RAID rebuild 기능을 이용한 복구 절차 매뉴얼 작성
- ✓ e-mail 알림 기능 설정(신속한 복구 가능)
- 시험을 위한 영상서버 원격제어 시스템 구축
 - ✓ IP(Internet Protocol) 카메라를 3대 설치하여 소들의 발정을 모니터링
 - ✓ 낙뢰로 인한 카메라 보호를 위하여 랜선 서지 및 전기 서지 제품을 설치하고 무선 공유기 4대를 이용하여 네트워크를 구축
 - ✓ 원격 확인 및 원격백업
 - ✓ PC를 이용하여 저장된 영상 정보를 다운로드 받아 확인
 - ✓ 실시간으로 PC, 태블릿PC(갤럭시탭, 아이패드), 스마트폰에서도 원격으로 확인이 가능하도록 시스템을 구축
- DB 서버 파티션 구조
 - ✓ / : 70GB (root 디렉터리)
 - ✓ /boot : 100MB (부팅 공간, 20M 바이트이면 충분하나 넉넉하게 100MB 설정)
 - ✓ /usr : 150GB (응용 프로그램 설치 장소)
 - ✓ /var : 150GB (시스템 로그 저장소)
 - ✓ /tmp : 70GB (임시 저장 디렉터리)
 - ✓ /db_dir : 1TB (DB 자료 저장, 1TB 하드로 지속적 백업 예정)
 - ✓ /swap : 8GB (가상 메모리)
 - ✓ /home : 400GB (유저 디렉터리)



DB 서버 구축(리눅스 서버) :

- RAID 5 구축 : RAID 컨트롤러, 물리 디스크 4개
- 호스트 PC(windows7), 가상화 서버(VMware8 - 리눅스 서버 설치), teamviewer 이용 관리
- APM 구축, 백업서버 구축, 메인서버와 필드서버 통신 모듈 개발(소켓통신 프로그램)

DB서버



농장



결과 모니터링 :
iOS / 안드로이드

사용자

제 2 절 2차년도 연구개발수행 내용

1. 연구수행 범위 및 연구수행 방법

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
발정탐지 센서 모듈 2차 개발	○ 발정탐지 센서 소형화 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정탐지 센서 1차 모듈의 실험을 통해 얻은 경험을 바탕으로 개발시 필요한 USB 인터페이스를 외부 보드로 별도 개발하여 2차 센서 모듈의 크기를 줄임 ● 환경 수집으로 위한 온습도 조도 센서를 제거하고 디버깅용 LED도 덤스위치로 전원 인가를 선택할 수 있게 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 소비전력을 절감할 수 있는 부분에 대한 보완 설계 ● EEPROM 2M를 추가하여 3차년도에 소프트웨어를 통한 소비전력 절감을 할 수 있는 하드웨어적 고려 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 암소의 행동 패턴을 정의하고 이를 통하여 소프트웨어적인 소비전력 절감 프로그램을 실험하고 있음 ● LDO Regulator 칩셋 개선을 통해 소비전력 절감 되도록 설계 ● 센서보드 안정화를 위하여 CPU에 캐패시터 추가 <ul style="list-style-type: none"> - CPU 전원 공급 안정화를 위해 추가 ● 센서 모듈 동작온도 - 40도에서 +80도까지 동작할 수 있도록 설계
	○ 2차분 시험용 케이스 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> ● 작아진 발정탐지 센서 모듈 2차분에 맞도록 시험용 케이스 설계 및 제작 ● 밧데리 케이스 2종, 센서 모듈 케이스 1종 제작 ● 1차년도에는 6개의 밧데리가 병렬로 3개씩 2세트로 개발되었으나 2차년도에는 센서 모듈의 소비전력 30% 절감을 통해 4개의 밧데리 2개씩 2세트로 개발하여 케이스도 상대적으로 30% 작게 설계

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
발정탐지 센서 모듈 2차 개발	○ 발정탐지 센서 감도 시험	<ul style="list-style-type: none"> ● 지자기 센서 감도시험(2G, 4G, 8G) <ul style="list-style-type: none"> - 센서모듈 설정을 중력가속도 2배, 4배, 8배로 각각 코딩하고 3개의 그룹으로 농장에서 암소에 게 센서를 채워 현장 감도 시험 - 중력가속도 4배(4G)가 실험하는데 적당한 것으로 결론 맺음 ● 3축 가속도 센서 수집 주기 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 모듈 프로그램의 센서 수집 딜레이값을 조정하면서 센서 수집 주기 시험 - 딜레이 0부터 딜레이 140ms씩 증가(10구간) 수집 주기 시험
	○ 센서 노이즈 데이터 처리 소프트웨어 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 노이즈 데이터 필터링 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 잃어버린 데이터 보정 프로그램 - 센서 오동작으로 인한 MAX값 필터링 프로그램 - 이동평균(7개) 값을 이용한 노이즈 필터링
	○ 네트워크 송수신이 불량할 때를 고려한 센서 모듈 백업 S/W 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서 모듈에 EEPROM 2M 추가 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 네트워크 송수신 불량시 데이터를 임시저장할 수 있는 EEPROM 추가 ● 데이터 송신 주기 조절 기능 <ul style="list-style-type: none"> - 3차년도에 소프트웨어 기반의 센서 소비전력 절감을 위한 송신 주기 조절 기능 프로그램 추가 - 암소의 행동 패턴을 분석하여 데이터 송신 주기를 정하기 위하여 실험을 진행 중 ● 네트워크 불량시 자동 리셋 프로그램 추가 <ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 불량시 센서 모듈 자동 리셋 프로그램을 추가하여 센서 데이터의 네트워크 손실 부분을 최소화 - 기존에 1차분 센서모듈에서는 센서 네트워크 이상시에 정상적으로 네트워크가 복구되기 전까지 데이터가 소실된 것에 비해 개선된 2차 모듈 프로그램에서는 센서 네트워크 이상 발생시 즉시 센서를 리셋하여 데이터의 손실을 최소화 함

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
발정탐지 센서 모듈 2차 개발	○ 배터리 수명을 고려한 센서 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서 전력소모를 40mA에서 32mA로 줄임 <ul style="list-style-type: none"> - 1차 센서 모듈의 전력 소모에 관하여 회로 분석과 농장 실험 환경에서 꼭 필요한 요소들만 고려하여 2차 센서 모듈을 설계 - 개발단계에서 필요한 보드 디버깅을 위한 회로 부분을 외부 보드로 별도로 개발하고 디버깅 LED들을 덤스위치로 전원인가를 선택할 수 있도록 설계하고 전체적으로 칩셋 소비전력을 분석하여 새로 보드를 설계 ● EEPROM을 센서모듈에 추가하여 네트워크 송신 주기를 조절할 수 있어 배터리 수명을 고려한 센서 모듈 개발 완료 <ul style="list-style-type: none"> - 3차년도에 소프트웨어 전력소모 절감을 위한 하드웨어 부분 개발완료
	○ RFID를 적용하여 교체가 매우 편리한 발정탐지 센서 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 스마트폰에 NFC 기능을 이용한 암소 정보 스캔 기능 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트폰의 NFC 기능을 활용하여 암소의 정보를 스캔할 수 있는 기능 개발 - 이 기능을 활용하면 RFID 호환 태그를 이용하여 발정탐지 센서를 암소와 매칭 시킬 때 암소 정보와 센서의 자동 결합을 통해 손쉽게 센서 교체가 가능함

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
<p>센서 테스트를 위한 시험환경 구축</p>	<p>○ 1차년도 청북목장 시험 환경 수정 보완</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 1차년도 청북목장 실증 시험을 위한 젃소 농장 시험협약 갱신 <ul style="list-style-type: none"> - 평택 청북 소재 '청북목장'과 발정탐지 시험협약 갱신 - 젃소 160두를 사육하고 있으며 2가지의 외산 발정탐지 센서를 사용 중임 - 향후 본과제로 만든 센서와 비교 시험이 가능함 ● 2차년도 새로 구축한 흑성산목장의 개선된 시험환경을 청북목장에도 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 환경 보완(프로그램 수정) - 필드서버 프로그램 수정 - 영상백업 시스템 구축 - 센서 모듈 프로그램 수정
	<p>○ 2차년도 흑성산목장 신규 시험 환경 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 한우 실증 시험을 위하여 시험협약 체결 <ul style="list-style-type: none"> - 충남 천안 목천 소재 - 170두 한우 사육농가 - 발정탐지 시스템을 처음 도입하는 농가임 - 발정동기화를 하는 농가이므로 집중적인 실험이 가능하여 데이터 수집과 분석에 유리 ● 발정탐지 시스템을 위한 테스트베드 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 전기배선 공사, IP카메라 및 영상 서버 구축, 조명공사, 센서 네트워크 공사(WiFi, ZigBee 네트워크), 원격 모니터링 시스템 구축 등 - 서버 시스템 구축(영상서버, DB서버, 백업서버 등)

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
<p>센서 테스트를 위한 시험환경 구축</p>	<p>○ 센서 환경 시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서 네트워크 통달 거리 측정 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 개방된 장소(대학교 대운동장)에서 네트워크 통달 거리 측정 시험을 함 - 서버-베이스스테이션과 센서 모듈간의 센서 네트워크 최대 송수신 거리 측정 시험을 진행 - 서버는 노트북에 실험을 위해 구축하고 노트북에 베이스스테이션을 연결하여 센서 모듈(باتเตอรี่ 전원 이용)과 통신 거리 측정 - 최대 75m에서 정상적으로 센서 네트워크 통신이 이루어짐을 확인함 - 이것은 개방된 환경의 농장환경에서 데이터 수집하는 필드서버가 반경 75m 수신 거리까지 커버가 가능하다는 것을 의미함(150m 커버) ● 정전기 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 정전기에 대한 센서 모듈의 동작 시험을 테스트 - 정전기 청소 솔을 이용한 테스트에 이상 없었음 - 스파크 플러그를 이용한 테스트에서는 CPU에 직접 전원 인가되는 부분을 제외하고 이상 없었음 (최악 조건 시험, 실제로는 이와 같은 정전기는 발생할 수 없음) ● 현장 센서 동작 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 농장에서 발정탐지 센서를 암소의 목에 목걸이 형태로 체결하여 실증 시험을 진행 - 처음 목표로 한 센서 연속 동작 3개월 이상 확보 - 2G, 4G, 8G 가속도 센서 그룹을 설정하여 현장 센서 동작 시험 - 센서 네트워크 채널을 16개로 분리하여 다중노드(센서)를 고려한 센서 동작 시험 - 24시간 동영상을 촬영하여 센서 데이터와 비교 분석 ● 배터리 수명 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 28mA 센서 소비전력을 감안하여 배터리 용량을 계산하고 3개월 이상 동작할 수 있도록 설계 - 배터리 최대 용량의 70%(안전율 고려)를 3개월로 계산 - 현장 센서 동작 시험을 통해 3개월 이상 동작을 실제로 확인함

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
<p>센서 테스트를 위한 시험환경 구축</p>	<p>○ 센서 착용시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 사람에 센서를 착용하고 동작 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 기본 센서 동작 시험 - 사람의 허리에 센서를 착용하고 동작시험 <ul style="list-style-type: none"> : 사람 허리와 암소의 목둘레의 크기가 비슷함 - 센서를 암소에 채우기 전에 사람이 착용하고 테스트 후 현장 암소 착용 시험을 함 ● 애완견에 센서를 착용시키고 동작 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 애완견에 발정탐지 센서를 착용시키고 애완견 활동량을 측정해 봄 - 향후 발정탐지 센서(3축 가속도센서)를 이용한 확장 가능성 타진 - 별도의 아이디어로 특허 추진 중 ● 실험 농장 암소에 센서를 착용시키고 동작 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 두 농장(젓소, 한우)에서 암소에 센서를 착용시키고 동작 시험
	<p>○ 발정(승가, 승가허용, 활동량변화, 온도, 습도, 조도 등) 발현 및 환경 데이터 수집 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 온도, 습도, 조도 등 환경 데이터에 따른 발정 발현 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 4계절 온습도 변화로 인한 발정행동 차이 비교 - 조도(낮, 밤)에 따른 발정행동 차이 비교

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
발정탐지 알고리즘 프로그램 개발	○ 승가, 승가허용, 활동량 변화에 따른 발정 판정 알고리즘 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가 판정 알고리즘 <ul style="list-style-type: none"> - 승가 히트율을 높이는 알고리즘 개발 - 75% 승가 히트율 ● 승가허용 판정 알고리즘 <ul style="list-style-type: none"> - 승가 행동의 감소의 지자기 방향의 45도 반경의 감소를 승가허용 후보군으로 편입 - 점수제 판정 알고리즘을 통해 후보군에서 승가허용 감소를 선택 ● 활동량 변화 판정 알고리즘 <ul style="list-style-type: none"> - 30분 단위의 활동량 에너지 값을 누산값으로 활동량 변화를 판단
	○ 점수제 발정 판정 알고리즘 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 점수제 발정 판정 알고리즘 <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도에 점수제 알고리즘을 구현
	○ 사육환경에 따른 발정 환경 보정 알고리즘 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 사육환경 보정값에 따른 알고리즘 <ul style="list-style-type: none"> - 이동평균값을 이용한 보정 - 농장 환경에서 센서 네트워크 이상으로 데이터 수신이 안될 시에 데이터 보정식 알고리즘 설계

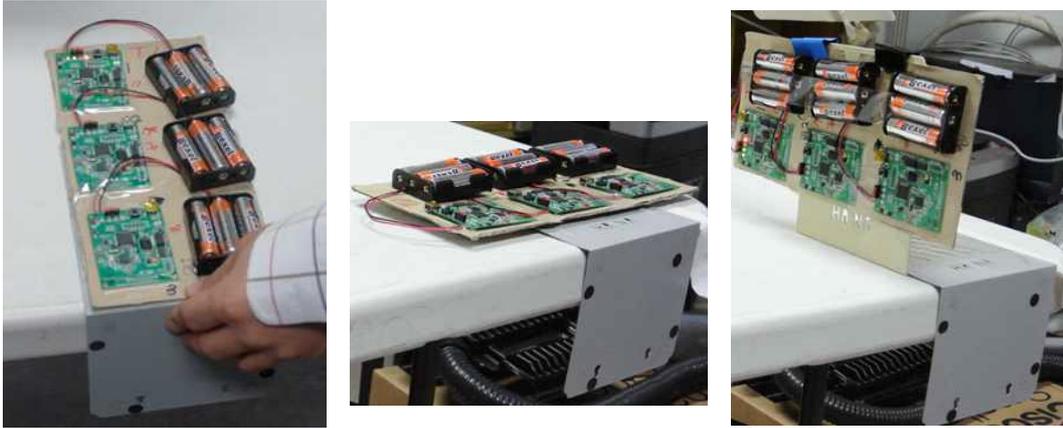
연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
계절(온도, 습도 등의 변화)에 따른 측정량 차이 비교	<ul style="list-style-type: none"> - 봄·가을과 여름, 겨울의 계절별 발정행동을 조사하여 관계 도출 - 고온, 다습한 여름철의 발정행동을 관찰하여 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정기간은 여름에 18시간, 겨울에 16시간, 봄,가을엔 15시간정도로 여름이 발정기간이 길었으며, 증가허용은 겨울이 많았으나 발정개시와 배란시간과의 관계는 계절에 상관없이 25-32시간으로 계절과 상관 없음. 발정종료와 배란은 여름이 다른 계절에 비해 3시간 정도 짧음. ● 같은 여름이라도 기온이 25℃까지는 증가허용이 증가하며, 30℃ 이후에는 감소. 30℃ 이상의 기온에 노출되는 기간과 최대온도를 고려하여 발정행동에 대한 1.5배의 가중치가 필요함.
사육장의 차이(바닥, 형태 등)에 따른 측정량 차이 비교	<ul style="list-style-type: none"> - 사육장 바닥 재질과 발정행동 차이 분석 - 사육장의 경사도에 의한 발정행동 차이 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ● 젖소의 경우 바닥 재질이 콘크리트와 3cm 이상의 고무매트를 깔아준 경우를 비교하면 고무매트쪽이 보폭이 20%정도 길어지며, 보행수도 증가하여 하루 이동거리로 환산시 2.5km에서 4.0km로 60%정도 증가하며, 증가행위도 2배정도 늘어남. ● 바닥이 경사지거나 고르지 못한 경우 이동거리와 증가와 증가허용 모두가 급격히 감소. ● 일반적인 콘크리트 축사에 비해 축사 바닥이 평평하며, 고무매트와 같이 안정적인 움직임이 가능한 재질을 가진 경우 활동량은 $\times 0.6$, 증가의 경우 $\times 0.5$의 보정값이 필요함.
사육조건의 차이(사육장의 크기, 밀도 등)에 따른 측정량 차이 비교	<ul style="list-style-type: none"> - 사육장의 넓이와 사육밀도에 따른 발정행동 차이 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ● 사육장은 3두 미만이 들어갈 수 있는 크기의 경우 발정행동이 크게 제약을 받았으나 5두 이상의 무리로 관리하는 경우 사육장의 크기나 사육밀도 보다는 발정기에 있는 개체가 2두인 경우 1두에 비해 발정행동이 20-30% 증가하며, 3두 이상인 경우 50-100% 증가. ● 이를 이용하여 발정기에 있는 개체가 1두인 경우 $\times 1.2$, 2두인 경우 $\times 1.0$, 3두이상인 경우 $\times 0.7$의 보정치가 생김.

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
필드서버 개발	○ 1차년도 필드서버를 기반으로 개선된 필드서버 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 네트워크 채널 분리된 필드서버 프로그램 개선 ● 데이터 전송 문제 발생시 스마트폰에 레포팅을 통한 원격 리셋 시스템 구축 ● 필드서버(오드로이드)가 죽었을 때, 필드서버 리셋하는 것 ● 원격 필드서버 모니터링
	○ 데이터 수집 주기를 조절할 수 있는 소프트웨어 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서 데이터 수집 주기 테스트 ● 수집 주기 조절하는 프로그램 개발
	○ 다중 노드 환경에서의 필드서버 안정성 테스트 및 디버깅	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서 네트워크 채널 분리를 통한 다중 노드 통신 프로그램 개발
발정탐지 스마트폰 및 PC 프로그램 개발	○ 스마트폰 발정탐지 알리미 앱 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정 알리미 앱 개발 ● 발정 내용, 그래프, 압소 정보 등 제공
	○ PC용 발정탐지 분석 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 시험 분석을 도와주는 PC용 발정탐지 분석 프로그램 개발

2. 세부연구수행 결과

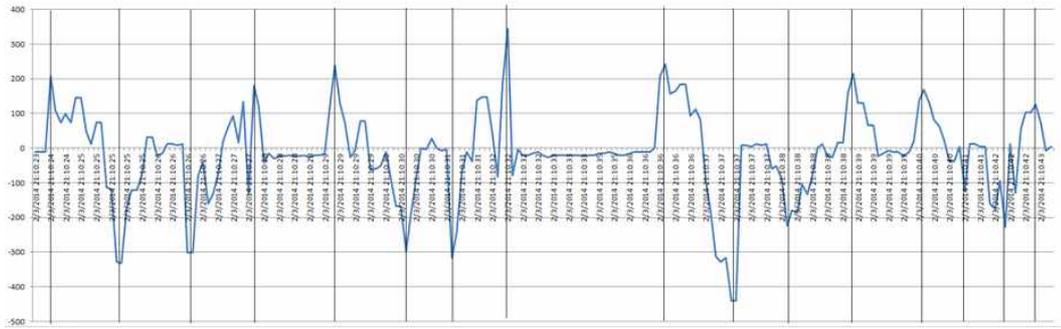
(1) 발정탐지 센서 모듈 기본 동작 시험

- 3축 가속도 센서의 기본 동작 시험을 위해 센서 3개를 같이 고정시켜 한 방향으로 이동시키면서 데이터를 수집하고 3개의 센서가 동일한 형태의 값을 나타내는지 그래프를 그려서 확인함
- 1000분의 1초까지 표시하는 스마트폰 앱 시계와 3개의 센서를 구속시킨 모듈의 움직임을 동영상으로 찍어 영상 데이터의 시간당 움직이는 거리를 계산하여 실제 서버로 수집되는 가속도 값과 비교하여 그래프를 그려서 확인함.



[왼쪽부터 X, Y, Z축 지그에 구속시켜 실험을 함]





- 상기 그림에서 나타난 것과 같이 출발할 때에는 플러스 가속도가 나타나고 정지시에는 마이너스 가속도가 정상적으로 나타나는 것을 그래프로 알 수 있었고 3개의 센서 모두 같은 값의 그래프를 그리는 것으로 확인되어 발정탐지 센서 모듈의 3축 가속도 센서의 동작이 정상적인 것을 확인함

(2) 발정탐지 센서 모듈 착용 동작 시험

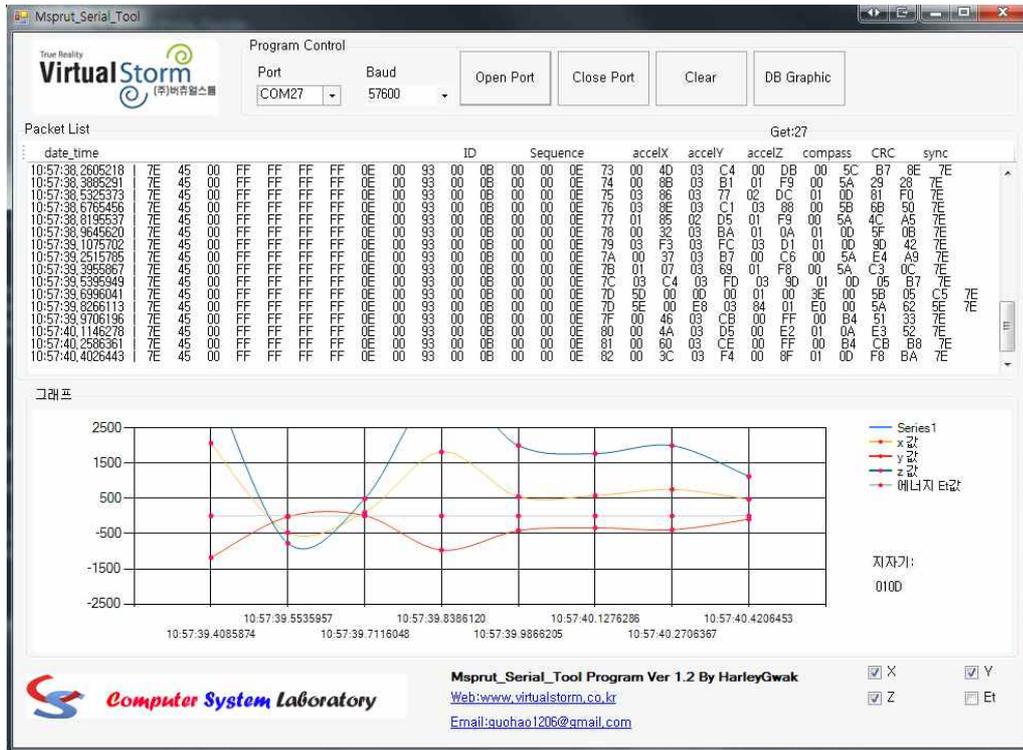


- 상기 그림처럼 사람의 다리에 발정탐지 센서 모듈을 부착하고 35cm에 차를 고정시키고 인위적으로 제자리 걸음하여 가속도 센서의 데이터를 수집

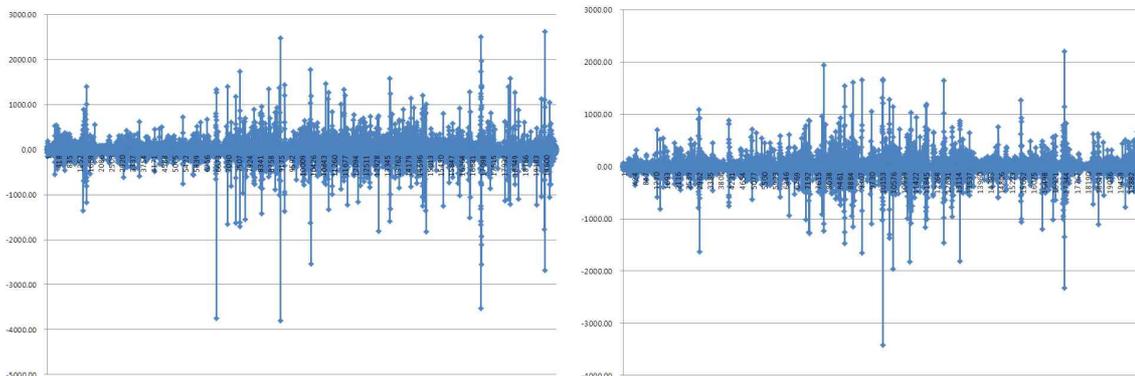


- 보정되지 않은 raw 데이터 값은 발걸음 강도에 따라 200에서 1000(참고 : 중력가속도 980cm/s²)값을 가

지는 것을 확인하였음

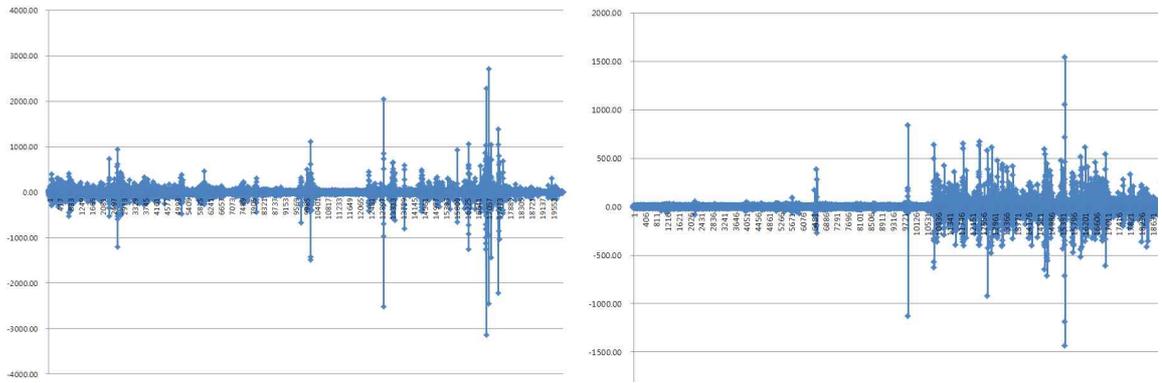


- 상기 그림은 발정탐지 센서 하나에 대한 실시간 모니터링 분석을 위한 프로그램이며, 실시간으로 3축 가속도 센서의 값과 에너지값의 그래프를 실시간으로 분석할 수 있으며 자자기 센서의 방향값도 실시간으로 확인할 수 있어 센서의 정상 작동 유무를 확인할 수 있도록 설계되어 있음.
- 또한, 실험 농장에서 암소에 채워진 하나의 센서에 대하여도 실시간으로 현장에서 그래프로 그려지는 데이터를 확인할 수 있으므로 유용한 분석툴이라 할 수 있음
- 아래 그래프는 암소에 발정탐지 센서 모듈을 착용시키고 특정 구간에 대한 센서의 동작 상태를 나타낸 그림이다.



- 상기 그래프는 암소가 발정이 발현했을 때의 가속도 센서의 그래프 형태로 2000 이상의 값이 자주 나타나는 것을 확인할 수 있음. 이것은 암소의 발정으로 승가를 비롯한 활동량이 활발한 것을 확인할 수 있음

답



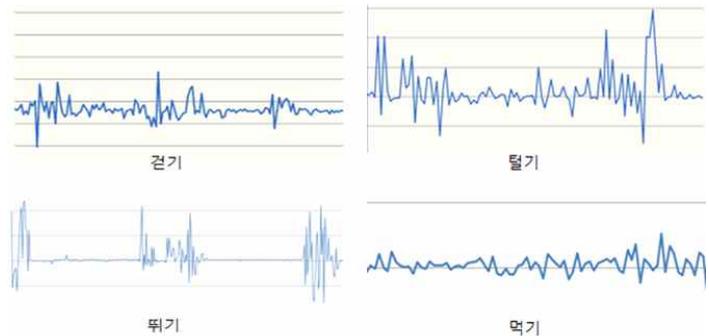
- 상대적으로 상기의 그래프는 발정이 진행되지 않은 암소의 활동량 그래프로 대부분의 시간을 앉아서 쉬거나 천천히 걷는 등의 행동을 하는 일상적인 데이터를 그래프로 확인할 수 있음
- 아래 그림은 실험 농장인 흑성산농장(한우 농장), 청북목장(젖소 목장)에서 발정탐지 센서를 착용하고 실험한 영상 및 사진이다.







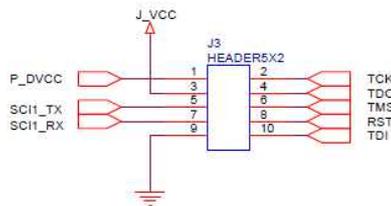
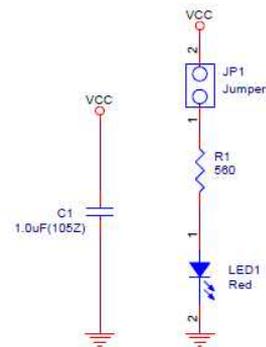
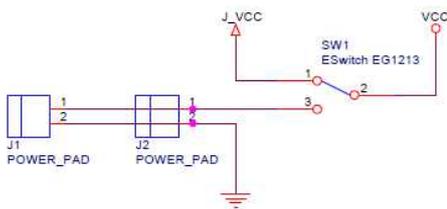
- 추가 착용 시험으로 애완견에 발정탐지 센서를 착용시켜 애완견의 활동량을 측정하는 착용 시험을 하였다. 애완견의 4가지 움직임 패턴을 측정하여 행동별 에너지값 그래프를 그려 발정탐지 센서를 테스트하였음

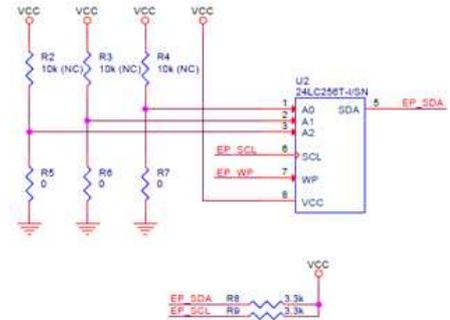
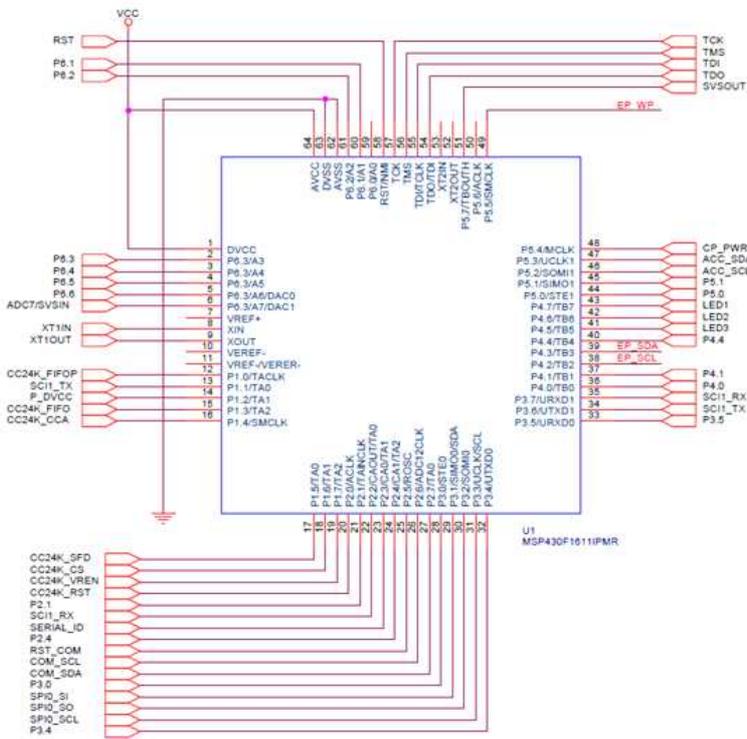


(3) 발정탐지 센서 모듈 개발

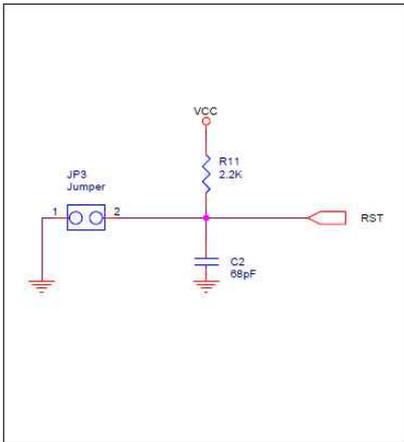
- 2차 발정탐지 센서 모듈의 하드웨어 주요 설계 변경 사항
 - 센서 모듈 프로그램 개발시 필요한 USB 부분을 별도의 보드로 개발하여 센서 모듈의 크기와 소비전력 절감 효과를 얻음
 - LDO Regulator를 삭제하고 3.0V에서 3.6V사이에 동작할 수 있는 보드 설계
 - : USB 모듈을 발정탐지 센서 모듈에서 삭제하여 LDO Regulator를 이용할 필요성이 없어짐.
 - : 그러나 시중에서 쉽게 구할 수 있는 3.6V 배터리를 사용하기 위해서 발정탐지 센서 모듈의 칩셋들이 3.0V에서 3.6V 사이에 동작해야 함
 - 1차 발정탐지 센서 동작 소비전력 38mA에서 28mA로 저전력 설계
 - : 펌웨어 개발시 디버깅을 위해 필요한 LED를 보드에 내장하되 덤스위치를 달아 디버깅시에만 전원이 인가되고 실제 운용될 때에는 전원이 차단되도록 설계

- : 펌웨어 업로드와 베이스스테이션으로 센서 모듈을 사용시 필요한 USB 시리얼 모듈과 전원 부를 별도의 보드로 개발하여 발정탐지 센서 모듈의 소비전력을 절감
- 센서 모듈의 안정성 확보와 소프트웨어 소비전력 절감을 위한 기반 마련
 - : 센서 모듈의 CPU 전원 인가부에 캐패시터를 추가하여 전원 공급 안정성 확보
 - : 센서 모듈에 포함된 칩셋들을 선택할 때 -40도에서 80도까지 범위에서 정상 동작할 수 있는 칩셋을 선택하여 설계(소의 사육 환경을 고려한 설계)
 - : 센서 네트워크(Zigbee) 통신 이상시 데이터 손실을 최소화하고 3차년도에 개발할 소프트웨어 전력소모 절감을 위한 EEPROM 2M 추가
 - : EEPROM에 수집한 데이터를 저장하고 일정시간 동안 모은 데이터를 한꺼번에 필드서버로 송신하는 프로그램을 개발할 예정임(3차년도)
 - : 이것은 Zigbee의 헤더 오버헤드를 줄여 줌과 동시에 하나의 Zigbee 채널에 다수의 노드들이 통신할 수 있는 기반이 됨. 이를 통해 통신모듈의 sleep 시간을 늘림으로써 펌웨어 프로그램으로 소비전력을 줄일 수 있음
- 센서 크기 축소
 - : 1차 발정탐지 센서 모듈 대비 20% 센서 크기 축소 개발
 - : 향후 레이아웃 변경으로 30%까지 축소 예정
- 아래 회로도에는 1차 발정탐지 센서 모듈을 개선한 2차 발정탐지 센서 모듈임

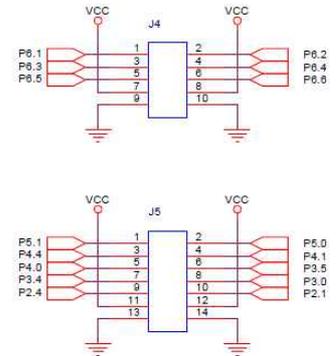
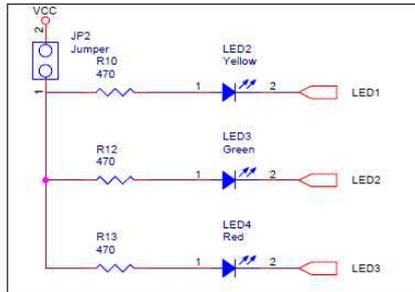




Push Switch



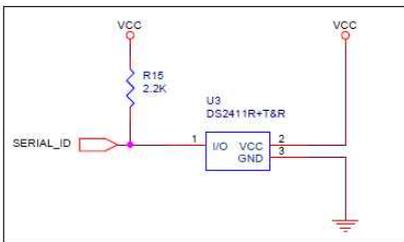
INDICATE LED



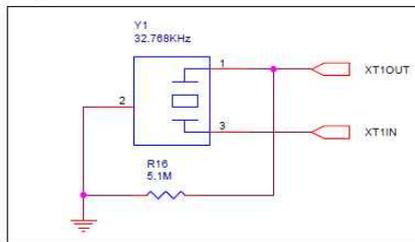
SVS

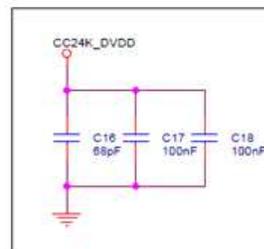
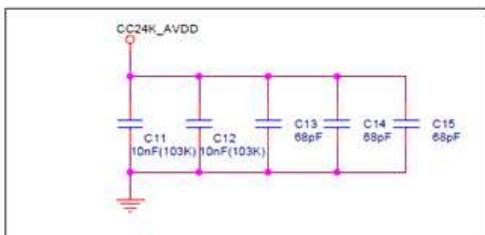
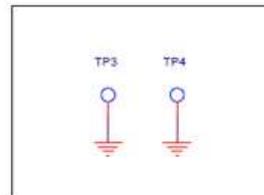
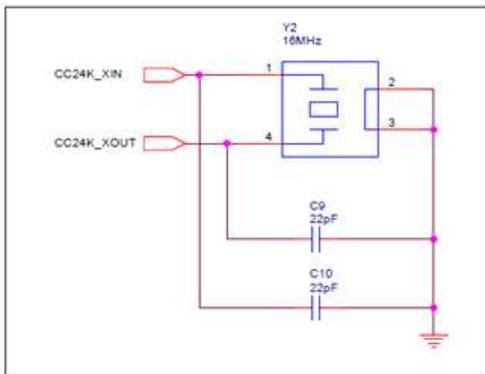
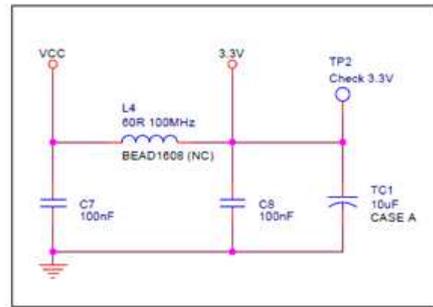
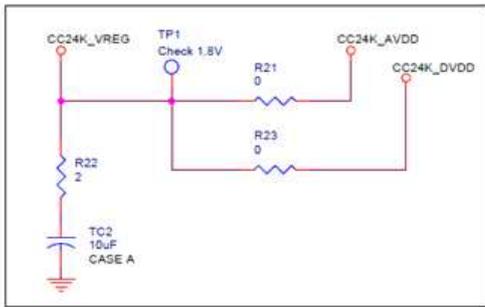
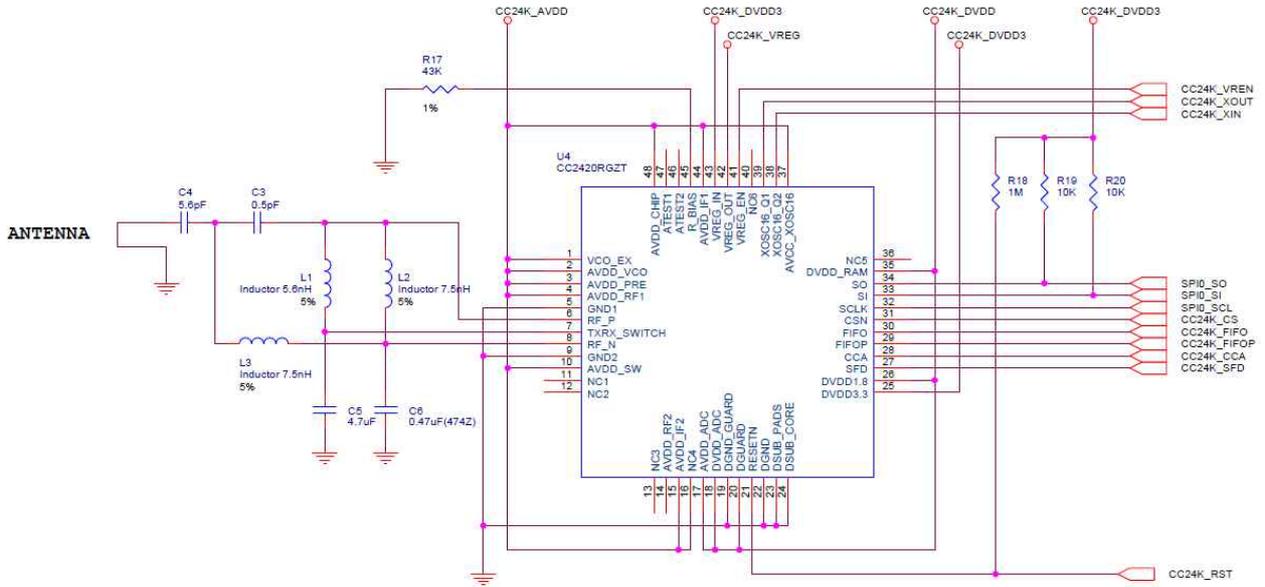


Serial ID

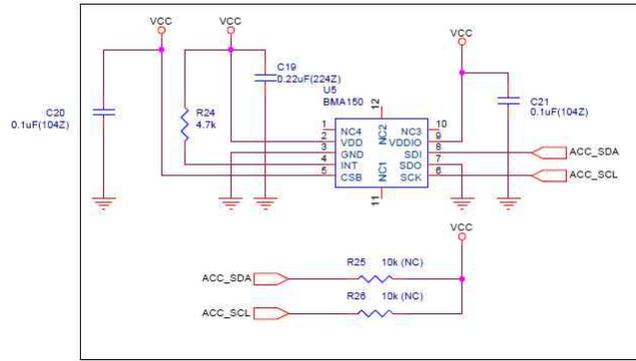


Crystal

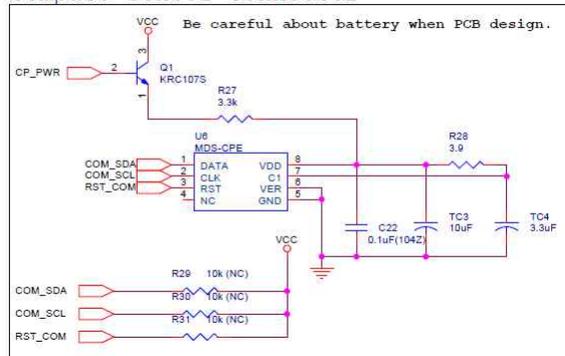




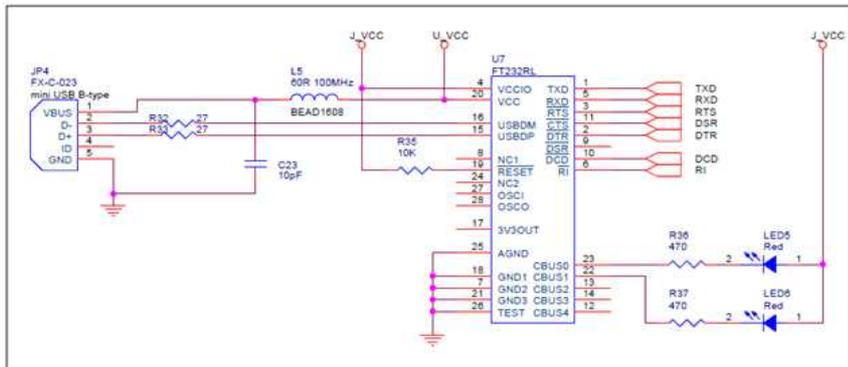
Accelerator



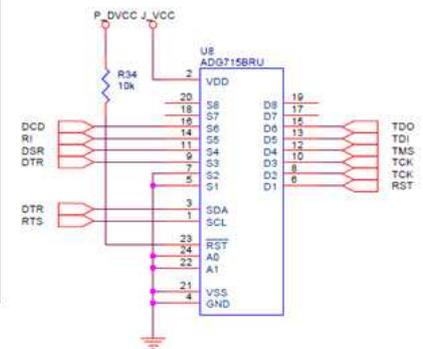
Compass Sensor Connector



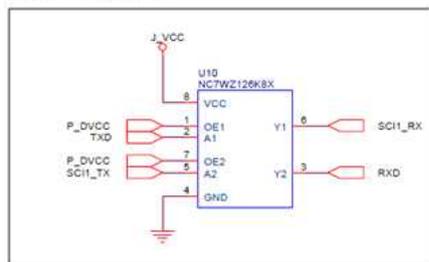
USB Block

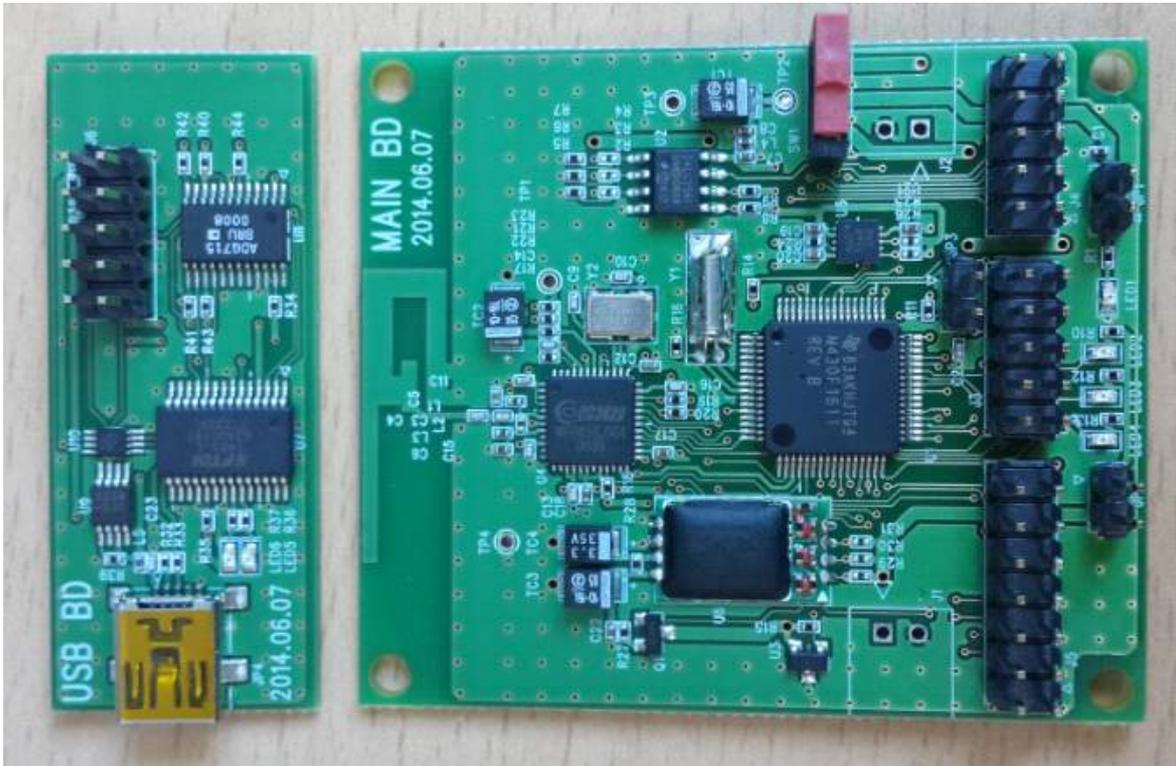


JTAG Emulation



Dual Buffer





(4) 센서의 수집 주기를 줄이기 위하여 센서 데이터 수집 주기 테스트와 이로 인한 문제점 해결

- 승가 패턴을 센서로 추출하기 위해서는 승가 순간의 가속도를 측정할 수 있어야 한다. 암소가 증가하는 순간의 시간은 0.5초에서 1이내이므로 승가 순간을 센서로 검출하기 위해서는 0.3초 이내의 센서 수집 주기를 가져야 가능하다는 판단에서 센서 수집 주기를 얼마나 줄일 수 있는가에 대한 실험을 하게 됨
- DB 서버와 필드서버는 랜선으로 연결하여 Data를 전송할 수 있도록 구성하고, 센서노드와 필드 서버간의 Data 송수신을 위하여 다수의 센서 노드를 PC의 USB 포트 전원을 통하여 최소 일주일이상 정상동작 하는지 관찰하여 검증함
- 테스트 진행은 필드 서버에 1개의 BaseStation 센서를 연결하고, 11개의 센서노드를 USB 전원을 이용하여 동시에 동작 시킨다.
- DB서버에 전송된 결과를 보고 Data에 문제가 없는지를 판단.
- 육안으로 정상동작을 판단 할 수 있도록 LED를 toggle 시켜 관찰
- 실험을 통해 모든 노드들이 1주일 이상 정상 동작해야 함에도 결과는 센서노드들이 시간 간격은 틀리지만 RF Send 동작 부분에서 정지됨을 디버깅을 통해 발견
- 센서노드의 RF Send 동작 정지 현상 해결을 위해 센서 제작업체에 문의 결과 센서 Data read 후 setup time을 위해 적절한 delay가 필요함을 알고 최적의 데이터 수집 주기 테스트를 진행
- 기대하는 테스트 결과 : 업체에서 알려준 delay 값은 1주일 이상 문제없이 정상동작이 되어야 함. 1주일은 최소 테스트를 위한 기간으로 설정

- 테스트 결과 : 이전 테스트와 마찬가지로 각각의 센서 노드의 동작 정지 시간이 차이는 있으나 결론적으로 모든 센서노드 동작이 정지됨

MSPRUT_AS - 주기별 테스트 (delay : ms)							
노드번호	comGet delay	BMA_start delay	BMA_Reset delay	BMA_Set delay	Accel delay	Init delay (RF)	Died
0	100	100	100	500	500	100	4일이상
1	90	90	90	450	450	90	3-4일사이
2	80	80	80	400	400	80	3-4일사이
3	70	70	70	350	350	70	2-3일사이
4	60	60	60	300	300	60	48시간이내
5	50	50	50	250	250	50	48시간이내
6	40	40	40	200	200	40	36시간이내
7	30	30	30	150	150	30	36시간이내
8	20	20	20	100	100	100	24시간이내
9	10	10	10	50	50	10	24시간이내
10	0	0	0	0	0	0	수시간이내

- 센서노드의 소스코드 디버깅
 - 소스코드에서 각 센서의 Data를 read 한 후 ZigBee로 전송하는 과정마다 디버깅 코드를 삽입해서 동작이 정지되는 포인트를 찾아냄
 - 문제가 되는 포인트는 AMSend.Send() 함수가 호출 된 후에 SUCCESS 메시지를 return 해주어야 정상적으로 ZigBee를 통한 Data 전송 후 다음 data를 전송할 수 있는데, 여기서 SUCCESS가 되지 않는 상황이 발생하면서 data를 필드서버로 전송하지 못하고 센서노드 자체가 down 된 것으로 판단
- 이벤트 처리방식으로 Data를 전송하면서 이벤트가 너무 많이 발생해서 생기는 현상일 수도 있을 것으로 판단. Task 처리방식으로 Data 전송을 해서 테스트

```

event void InitTimer.fired() {
    memcpy(call AMSend.getPayload(&sendbuf), &sensordata, sizeof sensordata);
    if (call AMSend.send(AM_BROADCAST_ADDR, &sendbuf, sizeof sensordata) == SUCCESS)
    {
        sendbusy = TRUE;
        call Leds.led2Toggle();
    }
    call ComGetTimer.startOneShot(100);
}

```

[이벤트 처리방식 소스코드]

```

task void RF_send()
{
    memcpy(call AMSend.getPayload(&sendbuf), &sensordata, sizeof sensordata);
    if (call AMSend.send(AM_BROADCAST_ADDR, &sendbuf, sizeof sensordata) == SUCCESS)
    {
        sendbusy = TRUE;
        call Leds.led2Toggle();
    }
}

event void InitTimer.fired() {
    /*
    memcpy(call AMSend.getPayload(&sendbuf), &sensordata, sizeof sensordata);
    if (call AMSend.send(AM_BROADCAST_ADDR, &sendbuf, sizeof sensordata) == SUCCESS)
    {
        sendbusy = TRUE;
        call Leds.led2Toggle();
    }
    */
    post RF_send();
    call ComGetTimer.startOneShot(100);
}

```

[Task 처리방식 소스코드]

- 테스트 결과 : 이벤트 처리 결과보다는 시간적으로 보았을 때 몇일 더 오래 동작을 하지만, 결과적으로 센서노드의 통신 기능이 정지됨

MSPRUT_AS - 주기별 테스트 (delay : ms)							
노드번호	comGet delay	BMA_star t delay	BMA_Rese t delay	BMA_Set delay	Accel delay	Init delay (RF)	Died
0	100	100	100	500	500	100	1주이상
1	90	90	90	450	450	90	1주이상
2	80	80	80	400	400	80	5일이내
3	70	70	70	350	350	70	5일이내
4	60	60	60	300	300	60	4일이내
5	50	50	50	250	250	50	4일이내
6	40	40	40	200	200	40	3일이내
7	30	30	30	150	150	30	3일이내
8	20	20	20	100	100	100	1-2일사이
9	10	10	10	50	50	10	1-2일사이
10	0	0	0	0	0	0	1일이내

- 테스트 결과를 종합해 보면, 이벤트 발생시 바로 처리하는 것보다 Task에 처리를 넘기고 이벤트는 다음 이벤트 발생시까지 Sleep 되는 방식이 처리 효율면에서 유리하다는 결론을 얻음
- 통신 기능 정지되는 상황이 AMSend.send()의 처리 결과가 SUCCESS가 아닌 경우가 발생하면서 문제가 되는 것을 파악. 이때 SUCCESS가 아닌 모든 상황에 대해서 센서 노드를 Reset 시키는 방법으로 소스코드 수정 테스트 진행

```

task void RF_send()
{
    sensordata.count = csCounter++;
    memcpy(call AMSend.getPayload(&sendbuf), &sensordata, sizeof sensordata);
    if (call AMSend.send(AM_BROADCAST_ADDR, &sendbuf, sizeof sensordata) == SUCCESS)
    {
        call Leds.led2Toggle();
    }
    else
    {
        //Reset
        WDTCTL = WDT_ARST_1_9;
        while(1);
    }
}
}

```

[Reset 코드 삽입]

■ 테스트 결과

- 아래 표와 같이 실험실에서 1주이상 이상없이 정상작동하였으며, 현재 실험농장에서도 밧데리가 모두 소진될 때(3개월 이상)까지 이상없이 정상작동
- 발정탐지 센서 모듈이 정지되었던 치명적 문제를 해결함
- 소프트웨어 리셋으로 소실되는 데이터는 한번 리셋될 때 2개의 데이터가 소실되며(약 0.4초 데이터) 무시할 정도의 데이터 손실임
- 손실된 데이터의 보정 알고리즘도 개발하여 보정함
- 수집 주기 실험을 통해 센서의 문제점을 발견하고 이를 해결하여 현재 운영중인 센서는 0.2초의 수집 주기를 가짐

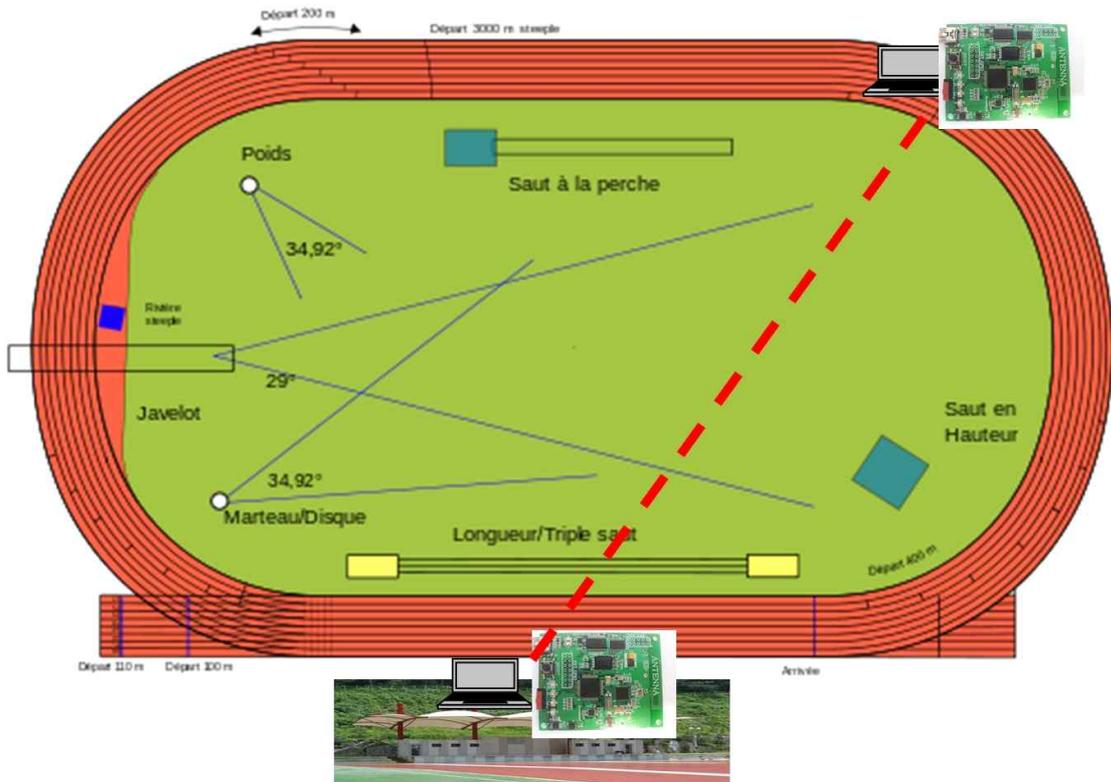
MSPRUT_AS - 주기별 테스트 (delay : ms)							
노드번호	comGet delay	BMA_start delay	BMA_Reset delay	BMA_Set delay	Accel delay	Init delay (RF)	Died
0	100	100	100	500	500	100	1주이상 정상
1	90	90	90	450	450	90	1주이상 정상
2	80	80	80	400	400	80	1주이상 정상
3	70	70	70	350	350	70	1주이상 정상
4	60	60	60	300	300	60	1주이상 정상
5	50	50	50	250	250	50	1주이상 정상
6	40	40	40	200	200	40	1주이상 정상
7	30	30	30	150	150	30	1주이상 정상
8	20	20	20	100	100	100	1주이상 정상
9	10	10	10	50	50	10	1주이상 정상

10	0	0	0	0	0	0	1주이상 정상
----	---	---	---	---	---	---	---------

(5) 센서의 데이터 송수신 통달 거리 테스트

- 시험 방법

- 협동기관 대학교 대운동장 사열대 중앙에서 노트북에 BaseStation을 연결하고, 센서는 3.6V 밧테리(필드 조건과 동일하게)로 동작시켜 운동장 대각선 끝까지 이동하여 센서로부터 운동장 사열대 앞의 BaseStation까지 데이터가 정상 수신되는지를 테스트 함

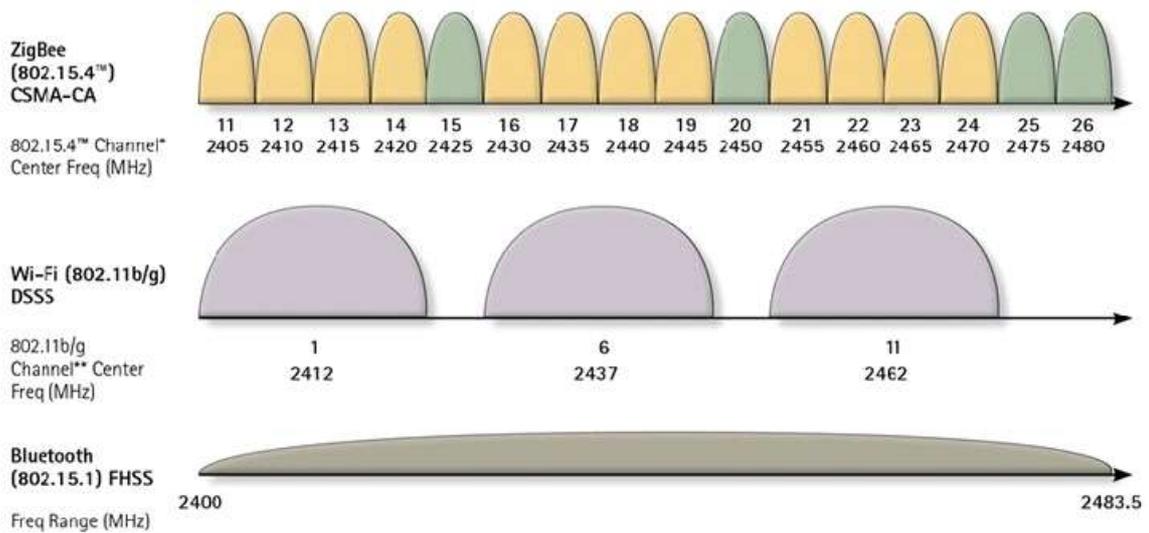


- 테스트 결과

- 통신이 정상적으로 되는 거리까지 이동 후에 줄자를 이용하여 거리를 측정한 결과 평균 75m 에서의 거리에서도 정상적으로 수신이 되는 것을 확인함
- 실제 농장에서 반경 75m 센서 네트워크 통신이 가능하므로 150m 영역 안의 발정탐지 센서의 데이터를 수집 가능하므로 설계 사양에 부합하는 것임

(6) 다중 노드 환경에서의 필드서버 안정성을 위한 채널 분리 및 테스트

- 다중 노드 환경에서 센서 네트워크의 안정적인 데이터 송수신을 위한 방법으로 ZigBee의 통신 채널을 16개의 채널로 분리한 후 각각의 채널을 통한 데이터 송수신 결과가 문제가 없는지를 테스트 함



[Zigbee 16개 채널분리 범위]

- 위 그림처럼 ZigBee 주파수 내에서 각 채널로 센서를 분리하면 센서들 간에 서로의 간섭없이 사용할 수 있는 방법임
 - 16개의 채널을 분리하여 각각의 채널을 동시에 따로따로 송수신을 할 수 있음
- 발정탐지 센서를 16개의 채널 분리하기 위하여 아래와 같은 코드 부분을 추가하여 센서를 개발

```

event void CC2420Config.syncDone(error_t error){
  if(error==SUCCESS){
    //call Leds.led00n();
    call RadioSend.send[1](AM_BROADCAST_ADDR, &sendbuf, sizeof sendbuf);
  }
  else{
    post RF_Ch_Setting();
    //call Leds.led10n();
  }
}

```

[채널분리 소스코드 (BaseStation)]

```

event void CC2420Config.syncDone(error_t error){
    if(error==SUCCESS){
        call ComGetTimer.startOneShot(100);
    }
    else{
        post RF_Ch_Setting();
    }
}

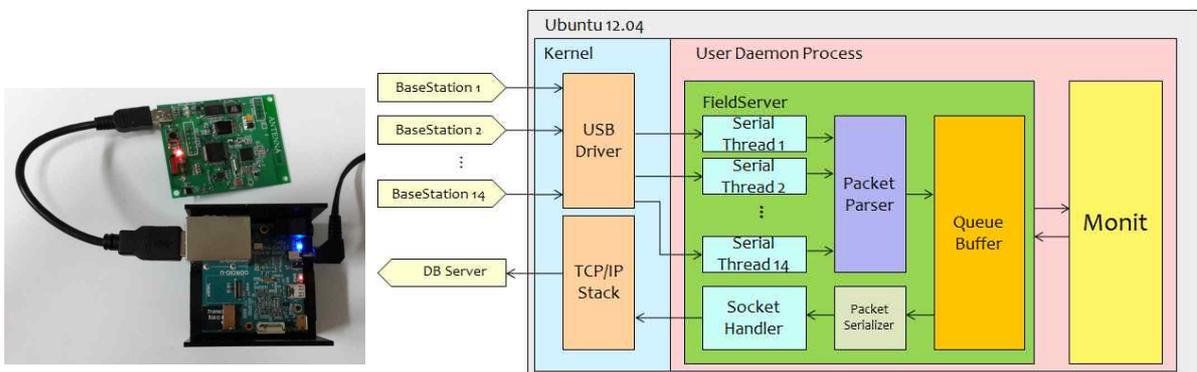
```

[채널분리 소스코드 (발정탐지 센서)]

- 채널분리 코드를 이용하여 테스트 한 결과 : 14개 센서들로부터 각 채널별로 데이터를 송수신 하여 DB에 저장된 데이터를 분석한 결과 모든 채널에서 각각 서로 다른 채널에 영향을 주지 않고 정상적으로 데이터가 수신되는 것을 확인

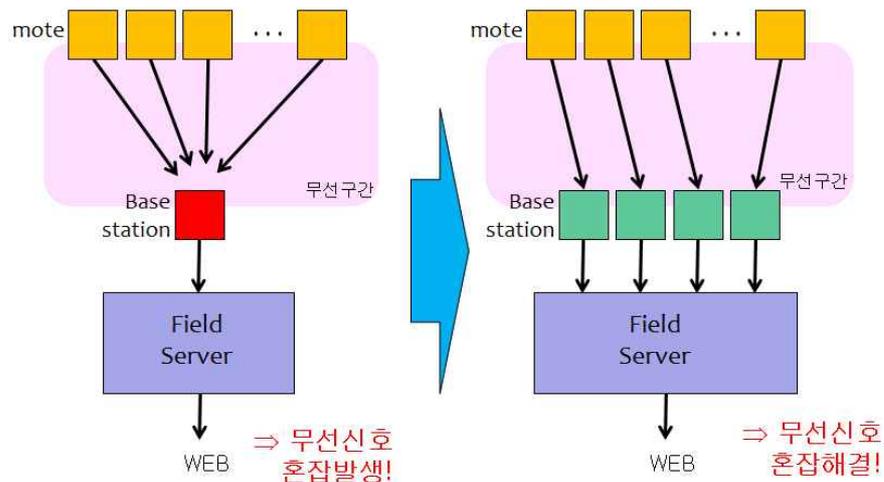
#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
4	1	3748270	2	3727244	3	3749688	4	3752096	5	3755216	6	3759306	7	3761268	8	3759401	9	3758668	10	3758025	11	3757794	12	3755402	13	3755365	14	301209
5	1	3748271	2	3727245	3	3749689	4	3752097	5	3755217	6	3759307	7	3761269	8	3759402	9	3758669	10	3758026	11	3757795	12	3755403	13	3755366	14	301210
6	1	3748272	2	3727246	3	3749690	4	3752098	5	3755218	6	3759308	7	3761270	8	3759403	9	3758670	10	3758027	11	3757796	12	3755404	13	3755367	14	301211
7	1	3748273	2	3727247	3	3749691	4	3752099	5	3755219	6	3759309	7	3761271	8	3759404	9	3758671	10	3758028	11	3757797	12	3755405	13	3755368	14	301212
8	1	3748274	2	3727248	3	3749692	4	3752100	5	3755220	6	3759310	7	3761272	8	3759405	9	3758672	10	3758029	11	3757798	12	3755406	13	3755369	14	301213
9	1	3748275	2	3727249	3	3749693	4	3752101	5	3755221	6	3759311	7	3761273	8	3759406	9	3758673	10	3758030	11	3757799	12	3755407	13	3755370	14	301214
10	1	3748276	2	3727250	3	3749694	4	3752102	5	3755222	6	3759312	7	3761274	8	3759407	9	3758674	10	3758031	11	3757800	12	3755408	13	3755371	14	301215
11	1	3748277	2	3727251	3	3749695	4	3752103	5	3755223	6	3759313	7	3761275	8	3759408	9	3758675	10	3758032	11	3757801	12	3755409	13	3755372	14	301216
12	1	3748278	2	3727252	3	3749696	4	3752104	5	3755224	6	3759314	7	3761276	8	3759409	9	3758676	10	3758033	11	3757802	12	3755410	13	3755373	14	301217
13	1	3748279	2	3727253	3	3749697	4	3752105	5	3755225	6	3759315	7	3761277	8	3759410	9	3758677	10	3758034	11	3757803	12	3755411	13	3755374	14	301218
14	1	3748280	2	3727254	3	3749698	4	3752106	5	3755226	6	3759316	7	3761278	8	3759411	9	3758678	10	3758035	11	3757804	12	3755412	13	3755375	14	301219
15	1	3748281	2	3727255	3	3749699	4	3752107	5	3755227	6	3759317	7	3761279	8	3759412	9	3758679	10	3758036	11	3757805	12	3755413	13	3755376	14	301220
16	1	3748282	2	3727256	3	3749700	4	3752108	5	3755228	6	3759318	7	3761280	8	3759413	9	3758680	10	3758037	11	3757806	12	3755414	13	3755377	14	301221
17	1	3748283	2	3727257	3	3749701	4	3752109	5	3755229	6	3759319	7	3761281	8	3759414	9	3758681	10	3758038	11	3757807	12	3755415	13	3755378	14	301222
18	1	3748284	2	3727258	3	3749702	4	3752110	5	3755230	6	3759320	7	3761282	8	3759415	9	3758682	10	3758039	11	3757808	12	3755416	13	3755379	14	301223
19	1	3748285	2	3727259	3	3749703	4	3752111	5	3755231	6	3759321	7	3761283	8	3759416	9	3758683	10	3758040	11	3757809	12	3755417	13	3755380	14	301224
20	1	3748286	2	3727260	3	3749704	4	3752112	5	3755232	6	3759322	7	3761284	8	3759417	9	3758684	10	3758041	11	3757810	12	3755418	13	3755381	14	301225
21	1	3748287	2	3727261	3	3749705	4	3752113	5	3755233	6	3759323	7	3761285	8	3759418	9	3758685	10	3758042	11	3757811	12	3755419	13	3755382	14	301226
22	1	3748288	2	3727262	3	3749706	4	3752114	5	3755234	6	3759324	7	3761286	8	3759419	9	3758686	10	3758043	11	3757812	12	3755420	13	3755383	14	301227
23	1	3748289	2	3727263	3	3749707	4	3752115	5	3755235	6	3759325	7	3761287	8	3759420	9	3758687	10	3758044	11	3757813	12	3755421	13	3755384	14	301228
24	1	3748290	2	3727264	3	3749708	4	3752116	5	3755236	6	3759326	7	3761288	8	3759421	9	3758688	10	3758045	11	3757814	12	3755422	13	3755385	14	301229
25	1	3748291	2	3727265	3	3749709	4	3752117	5	3755237	6	3759327	7	3761289	8	3759422	9	3758689	10	3758046	11	3757815	12	3755423	13	3755386	14	301230
26	1	3748292	2	3727266	3	3749710	4	3752118	5	3755238	6	3759328	7	3761290	8	3759423	9	3758690	10	3758047	11	3757816	12	3755424	13	3755387	14	301231
27	1	3748293	2	3727267	3	3749711	4	3752119	5	3755239	6	3759329	7	3761291	8	3759424	9	3758691	10	3758048	11	3757817	12	3755425	13	3755388	14	301232
28	1	3748294	2	3727268	3	3749712	4	3752120	5	3755240	6	3759330	7	3761292	8	3759425	9	3758692	10	3758049	11	3757818	12	3755426	13	3755389	14	301233
29	1	3748295	2	3727269	3	3749713	4	3752121	5	3755241	6	3759331	7	3761293	8	3759426	9	3758693	10	3758050	11	3757819	12	3755427	13	3755390	14	301234
30	1	3748296	2	3727270	3	3749714	4	3752122	5	3755242	6	3759332	7	3761294	8	3759427	9	3758694	10	3758051	11	3757820	12	3755428	13	3755391	14	301235
31	1	3748297	2	3727271	3	3749715	4	3752123	5	3755243	6	3759333	7	3761295	8	3759428	9	3758695	10	3758052	11	3757821	12	3755429	13	3755392	14	301236
32	1	3748298	2	3727272	3	3749716	4	3752124	5	3755244	6	3759334	7	3761296	8	3759429	9	3758696	10	3758053	11	3757822	12	3755430	13	3755393	14	301237
33	1	3748299	2	3727273	3	3749717	4	3752125	5	3755245	6	3759335	7	3761297	8	3759430	9	3758697	10	3758054	11	3757823	12	3755431	13	3755394	14	301238
34	1	3748300	2	3727274	3	3749718	4	3752126	5	3755246	6	3759336	7	3761298	8	3759431	9	3758698	10	3758055	11	3757824	12	3755432	13	3755395	14	301239
35	1	3748301	2	3727275	3	3749719	4	3752127	5	3755247	6	3759337	7	3761299	8	3759432	9	3758699	10	3758056	11	3757825	12	3755433	13	3755396	14	301240
36	1	3748302	2	3727276	3	3749720	4	3752128	5	3755248	6	3759338	7	3761300	8	3759433	9	3758700	10	3758057	11	3757826	12	3755434	13	3755397	14	301241
37	1	3748303	2	3727277	3	3749721	4	3752129	5	3755249	6	3759339	7	3761301	8	3759434	9	3758701	10	3758058	11	3757827	12	3755435	13	3755398	14	301242

(7) 필드서버(발정탐지 센서 데이터 수집 서버) 개선



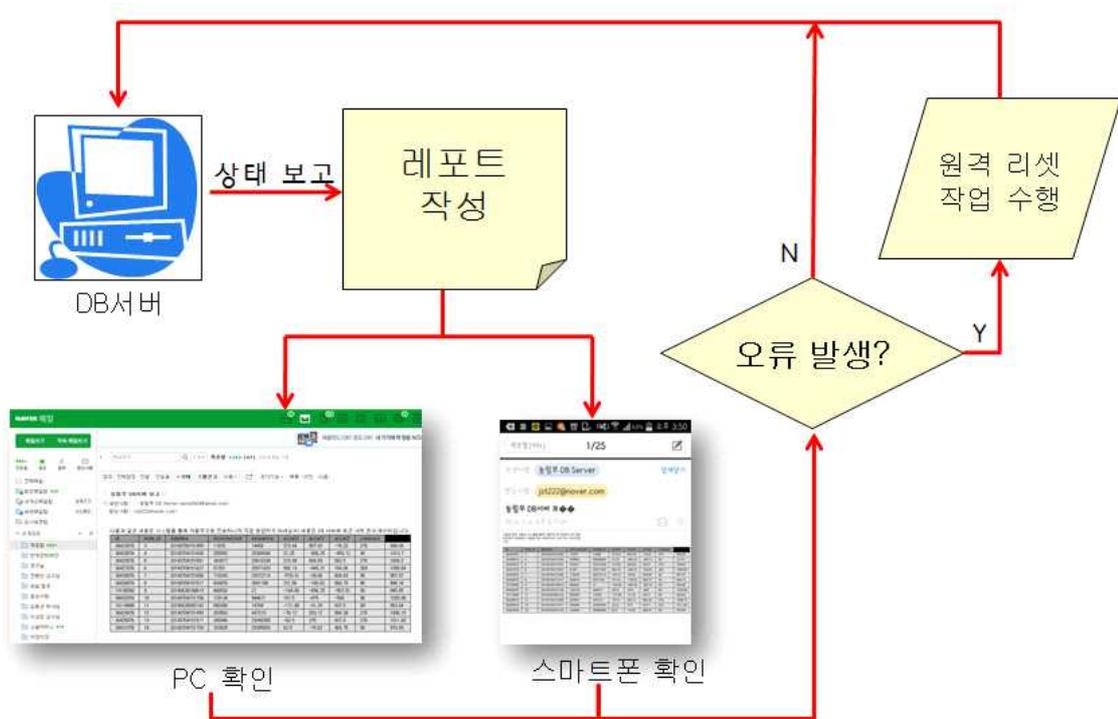
[필드서버 소프트웨어 구성도]

- Input / Output
 - BaseStation을 14개의 채널로 설정하고 발정탐지 센서의 데이터를 채널별로 데이터를 수신
- DB Server
 - 발정탐지 센서로부터 필드서버에 수신된 데이터를 인터넷을 통해 원격지에 있는 DB Server의 데이터베이스에 저장
- Monit
 - 프로세스의 상태를 감시하는 데몬 프로세스로 예기치 못한 프로세스의 다운이 발생할 경우 이를 재시작 시켜주는 역할을 함
- FieldServer
 - Serial Thread 1-14 : BaseStation과 1:1 대응, 시리얼 통신을 통해 데이터를 수신, 하나의 패킷을 수신완료 후 Packet Parser를 호출
 - Packet Parser : 시리얼 패킷을 파싱, DB서버에 전송하기 위한 변환작업을 수행, 변환된 패킷을 큐에 저장
 - Queue Buffer : DB서버로의 데이터 전송은 1000개 단위로 동작, 이를 위해 패킷을 저장할 공간으로 큐 버퍼를 사용
 - Packet Serializer : 다수의 데이터를 보낼 때에는 최소의 전송 호출을 하는 것이 효율적이므로 큐에서 1000개의 데이터를 가져와 직렬화 시켜주는 작업 수행
 - Socket Handler : 직렬화된 1000개의 패킷을 DB서버로 전송, TCP를 이용하여 DB서버에 데이터를 전송



[채널 분리를 통해 센서 네트워크 무선신호 혼잡을 해결]

- 1차년도 필드서버에서 발견된 채널 혼잡으로 인한 데이터 소실 문제를 각 모트의 데이터 통신 주파수를 다르게 해 주는 채널분리를 통해 해결하여 전체 대역폭이 증가한 효과를 가지게 됨
 - 혼잡이 해결되었으며 결과적으로 손실되는 데이터없이 모든 패킷을 수신할 수 있었음



- 데이터 전송 문제 발생시 스마트폰에 레포팅을 통한 원격 리셋 시스템 구축
 - 센서 실험 환경 구축에 있어서 가장 중요한 부분은 데이터의 수집이다. 안정적인 데이터 수집을 위해서는 필드서버와 DB서버의 안정적인 작동이 가장 중요하다. 하지만 네트워크 오류, 센서 기기 고장, 운영체제 다운, 프로세스 에러 등 여러 가지 요인에 의해 중지될 수 있는 것이 바로 데이터 수집이다. 우리가 구축한 환경은 실제 데이터를 얻기 위하여 실험실이 아닌 농장에 설치되어 있다. 데이터를 수신하지 못하는 등의 예상치 못한 상황은 언제든 발생할 수 있기 때문에, 신속한 대처를 위해서 원격 감시 및 대처 방안의 수립이 필요하다.
 - DB서버에서는 오류상황 감시의 주체 역할을 한다. DB서버는 필드서버에 비하여 상대적으로 안정적인 환경에 설치되어 있으며 센서 데이터의 최종 목적지이기 때문에 감시의 주체로 적절하다. DB서버는 지속적으로 메일 레포팅을 통해 시스템의 관리자들에게 데이터 누적 상태를 전송한다. 이러한 메일 레포팅은 PC 메일함과 스마트폰 메일 앱에서 확인할 수 있다. 만약 예기치 않은 오류가 레포팅 될 경우 시스템 관리자가 발견할 경우 오류 상황을 분석함과 동시에 적절한 조치를 취하여 데이터의 손실로 인한 피해를 최소한으로 감소시킨다.
 - DB서버의 레포팅 과정에서 오류가 발생하여 메일 발송에 문제가 생겼을 경우 이에 대처하기 위해서는, 시스템 관리자가 지속적으로 오던 메일이 오지 않을 시 DB서버에 원격 접속하여 점검함으로써 해결할 수 있다.

```

root@linaro-ubuntu-desktop: ~
login as: root
root@222.114.73.24's password:
Welcome to Linaro 12.11 (GNU/Linux 3.0.51 armv7l)

* Documentation: https://wiki.linaro.org/

Last login: Fri Jul 4 06:44:04 2014 from 27.117.194.51
root@linaro-ubuntu-desktop:~# restart FieldServ
FieldServ start/running, process 8352
root@linaro-ubuntu-desktop:~# tail FieldServ.log
1404457940 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457941 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457942 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457943 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457944 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457945 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457946 @ 424[ 3]: 5 [ 4]: 7
1404457947 @ 424[ 3]: 3 [ 4]: 7
1404457948 @ 424[ 3]: 5 [ 4]: 7
1404457949 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
root@linaro-ubuntu-desktop:~#

```

PC 화면

```

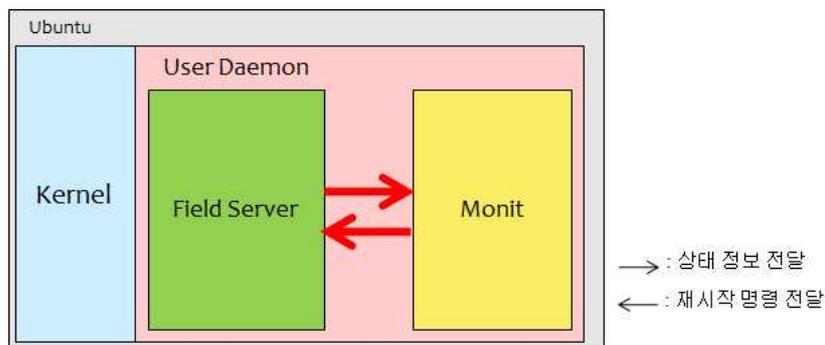
Welcome to Linaro 12.11 (GNU/Linux 3.0.51 armv7l)
* Documentation: https://wiki.linaro.org/

Last login: Fri Jul 4 07:11:13 2014 from 27.117.194.51
root@linaro-ubuntu-desktop:~# restart FieldServ
FieldServ start/running, process 8440
root@linaro-ubuntu-desktop:~# tail FieldServ.log
1404457919 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457920 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457921 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 6
1404457922 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 6
1404457923 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 6
1404457924 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457925 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 7
1404457926 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 6
1404457927 @ 424[ 3]: 7 [ 4]: 6
1404457928 @ 424[ 3]: 6 [ 4]: 7
root@linaro-ubuntu-desktop:~#

```

스마트폰 화면

- SSH의 접속후 리셋작업은 최대한 단순하게 수행되도록 하였다. 필드서버 프로그램은 코드 작성 이후 데몬 프로세스로 등록하였기 때문에 데몬 프로세스 재시작 명령을 사용할 수 있다. 어떤 경로에서든 간단히 '\$ restart FieldServ'를 타이핑 하여 필드서버를 재시작 시킬 수 있다. 이 명령을 치게 되면 미리 등록된 스크립트 명령들이 실행되며, 이 과정에서 프로세스의 종료, 재시작 및 로그기록 시작을 하게 된다.
- 로그기록은 오류상황 발생 시 원인 분석을 위해 필수적인 수단이다. 로그파일은 프로그램 시작 시 기록이 시작되며 프로그램이 살아있는 한 계속적으로 업데이트되어 기록된다. 로그파일 분석을 통해 문제 원인을 추적하여 점차적으로 수정함으로써 프로그램의 안전성을 증가시킬 수 있다. 로그파일의 조회는 '\$ tail FieldServ.log' 명령을 통해 조회할 수 있다. tail 명령은 파일의 맨 마지막 10줄을 조회하는 명령인데 최신의 기록들을 확인함으로써 현재 상태를 알 수 있기 때문에 평상시에는 tail 명령을 사용한다.



Monit 데몬의 Field Server 감시

- DB서버에서는 오류상황 감시의 주체 역할을 하여 시스템 관리자에게 메일로 레포팅을 해주지만 이는 인력을 이용한 수동적인 과정으로써 번거로울 뿐만 아니라 사람이 하는 일이기 때문에 실수가 있을 수 있다. 때문에 오류 발생 확률이 가장 높은 필드서버에 오류 발생 시 자동 리셋 기능을 추가하여 더욱 효율적이고 안정적인 데이터 수집이 가능하게 하였다.
- 필드서버에서 사용되고 있는 리눅스 운영체제에서 지원하는 패키지 중에는 다른 프로세스의 상

태를 감시하는 'monit'이란 프로그램이 있다. 이 프로그램을 설치하여 필드서버 프로그램을 감시하도록 설정하였다.

- monit은 시스템의 부팅과 동시에 실행되며 필드서버의 pid를 가져온 후 해당 프로세스의 상태 감시를 시작한다. 만약 필드서버 프로그램이 다양한 원인에 의해 종료 또는 정상적으로 실행될 수 없는 상태가 되었을 경우, monit에서 이를 감지하여 필드서버 프로그램을 다시 실행시킨다. 이로써 필드서버에 대하여 오류상황으로 인한 비정상적 종료 시 인력의 개입 없이 자동적인 대처가 가능해진다.



농장 공유기의 포트포워딩 설정



PC 및 스마트폰에서 접속 설정

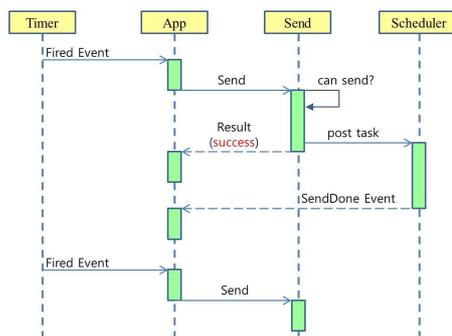
- 실험을 위해 농장에 할당된 IP주소는 하나이다. 여러 시스템들(윈도우 PC, 안드로이드 보드, ...)은 이 IP를 토대로 내부 네트워크를 구성하여 동시에 네트워크에 접속한다.
- 일반적으로 네트워크를 통한 프로세스간 통신은 IP주소와 포트번호에 대한 정보를 알고 있어야 가능하다. 농장의 각 시스템들은 내부 네트워크로 묶여있기 때문에 외부로부터 각각의 필드서버로 접속하기 위해서는 NAT(Network Address Translation)라고 불리는 변환과정이 필요하다. 이는 적절한 포트포워딩(외부에서 들어온 요청을 알맞은 곳으로 보내준다.) 설정을 해줌으로써 수행될 수 있다.
- 본 시스템에서는 필드서버의 운영체제가 우분투 리눅스라는 점을 활용하여 SSH를 원격접속에 사용한다. SSH는 기본적으로 22번 포트를 사용한다. 때문에 포트포워딩 설정에서 내부 포트를 모두 22번으로 지정한다면 내부 포트 설정을 변경할 필요가 없는 이점이 있다. 외부 포트는 well known port범위인 1000번대 이상의 포트 중 3개의 포트를 사용하였다.
- 위에서 설정한 정보를 토대로 SSH 접속을 통해 각각의 필드서버를 제어한다. 이 또한 PC 및 스마트폰에서 모두 사용 가능하기 때문에 시간과 장소에 구애받지 않고 장애상황에 대처할 수 있다. SSH에 사용되는 프로그램은 PC와 스마트폰 각각 putty와 Juice SSH이다.

(8) 발정탐지를 위한 센서 네트워크에서 저속의 Zigbee를 이용한 고속 데이터 수집방법

- 실제 축산 농가에서 소의 발정 행동패턴을 분석하기 위해서는 양질의 많은 양의 데이터를 필요

로 한다.

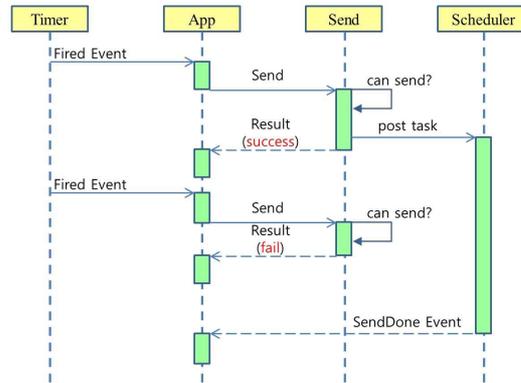
- 스마트센서를 이용하면, 소의 행동패턴을 분석하여 어떤 소가 발정의 행동을 보이고 있다는 것을 관리자에게 통보하여 줌으로써 저비용으로 효율적인 축사관리를 할 수 있도록 하는 시스템을 구축 할 수 있다.
- 소의 행동패턴을 분석하기 위해서는 여러 종류의 데이터가 필요할 것이다. 그 중에서 소의 움직임에 대한 정보가 가장 중요하다.
- 3축 가속도 센서와 지자기 센서를 탑재한 센서 노드를 소에 부착하여 1년, 하루 24시간의 모든 데이터를 수집하여야 한다.
- 소는 항상 움직이는 동물이기 때문에 데이터 수집을 위해서는 1차적으로 무선 센서 네트워크를 구축하여 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 2차적으로 유선 인터넷망을 이용하여 원격지의 데이터베이스 서버에 전송해야 한다.
- 유선 인터넷망은 이미 국내에서는 방대한양의 데이터를 고속으로 전송하는 방법이 대중화 되어 있다. 하지만 무선 센서 네트워크의 경우는 사정이 조금 다르다.
- 고속이면서 가장 많이 사용하는 Wi-Fi의 경우 전력소비가 많고, 많은 수의 노드를 동시 접속하기 위해서는 access point가 추가로 필요하기 때문에 센서 네트워크를 구성하기에는 부적합하다. 블루투스의 경우는 전송거리가 10미터라는 한계와 동시접속 노드의 수가 제한적이라 이 또한 부적합하다.
- 축산 농가에 구축되어야 하는 무선 센서 네트워크는 동시에 데이터를 전송하는 많은 수의 센서 노드가 산재해 있고, 거리도 짧게는 30미터에서 길게는 100미터 정도까지 개방된 영역이다.
- 축산 농가의 무선 센서 네트워크를 구축하기 위해서 네트워크 구성방법, 최대 전송거리, 전력소모량, 동시접속 노드 개수 등의 특징을 모두 만족하는 ZigBee를 사용한다.
- 축산농가에서의 무선 센서 네트워크에서는 ZigBee의 250Kbits/s 속도가 문제가 된다.
- 1개의 노드에 대해서는 250Kbits/s 의 전송속도로도 크게 문제가 되지 않는지만, 전체 센서 네트워크 측면에서는 아무래도 전송 속도의 한계에 부딪힐 수밖에 없다.



[기본적인 전송 flow]

- 1개의 센서 노드에서는 상기 그림과 같이 데이터를 전송하게 된다. 하지만, 문제는 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드는 하나로 구성하지 않는다는데 있다. 여러 개의 센서 노드들이 수집된 정보를 동시다발적으로 전송을 하게 되는데, 아래 그림과 같이 각각의 노드들은 타이머

에 의한 Fired 이벤트에 의해 전송을 시도하게 된다. 하지만 다른 노드에서 수행중인 Send 동작이 완료되기 전에는 전송을 할 수 없는 상황이 발생하게 되어 전송 지연이 발생된다.



[전송 지연 flow]

- 데이터를 수신하는 1개의 베이스노드와 N개의 센서 노드간의 통신을 할 경우 전송 지연의 상황이 많이 발생하게 된다.
- 따라서 ZigBee의 전체 통신대역을 여러 개의 채널로 분리하여 N개의 베이스노드와 N개의 센서 노드의 개수를 동일하게 설정하면 1대1 통신이 가능하게 되므로 1개 채널에 여러 개의 노드들이 통신을 할 때 보다 효율적으로 데이터를 전송할 수 있다.
- 250Kbits/s의 저속인 ZigBee를 이용하여 많은 양의 센서 데이터를 실시간으로 전송하는 방법으로 채널 분리를 통해 ZigBee의 전체 주파수 대역을 모두 사용하여 전송효율이 향상됨을 실험을 통해 검증한다.
- 먼저 1개의 베이스노드와 여러 개의 센서 노드사이에 통신지연이 얼마나 발생할 하는지 알아보기 위한 테스트를 진행했다. 10개의 센서 노드에서 140ms에 한 번씩 데이터를 전송하도록 테스트 한다.
- 데이터 전송 시 Race Condition이 지속적으로 발생을 하면서 ZigBee 통신 모듈에서 더 이상 데이터를 전송할 수 없는 상태에 빠지면서 동작이 되지 않았다.
- 가장 시급한 문제는 센서 노드의 동작이 멈추는 현상을 해결하는 것이었다. 여러 가지 방안을 모색해 보았으나 동작이 멈추는 현상을 해결하지는 못하였다.
- 마지막 방법으로 RF Send 동작이 정상적으로 완료가 되면 SUCCESS 값을 리턴하게 되는데, SUCCESS 가 아닌 값이 리턴이 되면 센서 노드를 리셋하는 방법으로 해결을 하였다.
- 실험은 두 가지 방식으로 진행하였다. 우선 1개의 베이스노드에서 5개의 센서 노드로부터 데이터를 전달받아 원격지의 데이터베이스 서버로 전송한다. 각각의 센서 노드에서는 수집된 센서 정보와 시퀀스번호를 함께 전송한다. 이번 실험에서는 초당 6번의 정보를 전송한다.
- 두 번째는 14개의 베이스노드와 14개의 센서 노드를 1대1 통신하도록 분리를 해서 원격지의 데이터베이스 서버로 전송한다. 위의 실험과 달리 초당 7번의 정보를 전송한다.
- 아래 표는 1개의 베이스노드에서 5개의 센서 노드로부터 수집된 데이터를 데이터베이스 서버에

전송한 결과이다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
37	1	5339	2	1614	3	4851	4	12259	5	5045
38	1	5340	2	1615	3	4852	4	12261	5	5046
39	1	5341	2	1616	3	4853	4	12262	5	5047
40	1	5342	2	1617	3	4854	4	12263	5	5049
41	1	5344	2	1618	3	4855	4	12264	5	5050
42	1	5345	2	1619	3	4856	4	12265	5	5052
43	1	5346	2	1620	3	4857	4	12266	5	5053
44	1	5348	2	1621	3	4858	4	12267	5	5054
45	1	5349	2	1622	3	4859	4	12268	5	5055
46	1	5350	2	1623	3	4860	4	12269	5	5056
47	1	5352	2	1624	3	4861	4	12270	5	5057
48	1	5353	2	1625	3	4862	4	12272	5	5058
49	1	5354	2	1626	3	4865	4	12274	5	5060
50	1	5355	2	1627	3	4866	4	12275	5	5061
51	1	5357	2	1629	3	4867	4	12276	5	5064
52	1	5359	2	1630	3	4868	4	12277	5	5068
53	1	5361	2	1631	3	4869	4	12278	5	5070
54	1	5362	2	1632	3	4870	4	12279	5	5071
55	1	5364	2	1633	3	4871	4	12280	5	5073
56	1	5365	2	1634	3	4872	4	12281	5	5074
57	1	5366	2	1635	3	4873	4	12285	5	5075
58	1	5367	2	1636	3	4874	4	12286	5	5076
59	1	5369	2	1637	3	4875	4	12287	5	5077
60	1	5370	2	1638	3	4876	4	12288	5	5078
61	1	5371	2	1639	3	4877	4	12289	5	5080
62	1	5372	2	1640	3	4879	4	12290	5	5081
63	1	5373	2	1641	3	4880	4	12291	5	5082
64	1	5374	2	1642	3	4881	4	12293	5	5083
65	1	5375	2	1643	3	4882	4	12294	5	5084
66	1	5377	2	1644	3	4883	4	12295	5	5085
67	1	5378	2	1645	3	4884	4	12296	5	5086
68	1	5379	2	1646	3	4885	4	12297	5	5088
69	1	5380	2	1647	3	4887	4	12298	5	5089
70	1	5381	2	1648	3	4888	4	12300	5	5091

[1대5 통신 결과]

- 아래 표는 14개의 베이스노드와 14개의 센서 노드간의 통신을 통해서 수집된 데이터를 데이터 베이스 서버에 전송한 결과이다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	1	3748268	2	3727242	3	3749686	4	3752094	5	3755214
3	1	3748269	2	3727243	3	3749687	4	3752095	5	3755215
4	1	3748270	2	3727244	3	3749688	4	3752096	5	3755216
5	1	3748271	2	3727245	3	3749689	4	3752097	5	3755217
6	1	3748272	2	3727246	3	3749690	4	3752098	5	3755218
7	1	3748273	2	3727247	3	3749691	4	3752099	5	3755219
8	1	3748274	2	3727248	3	3749692	4	3752100	5	3755220
9	1	3748275	2	3727249	3	3749693	4	3752101	5	3755221
10	1	3748276	2	3727250	3	3749694	4	3752102	5	3755222
11	1	3748277	2	3727251	3	3749695	4	3752103	5	3755223
12	1	3748278	2	3727252	3	3749696	4	3752104	5	3755224
13	1	3748279	2	3727253	3	3749697	4	3752105	5	3755225
14	1	3748280	2	3727254	3	3749698	4	3752106	5	3755226
15	1	3748281	2	3727255	3	3749699	4	3752107	5	3755227
16	1	3748282	2	3727256	3	3749700	4	3752108	5	3755228
17	1	3748283	2	3727257	3	3749701	4	3752109	5	3755229
18	1	3748284	2	3727258	3	3749702	4	3752110	5	3755230
19	1	3748285	2	3727259	3	3749703	4	3752111	5	3755231
20	1	3748286	2	3727260	3	3749704	4	3752112	5	3755232
21	1	3748287	2	3727261	3	3749705	4	3752113	5	3755233
22	1	3748288	2	3727262	3	3749706	4	3752114	5	3755234
23	1	3748289	2	3727263	3	3749707	4	3752115	5	3755235
24	1	3748290	2	3727264	3	3749708	4	3752116	5	3755236
25	1	3748291	2	3727265	3	3749709	4	3752117	5	3755237
26	1	3748292	2	3727266	3	3749710	4	3752118	5	3755238
27	1	3748293	2	3727267	3	3749711	4	3752119	5	3755239
28	1	3748294	2	3727268	3	3749712	4	3752120	5	3755240
29	1	3748295	2	3727269	3	3749713	4	3752121	5	3755241
30	1	3748296	2	3727270	3	3749714	4	3752122	5	3755242
31	1	3748297	2	3727271	3	3749715	4	3752123	5	3755243
32	1	3748298	2	3727272	3	3749716	4	3752124	5	3755244
33	1	3748299	2	3727273	3	3749717	4	3752125	5	3755245
34	1	3748300	2	3727274	3	3749718	4	3752126	5	3755246
35	1	3748301	2	3727275	3	3749719	4	3752127	5	3755247

[1대1 통신 결과]

- 두 결과는 각 센서 노드 ID 와 센서 데이터의 시퀀스번호를 보여주고 있다.
- 첫 번째 결과는 중간 중간 시퀀스번호가 한두개씩 빠지는 것을 볼 수 있다. 연속된 여러 개의 패킷이 빠지는 경우도 많이 존재한다.
- 각각의 채널을 형성해서 1대1 통신을 통해 데이터를 수집하는 경우 두 번째 결과에서 보는 것처럼 시퀀스번호가 일정하게 들어오는 것을 확인할 수 있다.

- 일반적으로 사용하는, 1개의 채널을 통해서 여러 개의 센서 노드들에서 동시다발적으로 데이터를 송신 하는 경우 Race Condition 발생으로 인해 데이터의 지연 및 손실 발생이 불가피하게 발생한다.
- 무선 센서 네트워크 환경의 각 센서 노드에서 획득된 많은 양의 데이터를, 저속으로 동작하는 ZigBee를 이용하여 고속으로 전달하고자 할 경우 효율적으로 수신하기 위한 방법으로 채널을 분리하는 방법을 사용하였다.
- ZigBee의 전체 대역폭을 16개 채널로 분리하여 베이스노드와 센서 노드를 1대1 통신하도록 설정함으로써 고속의 데이터에 대해서 전송 지연을 최소화하였다.

(9) 필드서버 데이터 패킷 설계

1차 패킷 설계

패킷이름	data			
필드이름	모트번호	날짜 및 시간	시퀀스 넘버	센서데이터
바이트 수	2	4	4	14

- 모트 번호 : 2byte unsigned integer
 - 한 농장 최대 0~ 65,535
- 날짜 및 시간 : 4byte signed long
 - unix time.h의 time_t는 4byte signed long.
 - 1970/01/01 09:00:00 ~ 2038/01/19 12:14:07 범위
- 시퀀스 넘버 : 4byte unsigned integer(수집주기 0.1초, 10년 계산치)
 - 10 * 60 * 60 * 24시간 * 365일 * 10년 = 3,153,600,000 시퀀스 max값
- 가속도(x,y,z),지자기,온도,습도,조도 : 2byte*7 = 14byte
- 센서 데이터를 전달하는 패킷에 필요한 필드 멤버들을 포함. 기본적으로 센서데이터의 발생 출처를 추적하기 위한 모트번호와 날짜 및 시간을 포함한다. 또한 각 DB에 저장시 데이터 발생 선후관계의 조사를 위해서 시퀀스 넘버를 추가하였다.
- 날짜 및 시간과 시퀀스 넘버는 약 42억개의 값을 가질수 있는 unsigned integer를 사용하여 충분한 여유를 주었다.(최소 10년은 overflow로 인한 문제가 발생하지 않는다.)
- 날짜 및 시간 필드의 단위가 초단위이기 때문에 시퀀스 넘버를 추가하지 않게 되면 날짜 및 시간 필드와 센서 데이터 필드가 같은 두 패킷에 대해 선후관계를 정할 수 없게 된다.
- 센서 데이터의 경우 몇몇 값들은 더미 바이트인 0값이 들어오지만 초기 설계이기 때문에 우선 모든 센서 값들을 받아오도록 크기를 할당하였다.

2차 패킷 설계

패킷이름	data				
필드이름	모트번호	소 번호	날짜 및 시간	시퀀스 넘버	센서데이터
바이트 수	2	2	4	4	14

- 모트 번호 : 2byte unsigned integer
-한 농장 최대 0~ 65,535
- 소 번호 : 2byte unsigned integer
-한 농장 최대 0~65,535
- 날짜 및 시간 : 시스템 포맷 크기 그대로
-unix time.h의 time_t는 4byte signed long.
-1970/01/01 09:00:00 ~ 2038/01/19 12:14:07 범위
- 시퀀스 넘버 : 4byte unsigned integer(수집주기 0.1초, 10년 계산치)
-10 * 60 * 60 * 24시간 * 365일 * 10년 = 3,153,600,000 시퀀스 max값
- data : 가속도(x,y,z),지자기,온도,습도,조도
- 기존의 패킷 구조에서 소번호를 추가하였다. 농장의 소들이 가지고 있는 소번호가 있다. 모트번호는 개발에 사용되는 기준이지만 사용자(농장 주)의 입장에서는 소 번호로 각각의 개체들을 구분하기 때문이다. 추후 소 번호는 한우마다 할당된 고유 번호인 한우번호와 매핑되어 정보를 표시할 예정이다. 그 외의 값들은 이전과 동일하다.

3차 패킷 설계

패킷이름	data					
필드이름	패킷 종류	모트번호	날짜 및 시간	마이크로초	시퀀스 넘버	센서데이터
바이트 수	1	2	4	4	4	8

- 패킷 종류 : 1byte character
- 1 : 고정 바이트, 데이터 패킷임을 알림
- 모트 번호 : 2byte unsigned integer
-한 농장 최대 0~ 65,535
- 날짜 및 시간 : 시스템 포맷 크기 그대로
-unix time.h의 time_t는 4byte signed long.
-1970/01/01 09:00:00 ~ 2038/01/19 12:14:07 범위
- 시퀀스 넘버 : 4byte unsigned integer(수집주기 0.1초, 10년 계산치)
-10 * 60 * 60 * 24시간 * 365일 * 10년 = 3,153,600,000 시퀀스 max값
- data : 가속도(x,y,z),지자기 : 2byte*4 = 8byte
- 패킷 종류 필드가 추가되었다. 이는 추후 프로토콜을 수정하게 될 경우 사용될 필드이다. 데이터 패킷에서는 0x01값으로 고정된다.
- 센서 데이터 필드의 크기를 14에서 8로 조정하였다. 이전에 정의한 크기인 14의 경우 모든 센서 데이터를 포함하도록 할당된 크기이다. 하지만 본 프로젝트에서는 사용되지 않는 센서들을 제외하여 패킷의 크기를 절약하기 위해 가속도 센서의 3축(x, y, z) 데이터와 지자기 데이터만을 포함하여 8바이트 크기로 할당하였다.

- 또한 마이크로초 필드가 추가되었다. 이전의 데이터는 초당 약 7개의 데이터가 같은 시간을 가지다 보니 정확한 데이터 발생 시점 추적에 어려움이 있었다. 하드웨어적인 문제로 모트에서 시간을 기록할 수는 없지만 소프트웨어적으로 최대한 정확한 발생 시점을 알기 위해 정밀한 시간단위 정보를 추가해 주었다.

매치 코드(필드서버 부팅했을 때 DB 서버로 전송하여 필드서버 식별 코드 전송)

패킷이름	match_code		
필드이름	location	type	id
바이트 수	4	1	2

- location = 4byte unsigned integer
-농장의 구분 위함. 최대 약 42억
- type = 1byte character
- 필드/영상 서버 구분. 서버의 종류이기 때문에 1byte 할당
-id = 2byte unsigned integer. 0~ 65,535 범위의 필드/영상서버 구분
- 매치코드 패킷은 프로그램 시작단계에서 필드서버와 DB서버간의 연결을 위한 패킷이다. 이를 통해 DB서버는 현재 접속된 서버의 정보를 조회하고 요청을 처리한다.
- 필드서버의 구분을 위해 필요한 정보로는 지역, 서버의 종류, 서버의 번호가 있다. 지역에 대한 구분은 각각의 농장에 대한 구분으로 볼 수 있다. location 필드가 같은 서버의 경우 한 농장 내에 있는 서버라고 할 수 있다. 값의 범위는 넉넉히 4바이트 unsigned integer를 사용하였다.
- 같은 농장 내에는 영상서버와 필드서버가 존재할 수 있다(추후 변경 여지 있음). 때문에 type 필드를 두어 필드서버(A)와 영상서버(B)를 구분한다. 현재는 필드서버만 구현되어있으므로 이 값은 A로 고정된다.
- 같은 농장, 같은 종류의 서버라도 넓은 범위를 관찰하기 위해서는 여러 대의 서버가 존재할 수 있다. 이는 id필드를 통해 구분되며 최대 약 65000개 까지 수용 가능하다.

패킷이름	match_code		
필드이름	type	location	id
바이트 수	1	4	2

- type = 1byte character
- location, id = 4byte unsigned integer
- 패킷의 사이즈는 그대로이고 패킷의 순서가 변경되었다. type 필드를 가장 앞으로 보내주었다. 이렇게 한 이유는 DB서버에서 처리를 간단하게 하기 위해서이다. type 필드에 해당하는 한 바이트를 읽어들이고 후 기대한 값이 아니라면 빠르게 다음 작업을 진행할 수 있도록 type를 맨 앞으로 보내주었다.

(10) 계절(온도, 습도 등의 변화)에 따른 측정량 차이 비교

- 계절과 발정행동의 관계

- 봄, 가을과 여름과 겨울엔 환경변화가 있다. 이런 환경변화로 인해 발정에 관련된 변화가 일어나는데 발정기간은 여름엔 평균 18시간, 겨울엔 16시간, 봄,가을은 15시간으로 여름이 다른 계절에 비해 3시간정도 길게 나타남. 그러나 발정개시와 배란관의 시간관계는 계절의 변화와 상관없이 25-32시간으로 일정. 발정개시를 기준으로 할 경우 계절에 따른 보정이 필요 없음을 발정종료를 기준으로 할 때 여름의 경우 다른 계절에 비해 3시간정도 줄여야함.

- 고온, 다습한 여름철의 발정행동을 관찰하여 분석
 - 여름이라고 하여도 그 기온이 25℃ 이하인 경우는 발정행동이 증가하나, 기온이 30℃ 이상 올라가면 발정행동이 급감. 여름이라는 계절에 따른 고온 스트레스에 의한 발정행동의 보정은 온도가 얼마나 높게 올라가며, 고온에 노출되는 시간이 얼마인지를 고려하여야함. 이를 고려하여 여름철 기온이 30℃ 이상 올라간다면 발정행동에 대한 ×1.5의 가중치가 필요함.

	Summer (n=4)	Winter (n=5)
Longest interval between mounts recived, h (mean)	4.2	2.7

< 젖소에 있어 계절에 따른 승가허용간 시간 간격 >

(11) 사육장의 차이(바닥, 형태 등)에 따른 측정량 차이 비교

- 사육장 바닥 재질과 발정행동 차이 분석
 - 일반적으로 많이 이용하는 콘크리트 바닥과 같은 경우 소가 움직이기에 딱딱하고 미끄러운 편에 속함. 젖소의 경우 바닥 재질을 3cm 이상 두께의 고무매트와 같은 안정적인 움직임이 가능한 바닥을 제공한 경우 보폭이 20% 정도 길어지며, 보행수도 증가하여, 하루 이동거리로 계산하면 콘크리트 바닥에서는 2.5km, 고무매트는 4.0km로 60%정도 증가하며, 승가행위도 2배정도 늘어나며 안정적인 승가행동이 관찰됨.

	Concrete floor	Rubberized floor
Number of steps	4,321	5,724
Step length	57 cm	71 cm
Distance	2.5 km	4.0 km

< 사육장 바닥 형태에 따른 발걸음수, n=5 >

- 사육장의 경사도와 바닥상태에 의한 발정행동 차이

- 바닥이 경사지거나 고르지 못한 경우 이동거리와 승가와 승가허용 모두가 급격히 감소하여 원활한 발정행동이 관찰되지 않음.

- 사육장의 차이에 의한 발정행동에 대한 보정
 - 콘크리트바닥 축사가 아닌 고무매트와 같이 안정적인 움직임이 가능한 사육환경을 제공하고 있는 경우 콘리트바닥 축사에 비해 활동량은 $\times 0.6$, 승가의 경우 $\times 0.5$ 의 보정값이 필요함.

(12) 사육조건 차이(사육장의 크기, 밀도 등)에 따른 측정량 차이 비교

- 사육장의 넓이와 사육밀도에 따른 발정행동 차이 분석
 - 사육장이 3두 미만이 들어갈 정도의 크기인 경우 발정행동이 크게 제약을 받으나, 5두 이상의 무리로 관리하는 경우 사육장의 크기나 사육밀도 보다는 발정기에 있는 개체가 2두인 경우 1두에 비해 발정행동이 20-30% 증가하며, 3두 이상인 경우에는 50-100% 증가.
- 발정기에 있는 개체수를 고려한 보정치 도출
 - 이를 고려하여 발정기에 있는 개체가 1두인 경우 $\times 1.2$, 2두인 경우 $\times 1.0$, 3두 이상인 경우 $\times 0.7$ 의 보정치가 필요.

	One cow in estrus (n=5)	Two cows in estrus (n=6)	More than two cows in estrus (n=5)
Mounting (mean)	4.4	5.5	7.8

<한 사육장내 발정기에 있는 개체수에 따른 승가 횟수>

(13) 센서 데이터 보정 예

- 하루의 활동량 에너지값을 총합하여 데이터를 분석할 때 여러 문제로 인하여 데이터가 소실되었을 때 센서 데이터 보정을 통해 좀 더 의미있는 값으로 변경하여 발정상태를 판단한다.

1	From	To	mote_id	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	count
2	20140524000000	20140525000000	5	5.6E+08	54224185	15369330	6374854	3385628	2067480	1332427	896715.7	672742.3	525895.5	445300.9	22
3	20140525000000	20140526000000	5	6.05E+08	54126989	13357541	4945756	2300821	1220002	717489.2	464624.8	328241.8	268971.7	212394.2	48
4	20140526000000	20140527000000	5	6.16E+08	77666559	21227864	9189729	4786418	2985586	2025624	1544504	1189910	956461.6	769055.3	48
5	20140527000000	20140528000000	5	6.08E+08	1.18E+08	35719108	15538783	7965360	4465457	2807721	1966758	1489733	1179641	947135.1	41
6	20140528000000	20140529000000	5	5.75E+08	39133073	10567050	4297605	2158831	1172763	776987.6	531570.6	393479.9	314040.7	254190.1	28
7	20140529000000	20140530000000	5	5.95E+08	41270315	10325403	3977045	2013097	1212722	828235.2	631521.1	498570.2	411176.6	346562.1	48
8	20140530000000	20140531000000	5	5.72E+08	28923839	7258668	2663079	1289714	735764.5	491488.7	364859.9	291895.9	247183.8	205476.9	38
9	20140531000000	20140601000000	5	5.91E+08	48242331	12780534	5176815	2685563	1600124	1088940	805871.2	614449	470442	380982.5	48
10	20140601000000	20140602000000	5	5.93E+08	46441923	12894957	5166370	2697893	1641100	1145608	881614.1	715479.5	578674.6	496794.5	48
11	20140602000000	20140603000000	5	5.62E+08	45842027	12763175	4845713	2223959	1258215	807698.5	595351.5	462826.6	382695.9	324191.8	24
12	20140603000000	20140604000000	5	5.68E+08	44676051	13241459	5240305	2550612	1380966	910774.2	620050.5	481237.6	351221.4	285819.4	30
13	20140604000000	20140605000000	5	5.95E+08	46078300	13075429	5422227	2788686	1672129	1152348	824056	649481.4	487729.9	421340.6	48
14	20140605000000	20140606000000	5	5.91E+08	55427619	15789934	6026145	2880838	1618693	1055034	707663.1	524991.4	425472.1	329782.8	44
15	20140606000000	20140607000000	5	5.95E+08	54087984	16035281	6523700	3245408	2020510	1317233	1010676	806404.7	638980.7	528932.3	23
16	20140607000000	20140608000000	5	5.93E+08	43170297	11828366	4663282	2329814	1423895	951844.3	706918.8	535902.2	416560.1	340510.6	48
17	20140608000000	20140609000000	5	5.96E+08	45155786	13102970	5391848	2790027	1699804	1170733	858559.7	647990.2	539623.1	463565.8	48
18	20140609000000	20140610000000	5	5.67E+08	49620526	13920440	5475728	2663819	1522055	989923.5	705809.7	501903.5	404695.2	298022.7	42
19	20140610000000	20140611000000	5	5.99E+08	53319942	14620780	6051237	3231109	2033691	1429086	1086502	840965.6	680429.3	569045.6	48
20	20140611000000	20140612000000	5	5.79E+08	36827959	9253165	3409295	1542200	836544.8	536576.8	369308	258632.5	209579	157870.1	38
21	20140612000000	20140613000000	5	5.96E+08	50015687	15326982	6749294	3764004	2437399	1746623	1370748	1133696	941116.3	816123.9	48
22	20140613000000	20140614000000	5	5.99E+08	49267662	13784169	5526970	2707451	1523463	901288.2	642851.4	469638.8	333375.7	251782.5	24

- 상기 표에서 빨강 색으로 표시하는 부분이 데이터 손실된 부분이다. 30분 단위로 활동량 누산 값을 서버에서 계산하여 데이터를 추출하였을 때 필드서버와 발정탐지 센서간의 통신 이상으로

데이터가 상기 표와 같이 손실되었을 때 데이터 보정 알고리즘에 관한 내용을 설명하고자 한다.

- 정상적인 count=48 이다. 30분 단위 하루를 나타내면 48이기 때문이다.
- 이 경우 소실된 데이터에 대한 보정 계산 공식은 다음과 같다.

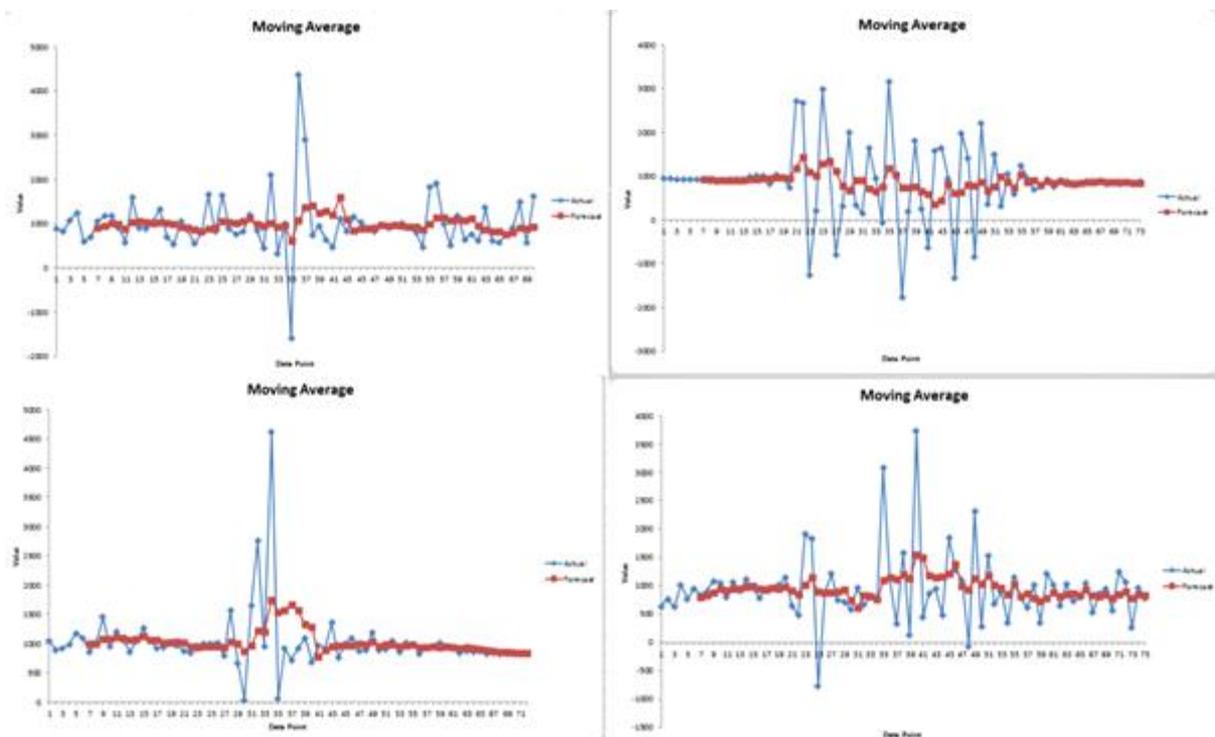
$$E = 48 * E1 / C1$$

E1 : 계산 받은 값 C1: 실제 count 값 E : 이론적으로 계산 받은 값

예: count = 22, E1 = 54224185

이론적으로 count = 48이므로 보정하면 E값은 $48 * 54224185 / 22 = 118307312$

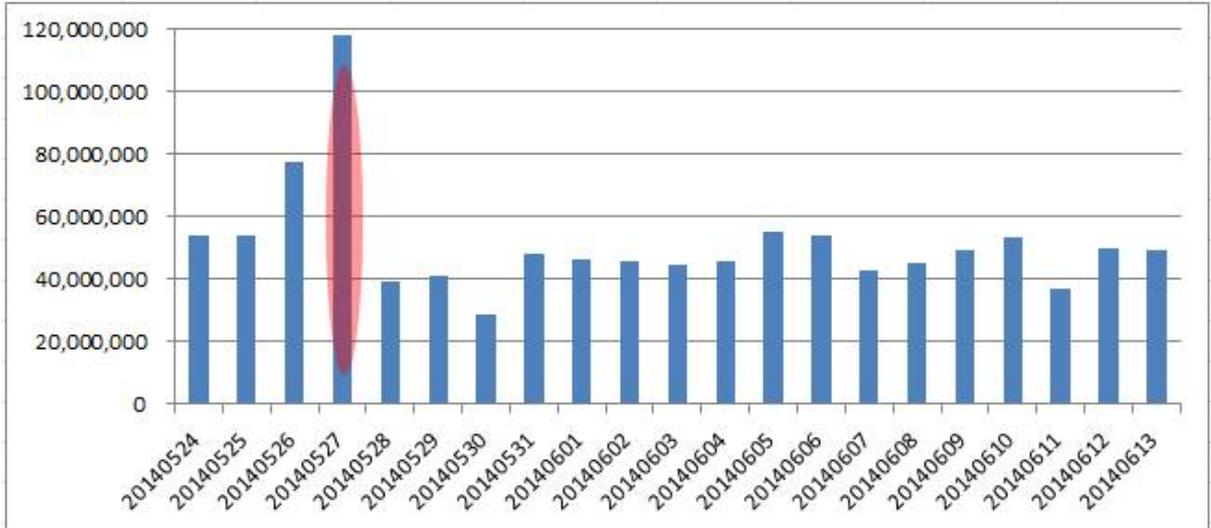
- 이동평균
 - 센서에 나온 데이터에 노이즈를 제거하기 위하여 가속도 센서에서 측정된 출력 값을 Moving Average 알고리즘을 이용 필터링하여 분석한다.
 - 이동 평균이란 시계열의 각 항에 대하여 그것을 중심으로 하는 전후 일정 항수의 평균값을 연결하여 값을 구하는 방법이다.
- 이동 평균(Moving Average) : Interval = 7



(14) 발정탐지 활동량 분석

- 암소의 활동량을 측정하여 발정을 판단할 때 일반적으로 암소는 평소보다 활동량이 2배나 4배 정도 많아진다고 보고되고 있다.

- 가속도 센서에 측정된 값(x,y,z)을 에너지 값으로 계산하고 에너지 값의 900 - 1100 cm/s² 사이의 값을 카운터하여 활동량을 분석하였다.
 - 900 - 1100 cm/s² 사이의 구간을 선택한 의미 있는 데이터를 분석해 보았을 때 가장 뚜렷하게 변화를 감지할 수 있어서 이 구간을 선정하여 분석하였다.



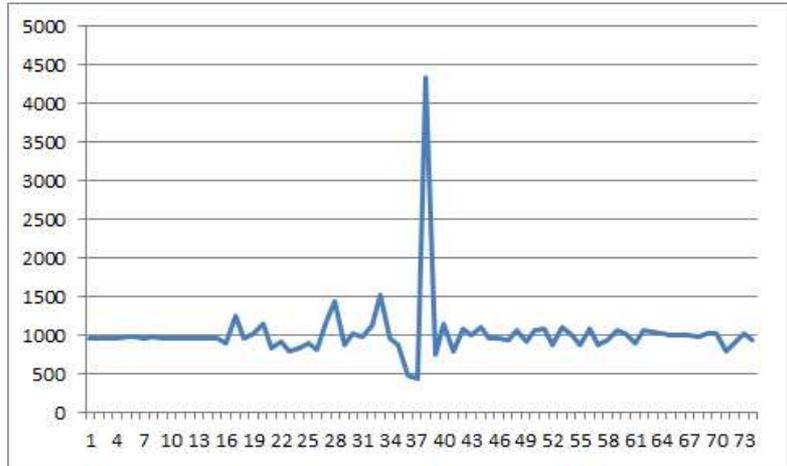
- 상기 그래프를 보면 5월24일부터 활동량이 계속 상승되어 있고 5월 27일 날 최고 값에 도달했다. 5월27일 활동량이 평일에 2배 이상 초과된 것을 확인할 수 있다.



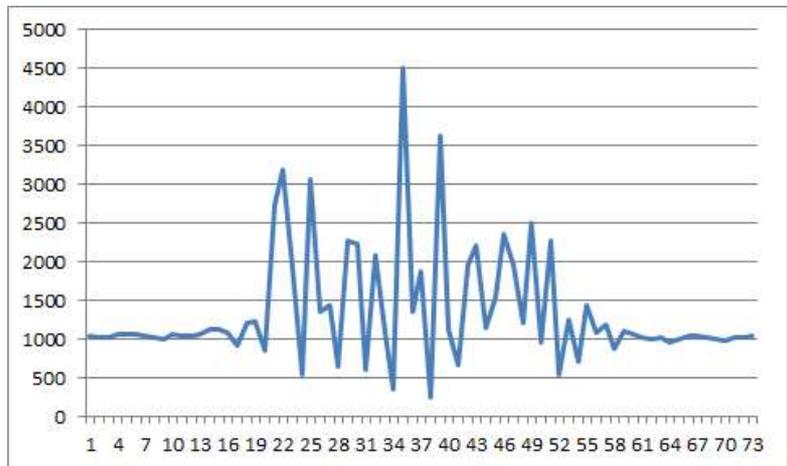
- 농장의 수정 분만표를 살펴보면 상기 그래프의 암소가 5월27일 수정 했음을 확인할 수 있다.
- 영상 데이터를 분석해 본 결과 5월 25일부터 5월 27일까지 해당 암소가 승가를 한 횟수는 19회로 특히 5월 27일 오전에 집중된 것을 확인할 수 있었다.
- 다른 암소들도 정도의 차이는 있었지만 비슷한 데이터 형태를 보이고 있다. 그러나 해외 발생 관련 논문에서와 같이 평소의 2배 이상의 활동량 변화는 분석되지 않았다.
 - 외국에서 소를 키우는 환경과 국내의 사육환경이 달라 발생하는 것으로 사료된다.
 - 국내 사육환경은 좁은 울타리 안에서 4-5마리를 키우는 환경이며 청소를 위해 미끄러운 시

멘트 바닥을 한 이유인 것으로 사료된다.

(15) 승가 패턴 검출시 데이터 히트율 향상 방법



[승가 동작에 대한 에너지 값 그래프]



[앞으로 뛰어가는 동작에 대한 에너지 값 그래프]

- 발정탐지 센서를 장착한 암소 각 개체로부터 수집된 데이터를 이용하여 승가 행위에 대한 데이터를 판단하기 위해 에너지 값이 4000 이상이면서 Z축 값이 3000 이상인 데이터가 존재하는 시간에서 전후 5초의 데이터를 분석한 그래프이다.
- 승가 행위 동작처럼 앞으로 뛰어가는 동작 또한 상당히 큰 동작으로 에너지 값이 크게 변화하는 구간이 여러 번 반복되는 양상을 보이고 있다.
- 그 외에도 목에 장착된 센서의 위치가 순간적으로 많이 이동하는 동작을 할 경우, 에너지 값이 크게 변할 수 있는 경우의 수 또한 여러 가지 발생할 수 있다.
- 이러한 여러 가지 상황의 데이터 들이 산재해 있기 때문에 승가 패턴에 대한 데이터를 조금 더 정확하게 찾는 방법이 필요하다.
- 첫 번째, 기본적으로 센서 데이터를 read 한 시점(시간)에서의 에너지 값이 4,000보다 크고, Z축 가속도 값이 3,000 보다 큰 경우 승가 행위라고 판단을 한다.

- 두 번째, 이렇게 추출된 전체 데이터에서 다시 Z축 가속도 값이 3,800 이상인 데이터들은 제외를 한다.
- 세 번째, X축 가속도 값이 -2,300보다 작고 +2,300 보다 큰 값을 갖는 데이터들은 제외를 한다.
- 네 번째, 첫 번째 판단 값이 발생한 순간의 +- 5초 동안의 X축 가속도 값의 총 합이 20,000 보다 작고, 31,000보다 큰 값을 갖는 데이터들은 제외를 한다.
- 다섯 번째, 첫 번째 판단 값이 발생한 순간의 +- 5초 동안의 Z축 가속도 값의 총 합이 35,000 보다 큰 값을 갖는 데이터들은 제외를 한다.
- 마지막으로 Y 값이 3,000 보다 큰 값을 갖는 데이터들은 제외를 한다.

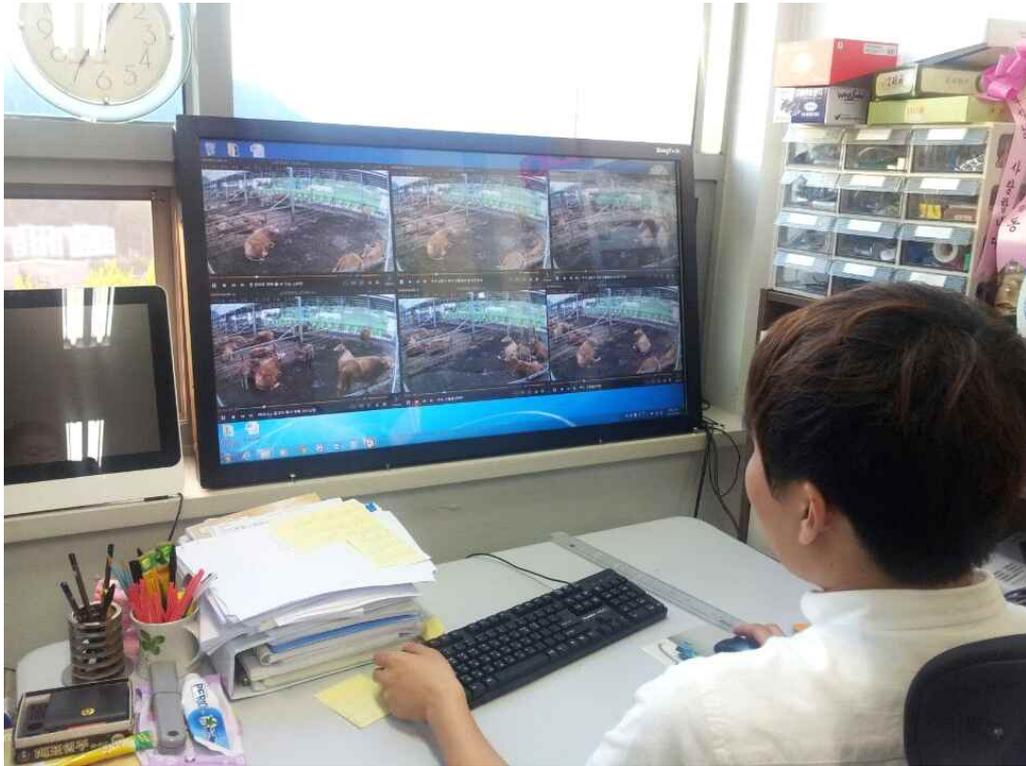
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
100		1398.44	12	8	26328.02	48874.99	137234.5	212437.5	3892275	6	2.01E+13	233451	921.88	-2281.25	3218.75	4051.46
101		1398.44	12	8	26328.02	48874.99	137234.5	212437.5	9265275	6	2.01E+13	233451	921.88	-2281.25	3218.75	4051.46
102		2187.5	22	8	22703.13	30453.06	138046.9	191203.1	6394236	6	2.01E+13	656742	1781.25	2523.44	3289.06	4512.04
103		2187.5	22	8	22703.13	30453.06	138046.9	191203.1	11767236	6	2.01E+13	656742	1781.25	2523.44	3289.06	4512.04
104		156.24	18	10	27953.22	42328.04	139453.1	209734.4	3847300	6	2.01E+13	52452	-171.88	2226.56	3453.12	4112.32
105		156.24	18	10	27953.22	42328.04	139453.1	209734.4	9220300	6	2.01E+13	52452	-171.88	2226.56	3453.12	4112.32
106		0	36	26	27578.13	82718.73	148546.9	258843.8	3847377	6	2.01E+13	585193	171.88	2773.44	3226.56	4258.19
107		0	36	26	27578.13	82718.73	148546.9	258843.8	9220377	6	2.01E+13	585193	171.88	2773.44	3226.56	4258.19
108		2750	12	4	20890.65	31515.51	151359.3	203765.5	5247843	6	2.01E+13	382301	-2515.62	-1187.5	3109.38	4172.14
109		2750	12	4	20890.65	31515.51	151359.3	203765.5	10620843	6	2.01E+13	382301	-2515.62	-1187.5	3109.38	4172.14

[첫 번째 조건으로 추출한 승가패턴 데이터 108개]

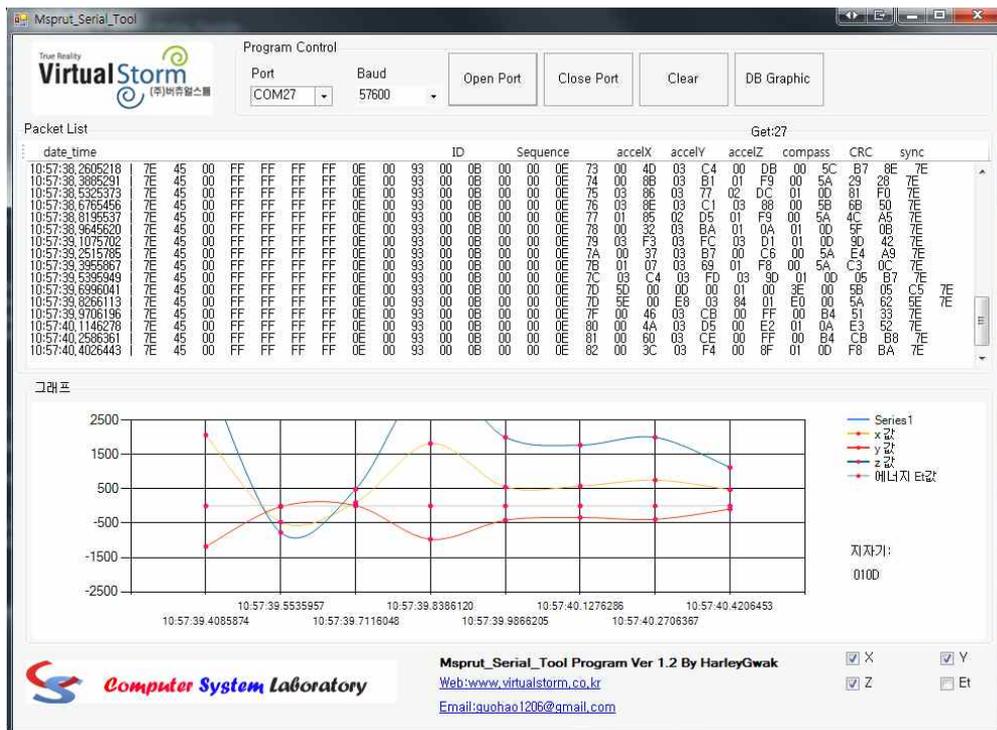
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		SUM_x	SUM_y	SUM_z	mote_id	time_stemp			x	y	z		에너지
2	2284436	25968.77	35890.59	28289.03	7	20140524022758	731111	#N	2296.88	523.44	3734.38	#N	4415.34
3	3470113	22093.76	20999.96	13593.74	6	20140524210201	564001	#N	-2195.31	1609.38	3390.62	#N	4348.08
4	13531513	20726.54	12828.1	21921.82	5	20140526143643	38207	#N	-1335.94	453.12	3750	#N	4006.56
5	14319464	24367.2	17929.64	31453.12	5	20140526175308	655966	#N	2007.81	882.81	3375	#N	4025.08
6	14724984	25851.54	30468.73	26015.58	10	20140526193221	294105	#N	1937.5	1109.38	3664.06	#N	4290.68
7	15110893	30531.24	43312.52	34937.51	6	20140526211000	878222	#N	1242.19	2929.69	3023.44	#N	4389.45
8	18052301	23820.24	23890.6	30546.92	8	20140527091802	8107	#N	1750	-101.56	3648.44	#N	4047.71
9	18052306	23820.24	23890.6	30546.92	8	20140527091802	727372	#N	-109.38	2070.31	3742.19	#N	4278.1

[승가패턴 히트율을 높이기 위한 방법을 적용한 최종 승가 검출 개수 8개]

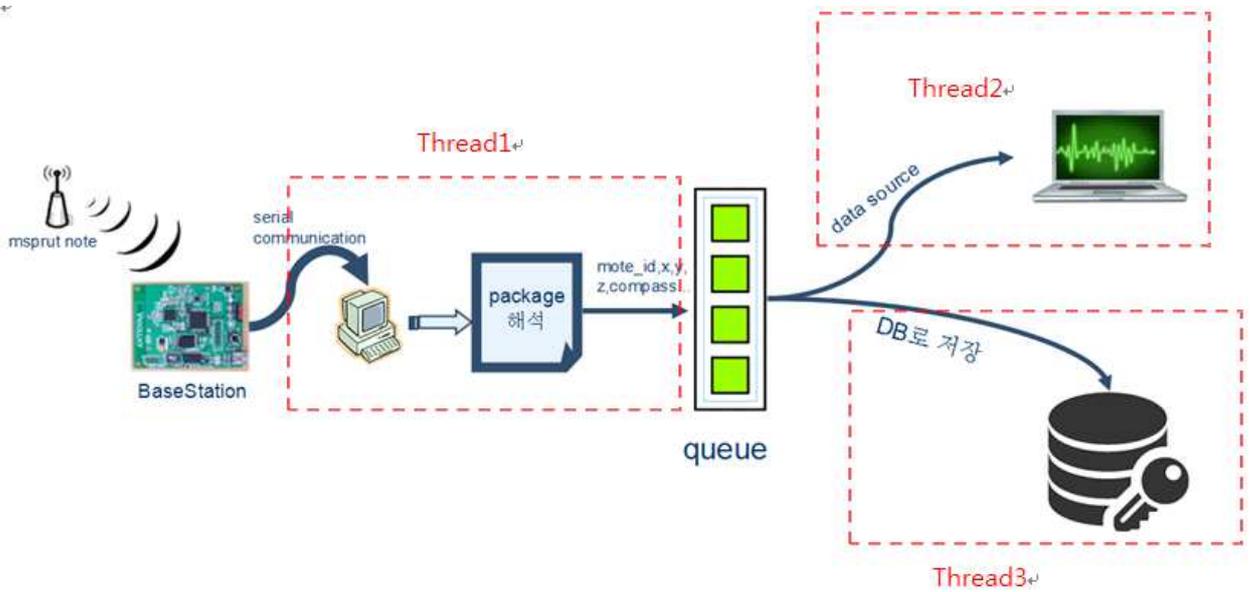
- 결과 : 첫 번째 조건으로 검출한 승가 행위에 대한 데이터에는 승가 동작, 앞으로 뛰어가는 동작, 목을 심하게 흔드는 동작 등 동영상으로 캐치하지 못한 여러 가지 동작 등이 포함된 결과로 총 108개의 데이터가 검출이 되었다. 그 중에서 20개가 승가 행위에 대한 데이터를 확인하였다. 이는 18퍼센트 정도의 히트율을 보인다.
- 최종적으로 위의 조건들을 모두 적용했을 때, 8개의 여러 동작이 섞인 데이터 중 6개가 승가 동작에 대한 데이터로 약 75%의 히트율을 보이는 것을 확인할 수 있다.
- 승가 확인을 위해 영상서버에 저장된 동영상을 통하여 히트율을 확인



(16) 실시간 발정탐지 센서 분석 PC 프로그램



- 발정탐지 센서의 데이터를 실시간으로 분석하기 위하여 PC용 분석 툴을 개발하였음



- 이 프로그램은 시리얼 통신으로 BaseStation에서 데이터를 실시간으로 읽고 해석한다. 데이터는 큐로 저장되며 thread를 생성하여 큐에서 데이터를 추출하여 그래프를 그린다. timer를 생성하여 일정한 시간마다 DB로 데이터를 실시간으로 저장한다.
- 역으로 DB 서버에서 일정 구간(시간)을 입력하면 그 구간의 데이터를 읽어 그래프로 재현하는 기능이 있어 동영상에서 특이한 암소의 동작을 분석하는데 유용한 도구가 된다.

(17) 발정탐지 알리미 앱 개발

**우리 소
발정탐지**

VirtualStorm

발정 탐지				
식별 번호	발정 점수	수정일	출산일	출생일
061730695	89	14.03.30	14.01.01	12.03.05
061730687	73	-	14.03.15	12.03.10
067596267	32	-	14.02.25	12.01.05
061732721	44	-	14.03.10	11.11.17
085907692	56	-	-	13.06.05
085899530	20	-	-	13.07.04
085907730	21	-	-	13.08.09
085899521	24	-	-	13.05.11
084847458	35	-	-	13.09.02
085899417	40	-	-	13.03.29
073272536	60	-	-	12.04.22
073269270	71	-	-	12.05.20

back 발정 탐지	
식별 번호	061730695
발정탐지 센서번호	1 번
출생 일자	12.03.05
출산 일자	14.01.01
수정 일자	14.03.30
승가 횟수	19
승가허용 횟수	4
활동량	200

- 서버에서 데이터를 분석하여 나온 결과를 앱을 통해 농장주가 편리하게 확인할 수 있는 프로그램을 개발

(18) 흑성산 농장 실험을 위한 테스트베드 구축





제 3 절 3차년도 연구개발수행 내용

1. 연구수행 범위 및 연구수행 방법

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
발정탐지 알고리즘 개발	○ 발정기 및 배란확인을 통한 수정적기 판정 알고리즘 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 시험농장의 시험소에 센서를 부착하여 실험한 결과와 실제 발정과 배란확인을 통한 수정적기 판정 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발정탐지 센서(3축 가속도 센서, 지자기 센서 등의 복합센서 모듈)를 시험농장의 시험소에 부착하여 승가, 승가허용, 활동량 변화 등의 발정행동의 데이터를 수집하고 이 데이터를 가공 분석한 데이터와 배란확인을 통한 수정적기 판단하는 알고리즘을 개발
	○ 센서 노이즈 데이터 처리 소프트웨어 개선	<ul style="list-style-type: none"> ● 시험소에서 수집되는 노이즈 데이터에 대한 필터링 구간을 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 시험소에서 수집되는 데이터에 대하여 발정행동을 분석하는데 의미없는 값들을 걸러내기 위하여 필터링 구간을 선정하여 분석함 ● 발정과 무관한 데이터에 대한 필터링 값을 설정하여 발정탐지 알고리즘에 적용 <ul style="list-style-type: none"> - 영상데이터와 센서 데이터의 분석으로 필터링 구간을 설정한 내용을 발정탐지 알고리즘에 적용하여 발정탐지 프로그램을 개선함
	○ 배터리 수명을 고려한 센서 펌웨어 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 평소에는 전력을 많이 소비하는 칩(네트워크 모듈 등)에 대하여 전원을 차단하고 특정행동 패턴을 인식하면 전원을 인가하여 암소의 행동패턴을 수집하는 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 오버헤드를 줄여 네트워크 부하도 줄이고 처리시간 단축을 위해서 데이터 전송을 1000개 단위로 묶어서 전송 - 데이터를 네트워크로 전송할 때만 센서 모듈의 네트워크 칩 전원이 인가되도록 프로그램 수정 - 센서의 데이터 수집 주기를 제어함으로써 전력소모를 최소화함 ● 2차년도에 하드웨어적인 접근으로 배터리 수명을 줄였다면 3차년도에는 소프트웨어 방식을 이용하여 배터리 수명을 연장시킴

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
발정탐지 알고리즘 개발	○ 발정탐지 알고리즘 개선	<ul style="list-style-type: none"> ● 2차년도에 발정탐지 알고리즘에 노이즈 데이터 필터링 및 승가, 승가허용 탐지 알고리즘을 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 발정기 및 배란확인을 통한 수정적기 판정 알고리즘과 센서 노이즈 데이터 처리 알고리즘, 밋 배터리 수명을 고려한 센서 펌웨어 프로그램 등을 적용한 발정탐지 알고리즘 개선
암소의 발정탐지 센서 모듈 개발	○ 센서 시험	<ul style="list-style-type: none"> ● 시험농장에서 환경시험 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 개발한 센서 케이스에 발정탐지 센서를 장착시키고 이것을 시험농장의 시험소에 부착하여 시험을 진행 ● 기본적인 센서 통신 및 센서 감도 시험을 수행함 <ul style="list-style-type: none"> - 프로그램 업그레이드 후 기본 동작 시험 진행
	○ 발정(승가, 승가허용, 활동량변화, 온도, 습도, 조도 등) 발현 및 환경 데이터 수집 분석	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가, 승가허용, 활동량변화 등의 발정징후에 관한 행동 패턴 분석 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 시험농장에 IP 카메라를 설치하고 시험소에 대한 동영상을 촬영하고 촬영한 동영상과 시간동기화한 시험소의 센서 데이터를 분석 - 승가, 승가허용, 활동량 변화를 구분하여 발정징후에 관한 행동 패턴을 분석 ● 환경 데이터에 대한 발정 행동의 변화는 크지 않는 것으로 확인됨 <ul style="list-style-type: none"> - 온도, 습도, 조도 등 환경 데이터는 발정행동과 연관성을 찾지 못함 - 따라서 발정행동과 한 농장의 환경 데이터와는 연관성이 크게 없음을 확인함
	○ 발정탐지 센서 케이스 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서 케이스 설계 및 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 타사의 센서 케이스 재질 분석 - 개발된 센서 모듈과 밋배터리 케이스 설계 및 개발 ● 누수 등 환경시험 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 케이스 누수 등 환경시험을 진행 ● 시험농장에서 착용 시험 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 시험농장에서 시험소에 착용하여 발정탐지 센서 데이터를 수집

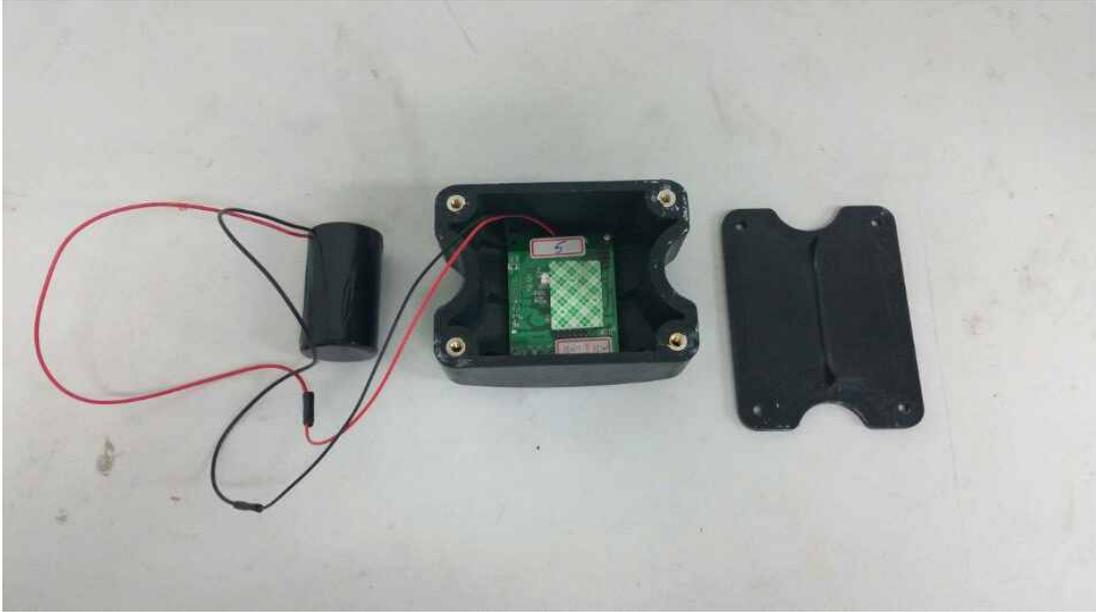
연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
발정탐지 시스템 통합 테스트	○ 승가, 승가허용, 활동량 변화를 통합하여 분석하는 프로그램 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가, 승가허용, 활동량 변화를 종합하여 분석 진행 <ul style="list-style-type: none"> - 활동량 변화에 대한 패턴 분석 - 승가행동에 대한 패턴 분석 - 승가허용행동에 대한 패턴 분석 ● 실제 시험농장의 시험소 발정 및 임신여부 데이터와 센서 데이터 비교 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 시험농장의 시험소의 실 발정여부 조사와 임신여부 데이터와 시험한 데이터를 비교 분석하여 분석
	○ 점수제 발정 판정 알고리즘 프로그램 개선	● 점수제 발정 판정 알고리즘에 대하여 새로운 알고리즘 확인
	○ 사육환경에 따른 발정 환경 보정 알고리즘 프로그램 개선	● 새로운 발정탐지 센서의 시험환경과 사육환경 확인 보정
	○ 발정탐지 시스템 통합 테스트 및 검증	● 시험농장에서 발정탐지 시스템에 대한 통합 테스트 진행
스마트 센서를 이용한 발정기(초기, 종료, 길이 등)의 판정	○ 스마트 센서를 이용하여 발정기의 시작과 끝 그리고 발정기간을 판정	● 발정탐지 센서를 시험농장의 시험소에 적용하여 수집된 데이터와 실제 발정과 임신 결과와 비교 확인
직장검사를 통한 배란 확인	○ 스마트센서를 이용한 배란시점에 직장검사를 통하여 배란 확인	● 시험소에 대한 직장검사를 실시하여 배란 확인
발정기(초기, 종료, 길이 등)와 배란시점관의 관계 정립	○ 발정기와 배란시점관의 시간관계를 정립	● 시험데이터를 근거로 발정기와 배란시점의 시간관계 확인
수정적기 판정법 확립	○ 스마트센서를 이용한 수정적기와 실제 수정적기를 확인하여 수정적기 판정법 확립	● 발정탐지 센서 데이터 분석을 통한 수정적기와 실제 시험소의 수정적기를 확인하여 수정적기 판정 확립

연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근 방법)	구체적인 내용
발정탐지 DB 서버 구축	○ 각 농가별 발정정보 수집 및 데이터 영구 저장	<ul style="list-style-type: none"> ● 빅데이터 서버를 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 하둡 기반의 서버 구축 - 8대의 PC를 이용하여 하둡서버 구축 - 기존의 발정탐지 센서 데이터 이관 ● 기존 관계형 데이터베이스와 성능비교
	○ 각 농가별 환경에 따른 발정정보 분석 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 시험 농장별 발정정보 분석
발정탐지 시스템 통합 테스트	○ 발정탐지 시스템 통합 테스트 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정탐지 시스템 통합 테스트 <ul style="list-style-type: none"> - 시험농장에서 시스템 통합 테스트 ● 데이터 수집 장애 알리미 서비스 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 수집 장애시 자동으로 관계자에게 알려주는 시스템 구축

2. 세부연구수행 결과

(1) 센서 케이스 방수 실험

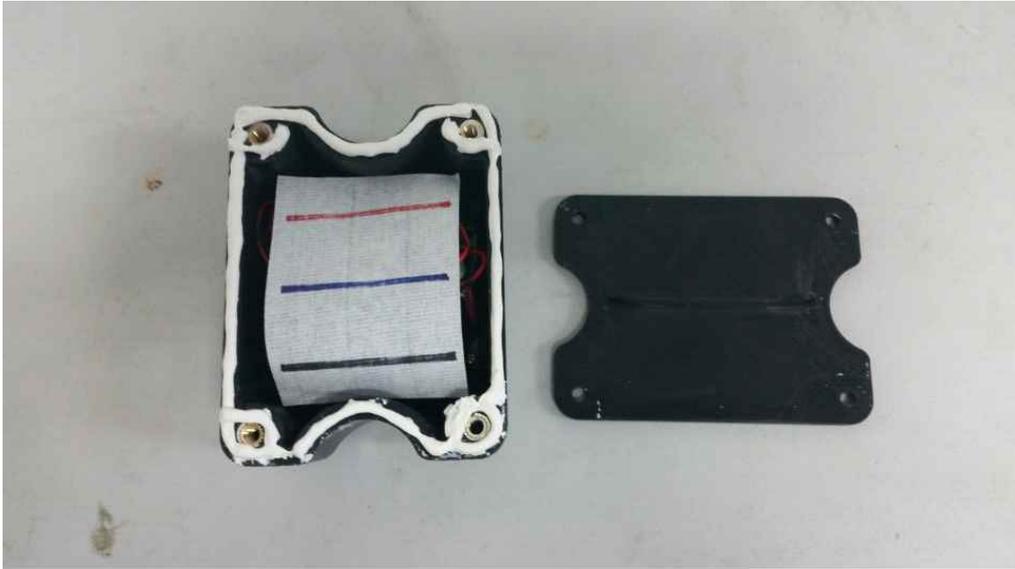
○ 센서 케이스 방수 실험은 다음 그림과 같이 습기 테스트용 시험지를 삽입 후 실리콘으로 케이스 방수 처리를 하여 물속에 담가 일주일 경과 후 시험지를 확인한다.



○ 소의 목에 채우기 위한 동일한 방법으로 센서와 배터리를 케이스에 장착 후의 사진이다.



○ 위 사진처럼 센서 장착 후 방수처리를 위해 케이스 테두리에 실리콘을 이용해서 방수처리를 한다.



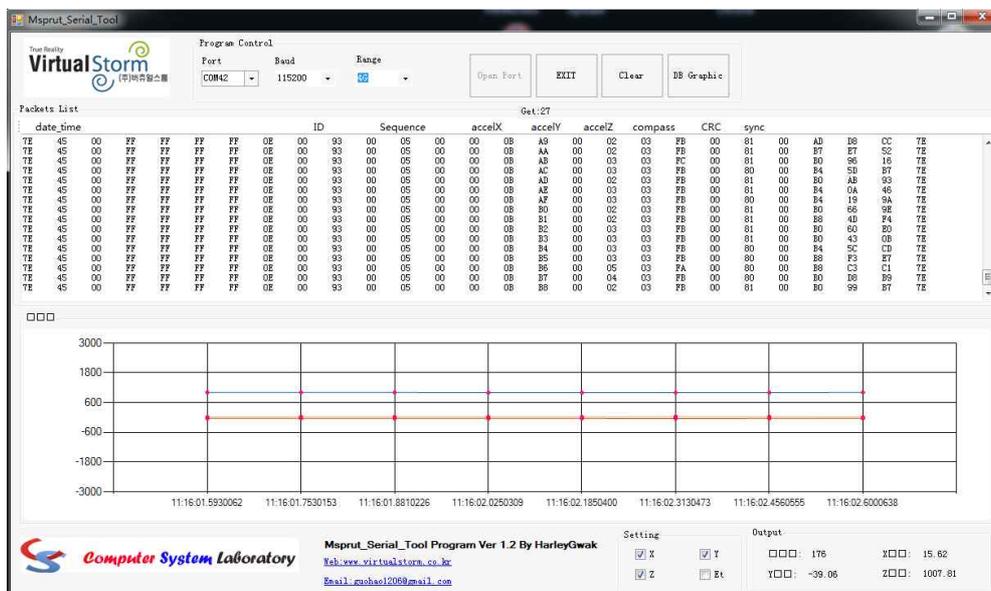
○ 방수가 완벽하게 이루어졌는지 확인 할 수 있도록 테스트 시험지를 함께 넣어서 조립한 후 시험지의 번짐 정도로 방수가 잘 되는지를 확인한다.



○ 센서와 테스트 시험지를 함께 넣은 후 방수처리 후 조립한 사진이다.

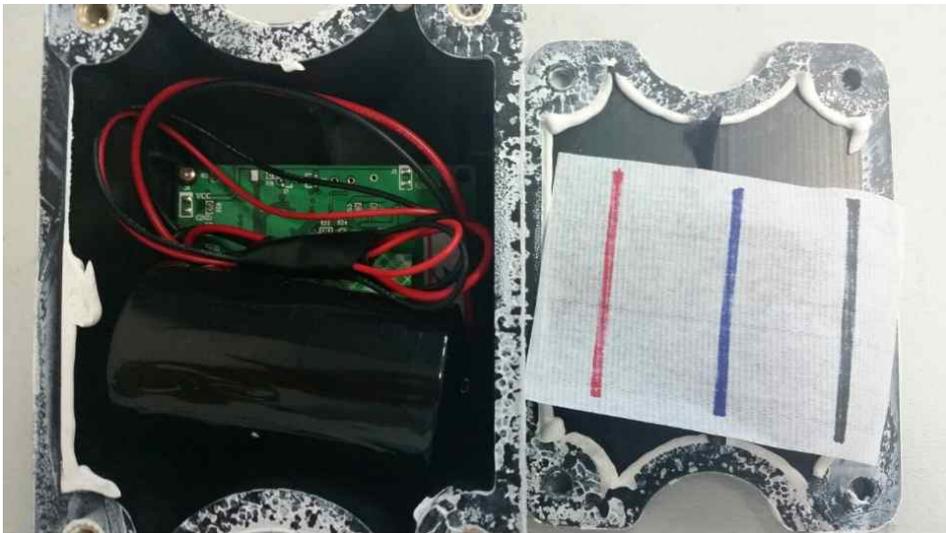


○ 케이스에 공기가 들어있기 때문에 케이스가 물 위에 뜬다. 완벽한 방수 상황을 재현하기 위해서는 물에 완벽히 잠겨야 한다. 위와 같이 케이스 위에 물건을 올려서 완벽히 물에 잠기게 한 후 테스트를 진행한다.

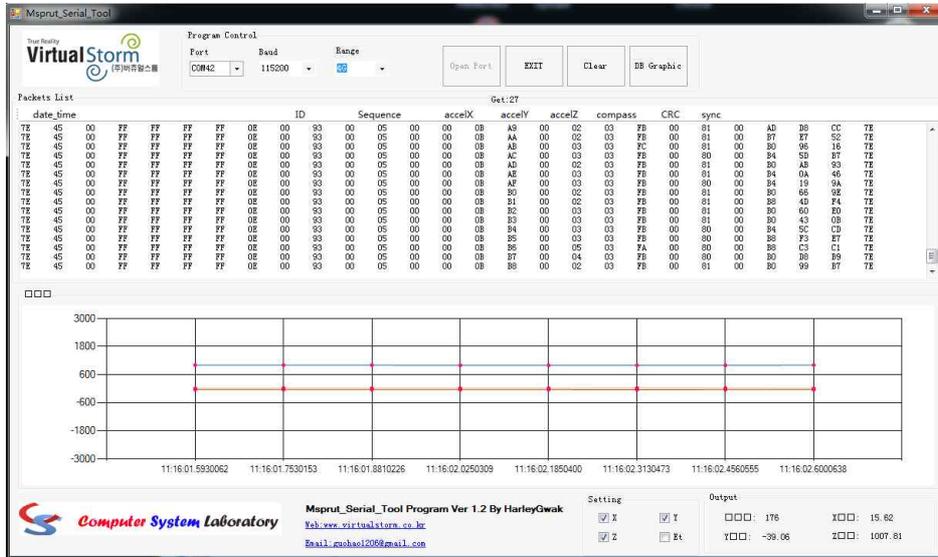


○ 방수 테스트를 위해서 센서가 물에 잠겨있는 상황에서도 통신이 정상적으로 이루어지는 것을 확인할 수 있다.

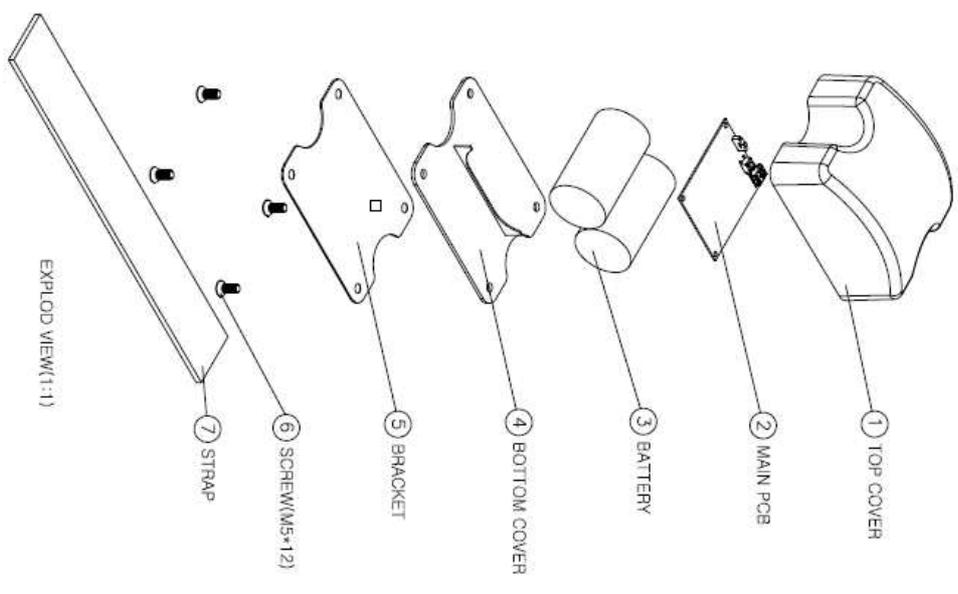
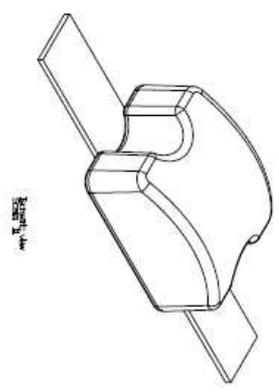
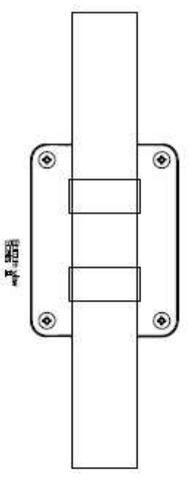
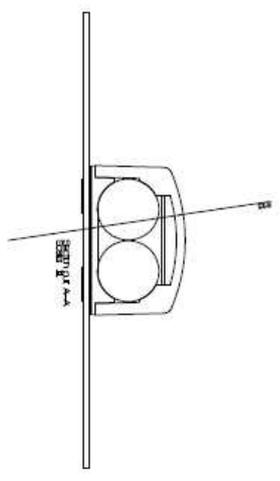
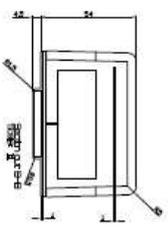
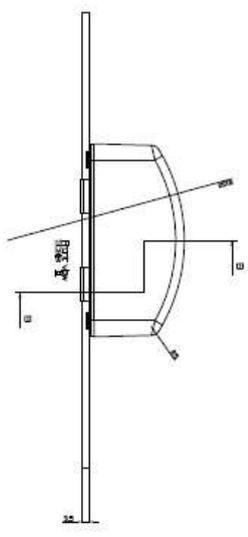
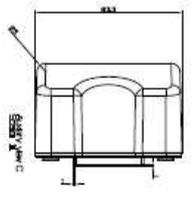
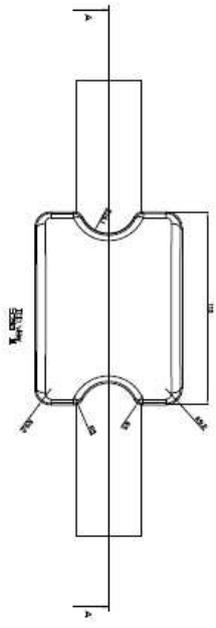
○ 테스트는 일주일간 물에 잠겨있는 상황을 유지한 후 케이스를 열어서 방수 처리가 잘 되었는지 테스트지를 확인하여 판단한다.



- 위 사진들은 방수 테스트 일주일 경과 후 케이스를 열어 확인한 결과 사진이다. 일주일 경과한 후에도 테스트지의 상태가 테스트 진행시 넣을때와 동일한 상태로 물이 전혀 들어가지 않은 것을 확인할 수 있다.
- 이때, 아래 사진과 같이 일주일 경과 후에도 데이터 수신이 정상적으로 작동하고 있음을 확인할 수 있다.



○ 따라서 실리콘을 이용하여 밀폐처리를 하여 센서의 외부 영향이 없는 상태로 데이터를 수집할 수 있음을 검증하였다.



<활동량 분석 및 loss 데이터 보정방법>

1. 센서 데이터의 활동량 계산 방식

x, y, z 축의 가속도 센서값을 이용하여 하나의 대표적인 값(에너지 값)을 계산한다. 계산된 에너지 값을 어떤 시간(사용자 설정시간)동안의 총 합을 구해서 활동량을 계산한다. 이때 사용하는 공식은 다음과 같다.

$$E_t = \sqrt{x_t^2 + y_t^2 + z_t^2}$$

$$\text{활동량} = \sum_0^t E_i$$

2. loss 데이터의 보정방법

- 실시간 데이터 전송 중 일부분만 loss가 발생했을 경우

$$\frac{T_{Ac}}{R_{Ac}} = \frac{T_{No}}{R_{No}}$$

$$\Rightarrow T_{Ac} = \frac{T_{No} * R_{Ac}}{R_{No}}$$

T_{Ac} : 데이터 loss 없이 수집한 데이터 활동량

T_{No} : 데이터 loss 없이 수집한 데이터의 량(개수)

R_{Ac} : 일부분 데이터 loss가 발생한 후 실제 수집한 데이터 활동량

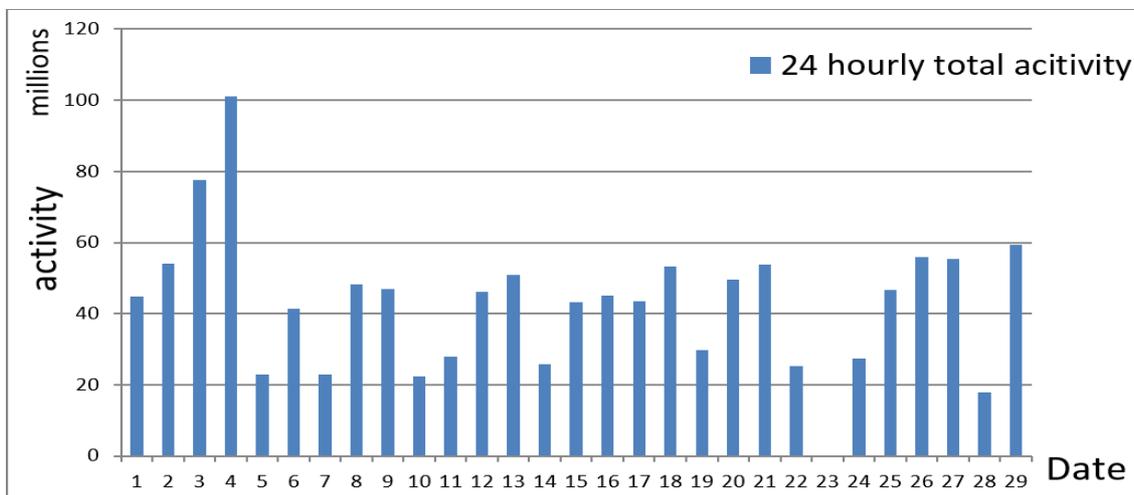
R_{No} : 일부분 데이터 loss가 발생한 후 실제 수집한 데이터의 량(개수)

- 하루 동안의 데이터 loss가 발생했을 경우

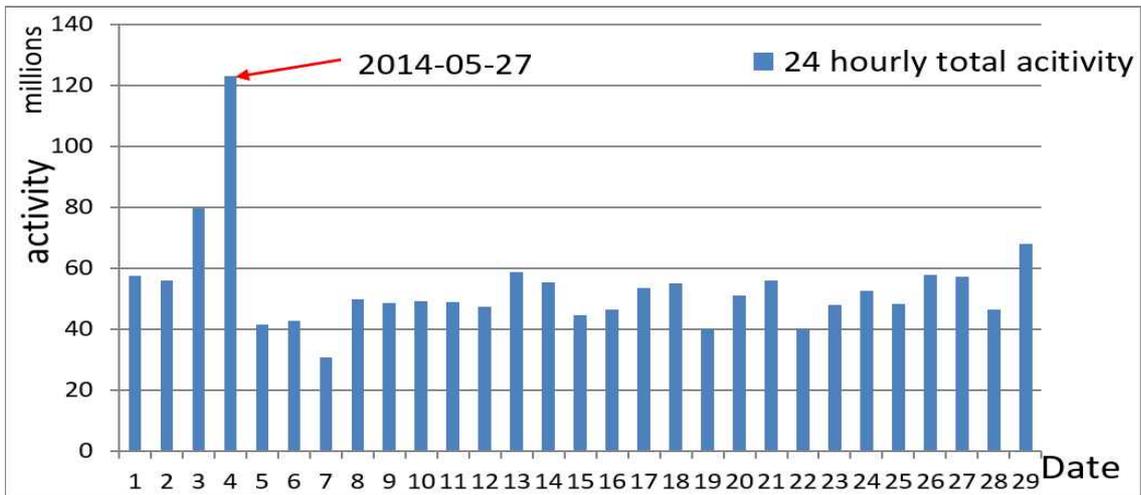
$$T_{Ac_t} = \frac{T_{Ac_{t-1}} + T_{Ac_{t-2}}}{2}$$

즉 이전 2일의 활동량의 평균값으로 보정을 한다.

아래 그래프는 데이터 loss가 발생했을 경우 보정 전/후의 비교 그래프이다.



loss 데이터 보정 전



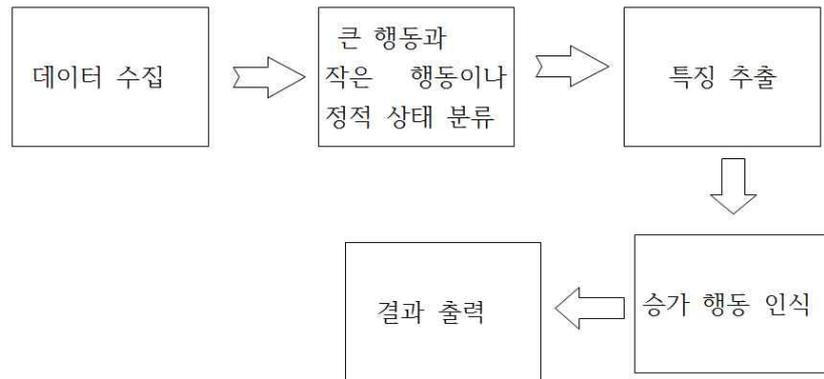
loss 데이터 보정 후

보정 전과 후의 그래프를 비교해 보면 보정 전에는 날짜별로 그래프의 편차가 심한 것을 확인할 수 있고, 보정 후에는 편차가 심하지 않고 비슷비슷하게 보정된 것을 확인할 수 있다. 이러한 활동량 보정 그래프에 따라 발정전기의 시작은 평상시 활동량의 약 2배 이상이 증가한 때부터 그리고 발정기는 평상시 활동량의 약 5배 이상이 증가한 때라고 유추할 수 있다.

<가속도 센서 데이터 이용 승가행동 분석>

승가 행동 분석 과정

다음 그림은 수집된 데이터로부터 소의 승가 행동을 분석하기 위한 과정을 나타내고 있다.



소의 목에 부착한 발정탐지 센서로부터 데이터를 수집하게 된다. 수집된 데이터들 중에서 3축 가속도 센서의 데이터를 이용해서 소의 여러 가지 행동(큰 행동, 작은 행동, 정적상태)을 분류한다. 분류된 행동들 중에서 정적상태와 움직임이 있으나 작은 행동으로 판단되는 데이터를 제외시킨다. 이렇게 추출된 데이터에서 승가 행동에 대한 특징들을 적용해서 승가 행동인지 승가 행동이 아닌지를 판단하고 결과를 출력하게 된다. 최종 출력되는 승가 행동에 대한 데이터는 100% 승가 행동만을 추출할 수 있으면 완벽한 분석 솔루션이 되겠지만, 승가 행동이 아닌 데이터도 포함하게 된다. 따라서 최종 출력되는 승가 행동이라고 인식한 데이터 중에서 실제 승가 행동이 얼마나 포함되어 있는지 대한 정확도가 중요하다.

개체별 활동량이 가장 많은 날짜의 승가 횟수 분석

각 개체별로 센서 데이터의 활동량 그래프에 의해 활동량이 가장 많은 날을 찾는다. 이후 해당 날짜에 대해서 동영상 분석을 통해 승가 횟수를 확인한다. 결과는 다음 표와 같다.

목장 - 모트번호(소 개체) - 날짜	승가 횟수
대립 목장 - 5번 - 5월 10일	40
흑성산 목장 - 5번 - 5월 27일	31
흑성산 목장 - 7번 - 6월 2일	8
흑성산 목장 - 9번 - 5월 24일	6
흑성산 목장 - 10번 - 5월 31일	15
흑성산 목장 - 10번 - 6월 1일	12
흑성산 목장 - 13번 - 5월 28일	28

다음 그림은 각 개체별 활동량이 가장 많은 날의 승가장면을 나타내는 그림이다. 몇몇 샘플만을 나타내었다.



대림 목장 5번 개체 - 5월 10일



흑성산 목장 5번 개체 - 5월 27일



흑성산 목장 7번 개체 - 6월 2일



흑성산 목장 9번 개체 - 5월 24일



흑성산 목장 10번 개체 - 5월 31일



흑성산 목장 10번 개체 - 6월 2일

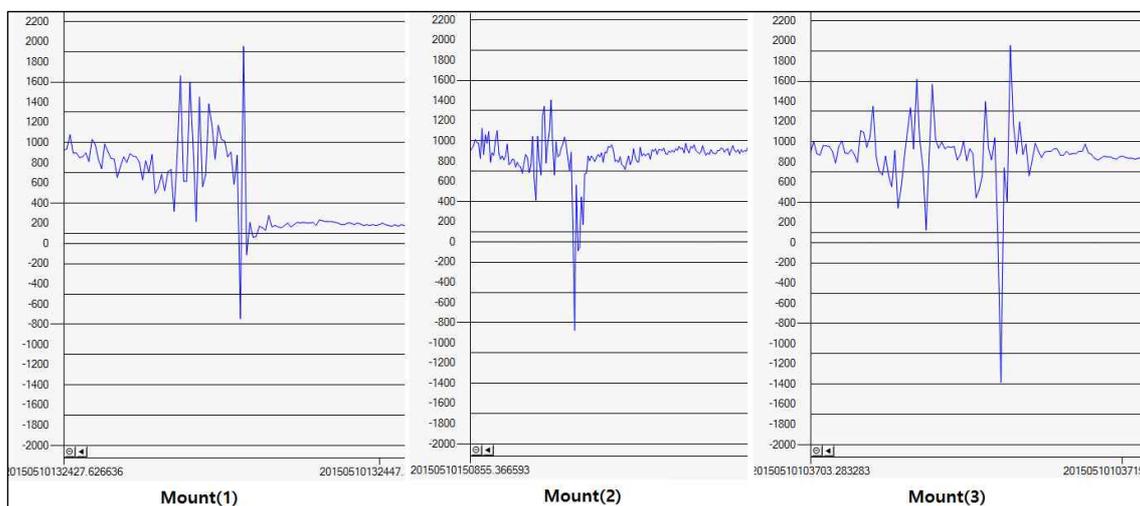


흑성산 목장 13번 개체 - 5월 28일

<행동별 그래프 분석>

동영상 분석 시 소의 큰 행동에 해당하는 승가(mounting), 불안(restlessness), 공격성(aggression)과 같은 대표적인 행동을 찾아서 각각의 동작에 대한 Z축 가속도 변화 그래프를 다음과 같이 구분하였다.

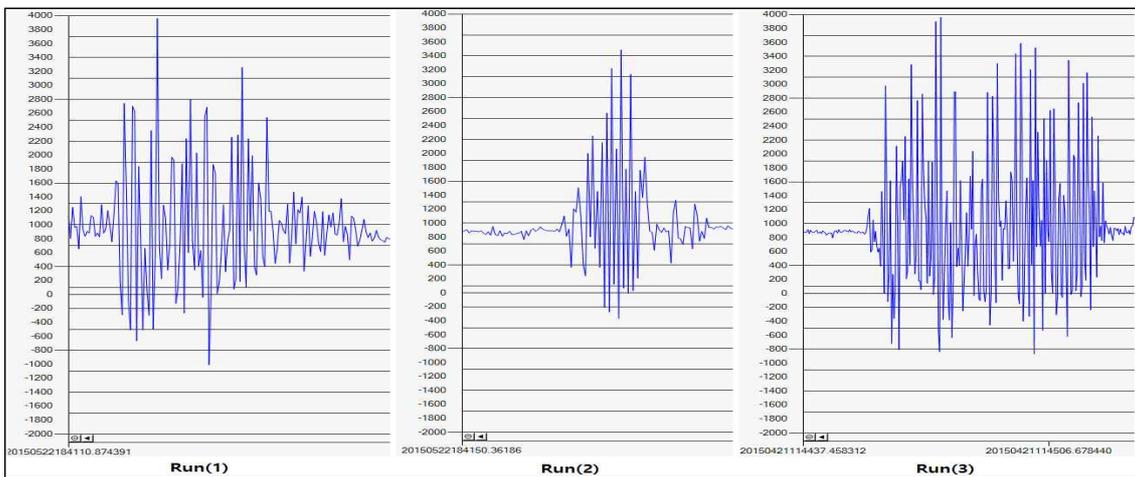
승가 행동



다음 그림은 승가행동에 대한 영상화면이다.



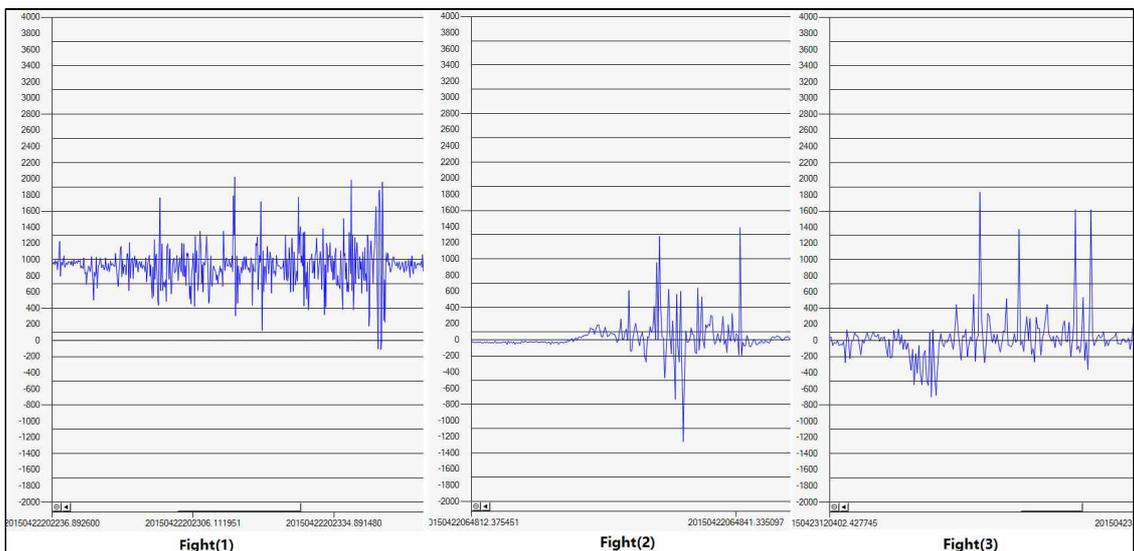
불안(restlessness) 행동



다음 그림은 불안(restlessness) 행동에 대한 영상 화면이다.



공격성(aggression)



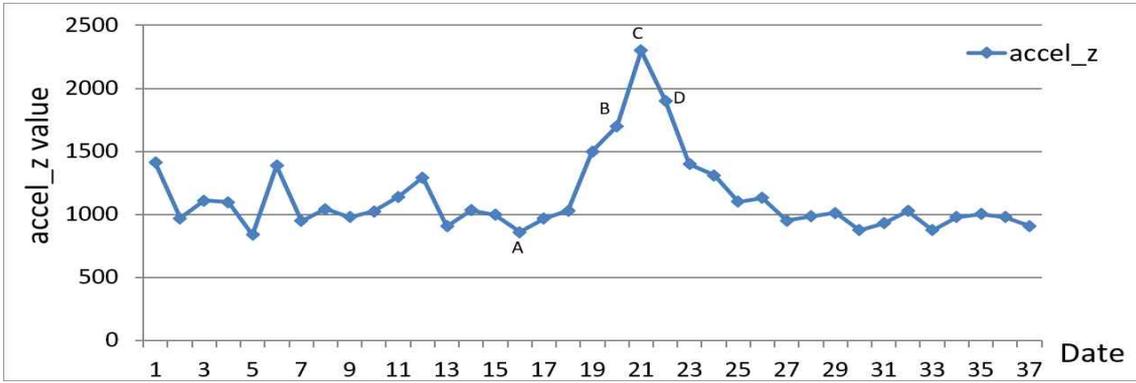
다음 그림은 공격성(aggression)에 대한 영상 화면이다.



대표적인 큰 행동에 대한 그래프를 살펴보면 승가 행동과 공격성의 양상은 두 행동을 구분하기 위한 뚜렷한 특징을 보이지 않는 것을 확인할 수 있다. 공격성의 지속시간이 길 경우에는 길게 유지가 되는 특징이 있기는 하지만 센서 값을 가지고 구분할 수는 없다. 그러나 공격성에 대한 특징은 명확하게 구분을 할 수가 있다. 공격성의 경우 인접한 두 극점의 데이터의 값 차이가 상당히 크게 나타나고, 이러한 큰 차이 값이 수회 반복되어 나타나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 Z축 값을 이용해서 달리는 행동에 대한 패턴들은 여러 가지 큰 행동 패턴에서 제외시킬 수 있다.

인접한 극점 찾는 방법

가속도 센서의 데이터를 이용해서 소의 큰 행동을 인식하기 위해 인접한 두 데이터의 차이 값을 이용한다. 현재 데이터와 바로 이전의 데이터를 이용할 경우 실제로는 큰 행동에 대해 큰 차이 값을 갖지만 가속도 센서의 데이터를 읽어오는 시점에 의해서 차이 값이 작게 나타날 수 있는 상황이 발생할 수 있다. 이는 다음 그림을 통해 설명한다.



예를 들어 위의 그림과 같은 가속도 센서의 Z축 데이터가 발생했다고 가정해보자. A위치에서부터 D의 위치까지를 살펴보면 다음과 같이 설명할 수 있다.

가속도 센서의 특성상 중력 가속도 Z축의 데이터는 센서의 이동이 지표면과 반대로 이동할 경우 값이 커지기 시작한다. 이후 센서의 위치 이동이 멈추면 다시 반대로 값이 작아진 후 980ms의 값을 유지하게 된다.

위의 그림을 설명하면 A지점에서부터 센서의 위치 이동이 지표면과 반대로 이동을 시작한 상태이고 C지점에서 위치이동이 반대로 이동하는 상황 즉 센서의 위치이동이 지표면으로 이동하는 상황에 대한 그림이다.

실제 센서의 이동은 A부터 C까지 한쪽 방향으로 이동을 한 것이고 C부터 D를 거쳐 이동하는 구간이 방향이 바뀐 부분이다. 여기서 문제가 있음을 볼 수 있는데 센서의 Z축 데이터를 읽어 오는 시점이 A와 C 사이에 4번 발생한다. 바로 이전 데이터와 현재 데이터의 차이 값을 계산할 경우 센서의 이동 시작시점과 센서의 이동이 반대로 바뀌는 시점을 정확하게 추출할 수 없게 된다. B지점과 C지점의 차이값은 500정도의 값을 나타내는데, 이는 센서의 이동 중간과 끝 사이의 차이 값을 표현하게 되는 것이다.

소의 큰 행동의 경우 위 그림의 그래프처럼 A지점과 C지점처럼 중간에 데이터를 읽는 횟수가 많지는 않겠지만 발생할 수 있는 문제점을 가지고 있다.

따라서 인접한 두 극점간의 차이 값을 이용해서 소의 큰 행동이 있음을 판단하는 근거로 사용한다.

극점을 찾는 방법은 다음과 같이 찾을 수 있다.

$$\text{극점 C} = \begin{cases} C > B \\ C > D \end{cases}$$

$$\text{극점 A} = \begin{cases} A \text{ 이전값} > A \\ A \text{ 다음값} > A \end{cases}$$

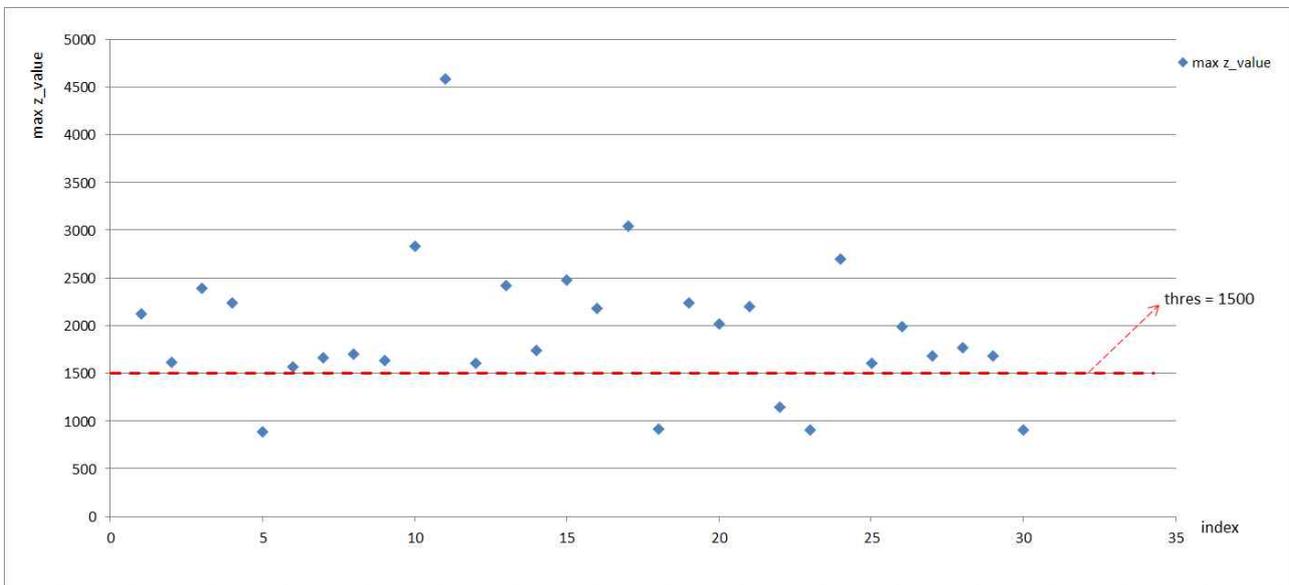
위와 같은 방법으로 A극점과 C극점을 찾은 후 A와 C가 인접한 극점으로 판단을 하고 이 극점간의 차이 값을 가지고 소의 큰 행동에 대한 기초 데이터로 사용한다.

소의 큰 행동을 추출하기 위한 임계값(threshold) 설정

소의 여러 가지 행동들 중에서 승가 행동은 큰 움직임으로 볼 수 있다. 승가 행동 이외에 큰 행동들도 있지만, 모든 큰 행동들을 우선적으로 추출한 후 추출된 행동에서 다시 승가 행동을 분석해야 한다.

소의 모든 큰 행동을 추출하기 위해서 Z축 센서 데이터에 임계값을 설정하여 조건이 만족하는 데이터는 우선 큰 행동으로 간주할 수 있다.

동영상을 통해 승가행동을 파악한 수 30개의 샘플을 추출하여 각각의 샘플에 대해서 최대값을 찾아서 다음 그래프에 표시하였다.



승가 행동에 대한 모든 데이터를 포함할 수 있는 임계값을 설정 할 수 있으면 좋겠지만 데이터를 분석해보면 모든 승가 행동을 포함할 수 있는 임계값을 설정할 경우 정확도가 상당히 떨어지는 문제가 발생을 하였다.

임계값은 위 그림과 같이 1500으로 설정한다. 1500보다 작은 값을 갖는 5개의 승가 행동은 정확도 향상을 위해 승가 행동으로 판단하는 과정에서 제외시킨다.

<승가행동을 분석하기 위한 데이터 windows size 설정>

승가행동을 분석하기 위해서는 센서 데이터의 일정시간 동안의 데이터를 이용해서 분석해야 한다. 따라서 얼마만큼의 시간동안의 데이터를 분석해야 효율적인지를 결정해야 연속된 데이터에서 승가행동을 판단할 수 있다.

아래 표는 windows size를 결정하기 위해 농장의 동영상 데이터를 분석하여 승가 행동의 유지시간을 분석한 결과이다. 2015년 대림목장의 데이터를 분석해서 15개의 승가 행위에 대한 시작시간과 유지시간을 나타낸다.

동작 시간	유지 시간	동작 시간	유지 시간	동작 시간	유지 시간
5.10 09:02:36	4 sec	5.10 9:18:00	3 sec	5.10 10:28:46	2 sec
5.11 02:24:15	7 sec	5.17 20:35:45	5 sec	5.17 20:41:14	14 sec
6.1 07:17:16	9 sec	6.1 07:50:54	12 sec	6.1 07:39:56	6 sec
6.1 02:14:19	8 sec	6.1 09:11:17	6 sec	6.1 09:21:01	16 sec
6.1 10:17:05	10 sec	6.7 03:41:53	11 sec	6.10 20:06:45	15 sec

다음 그림은 승가 행동 유지시간에 대한 시작시간과 끝시간을 화면으로 나타내는 그림이다.

1. 5.10 09:02:36



2. 5.10 09:18:00



3. 5.10 10:28:46



4. 5.11 02:24:15



5. 5.17 20:35:45



6. 5.17 20:41:14



7. 6.1 07:17:16



8. 6.1 07:50:54



9. 6.1 07:39:56



10. 6.1 02:14:19



11. 6.1 09:11:17



12. 6.1 09:21:01



13. 6.1 10:17:05



14. 6.7 03:41:53



15. 6.10 20:06:45



위의 표를 보면 승가 행동의 유지시간이 전부 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 동일개체라도 개체별 성격에 의한 활동량 차이와는 다르게 승가행동의 유지시간은 승가행동시마다 다르다.

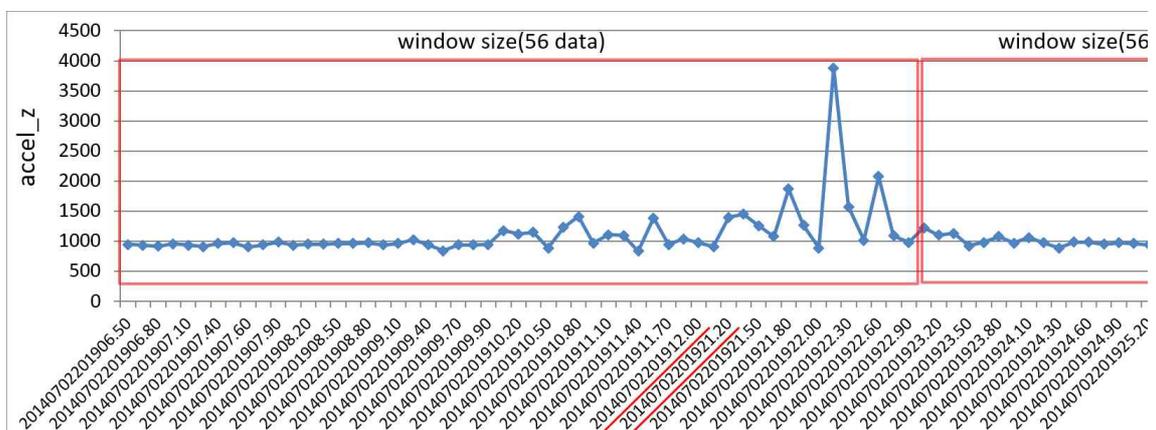
모든 승가행위의 유지시간을 전수조사 할 수는 없었지만, 짧게는 2초에서 길게는 16초까지 유지시간의 변화폭이 크다. 따라서 15개의 데이터에 대한 평균값인 8초를 설정해서 승가 데이터를 분석하는데 이용한다.

실시간으로 데이터 수집 시 초당 7개의 데이터가 수집되므로 windows size 8초에 대한 데이터의 개수는 56개가 된다. 이와 같이 56개의 데이터를 이용해서 승가행동을 판단해 본 결과 문제점이 발생하는 것이 확인되었다.

<문제 파악>

zigbee의 무선 환경에서의 전송도중 노이즈의 원인은 알 수 없으나 데이터 loss가 발생하는 것이 확인되었다. loss 데이터는 초당 1-2개 발생을 할 수도 있고 수초에서 수분까지 불규칙적으로 발생 되었다. 따라서 56개의 데이터 개수를 이용해서 분석할 경우 전혀 다른 시간대의 데이터가 섞이게 되어 분석 결과의 오차를 많이 발생 시키게 된다.

예를 들어 다음과 같은 상황의 문제가 발생할 수 있다.



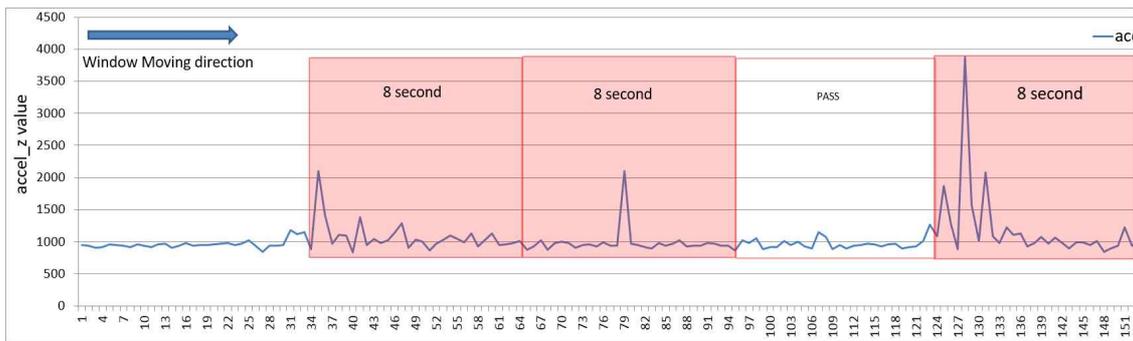
위 그림을 보면 windows size를 56개 데이터를 기준으로 했을 경우 센서 데이터 시작 시간이 20140702-20:19:06초부터 20140702-20:19:22초까지로 설정이 된다. 중간 중간 데이터 loss가 발생이 되어서 56개의 데이터를 기준으로 했을 경우 16초의 데이터를 설정하는 결과가 된다. 위의 결과는 데이터 loss가 초당 몇 개씩 발생을 한 결과이지만 수분동안 loss가 발생할 경우 전혀 다른 시간의 데이터를 가지고 분석하는 결과를 초래하게 된다.

따라서 데이터 loss가 발생을 하더라도 windows size는 시간으로 구분해서 8초의 데이터만을 이용해서 분석을 하도록 설정하였다.

<windows size단위 데이터 탐색 방법>

소의 큰 행동들에 대한 그래프를 분석한 결과 극점간의 차이 값이 1500이상인 데이터가 최소 1번 이상 나타나는 것을 확인하였다. 승가 행동을 판단하기 위해서 위에서 설정한 windows size 8초를 적용하여 8초 구간의 데이터를 이용해서 승가 행동을 판단하게 된다.

수집된 전체 데이터에서 windows size 단위로 이동하면서 판단을 해야 하는데 정확히 8초단위로 이동하면서 분석할 경우 승가 행동에 대한 데이터 구분이 2개 windows size 단위로 잘못 분리 될 수도 있다. 따라서 다음 그림과 같이 극점간의 차이 값이 1500 이상인 데이터가 발생한 시점을 기준으로 8초 구간을 선택해서 분석하는 방법을 사용한다.



기본적인 아이디어는 전체 데이터를 8초 구간으로 나누어서 분석을 진행한다. 8초 구간에서 극점들을 찾은 후 인접한 극점간의 차이 값이 1500 이상인 데이터가 나타나는지를 판단하게 된다. 극점간 차이 값이 1500 이상인 값이 있을 경우 해당 시간부터 다시 8초 구간을 분리해서 승가 행동을 분석한다. 이와 같은 방식으로 데이터 탐색을 진행하는데 8초 구간에서 극점간 차이 값이 1500 이상 되는 것이 한 번도 나타나지 않을 경우 다음 8초 구간을 반복해서 탐색을 진행해 나간다.

<승가 행동에 대한 데이터 특징>

소의 큰 행동들 중에서 불안 행동은 확실한 특징을 갖고 있기 때문에 불안 행동은 쉽게 제외 시킬 수 있다. 불안 행동을 제외한 큰 행동들 중에서 승가 행동을 분석하기 위해서 3축 가속도

센서의 데이터를 이용해 가공할 수 있는 특징들을 평균 편차와 활동량 등 총 18개의 특징들로 분류를 하였다. 분류한 특징들은 다음 표와 같다.

특징 벡터의 라벨	설명
stdev_x	x축의 평균편차
activity_x	x축의 활동량
stdev_y	y축의 평균편차
activity_y	y축의 활동량
stdev_z	z축의 평균편차
activity_z	z축 방향의 활동량
stdev_E	에너지 값의 평균편차
activity_E	에너지 값의 활동량
f_stdev_x	필터링 후 x축의 평균편차
f_activity_x	필터링 후 x축의 활동량
f_stdev_y	필터링 후 y축의 평균편차
f_activity_y	필터링 후 y축의 활동량
f_stdev_z	필터링 후 z축의 평균편차
f_activity_z	필터링 후 z축 방향의 활동량
f_stdev_E	필터링 후 에너지 값의 평균편차
f_activity_E	필터링 후 에너지 값의 활동량
max_z	z축의 최대 값
min_z	z축의 최소 값

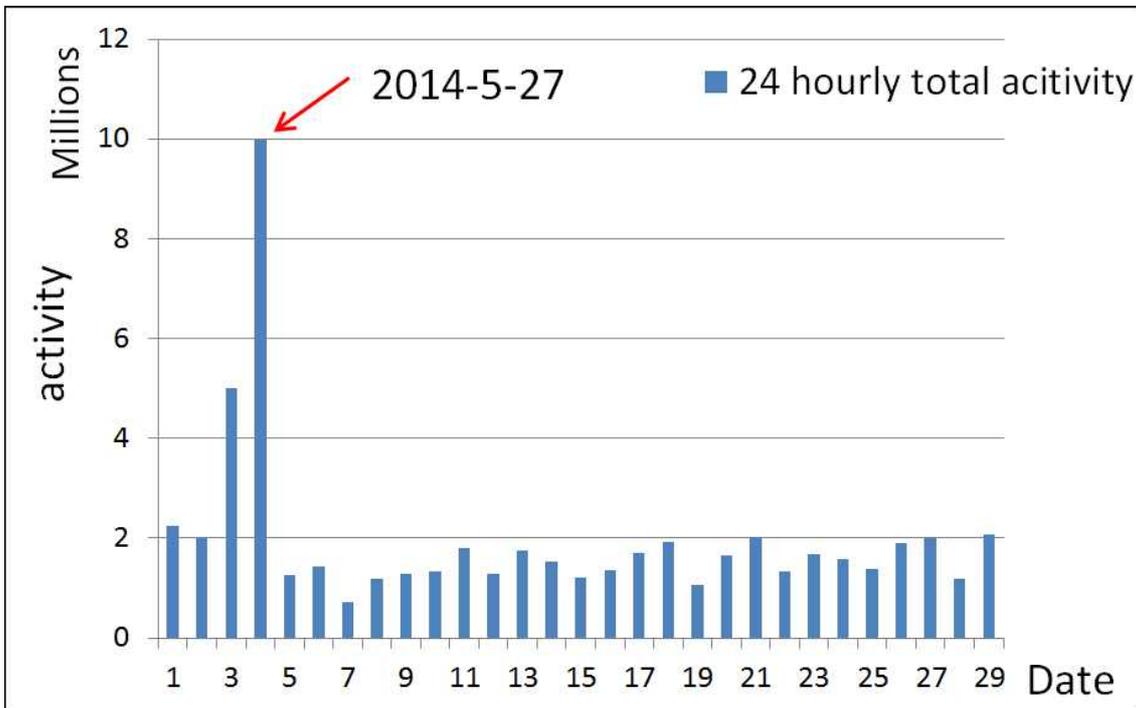
표에서 보는바와 같이 3축에 각각에 대한 평균편차와 활동량, 3축에 대한 에너지 값을 구하고 필터링도 적용하여 특징들을 분류한다. 필터링은 큰 행동만을 판단하기 위해서 인접한 두 점간의 차이 값이 1200보다 작을 경우 정적상태이거나 작은 움직임에 대한 행동으로 간주하여 0으로 처리한 후 평균편차와 활동량을 구하게 된다.

<승가 행동 분석 결과>

승가 행동 분석은 하루 동안의 총 활동량을 기본으로 하여 분석을 한다. 하루 동안의 총 활동량을 계산해서 가장 많은 활동량을 보이는 날짜의 데이터에서 승가 행동에 필요한 조건들을 적용하여 데이터를 추출한 후 추출된 데이터에서 실제 승가 행동에 대한 데이터를 확인하여 정확도가 얼마나 되는지를 확인하였다.

측정 데이터는 흑성산 목장의 5번, 9번, 10번, 13번 개체에 대한 데이터와 대림목장의 5번 개체에 대한 데이터에 대해서 분석을 실시하였다.

흑성산 목장의 5번 개체의 경우 활동량이 가장 많은 날은 2014년 5월 27일로 다음과 같은 결과를 확인하였다.



위의 그림은 후성산 목장의 5번 개체의 하루동안의 총 활동량을 나타내는 그림이다. 데이터 수집 기간은 2014년 5월 24일부터 2014년 6월 21일까지의 데이터이다.

5번 개체의 5월 27일 데이터를 이용하여 승가 행동을 분석하기 위한 18가지의 특성들에 대해 분석하여 각 특성별 임계값을 분석한 결과는 다음 표와 같다.

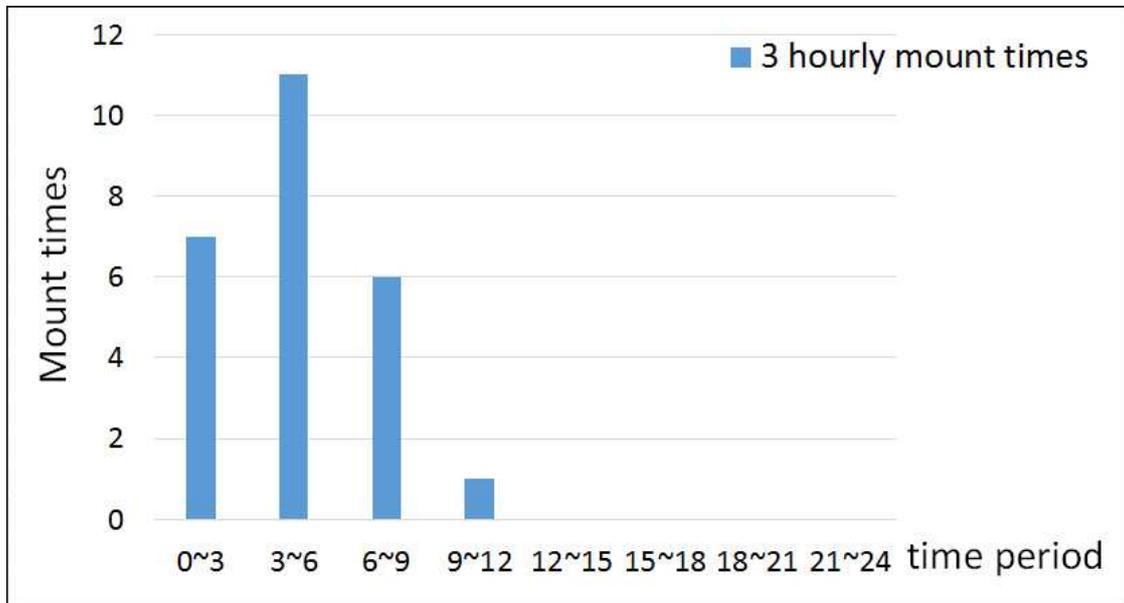
단계	1		2		3		4		5	
모드-날짜	stdev_z		activity_z		stdev_E		activity_E		f_stdev_z	
Min,Max	196	473	47164	58227	249	5 5 2	53266	65297	0	1429

6		7		8		9		10		11	
f_activity_z		f_stdev_E		f_activity_E		max_z		min_z		stdev_x	
1000	12540	0	2182	1110	16106	109	2696	-585	1157	146	574

12		13		14		15		16		17	
stdev_y		activity_x		activity_y		f_stdev_x		f_stdev_y		f_activity_x	
87	612	-9554	24477	-2155 4	20454	0	1943	0	1000	-2695	2407

18	
f_activity_y	
-1218	1704

위에서 분석한 승가 행동에 대한 18가지 특성을 데이터에 적용하여 승가 행동을 분석한 결과 실제 증가한 횟수를 다음 그림을 통해 확인 할 수 있다. 실제 증가한 횟수는 동영상 분석을 통해 확인하였다.



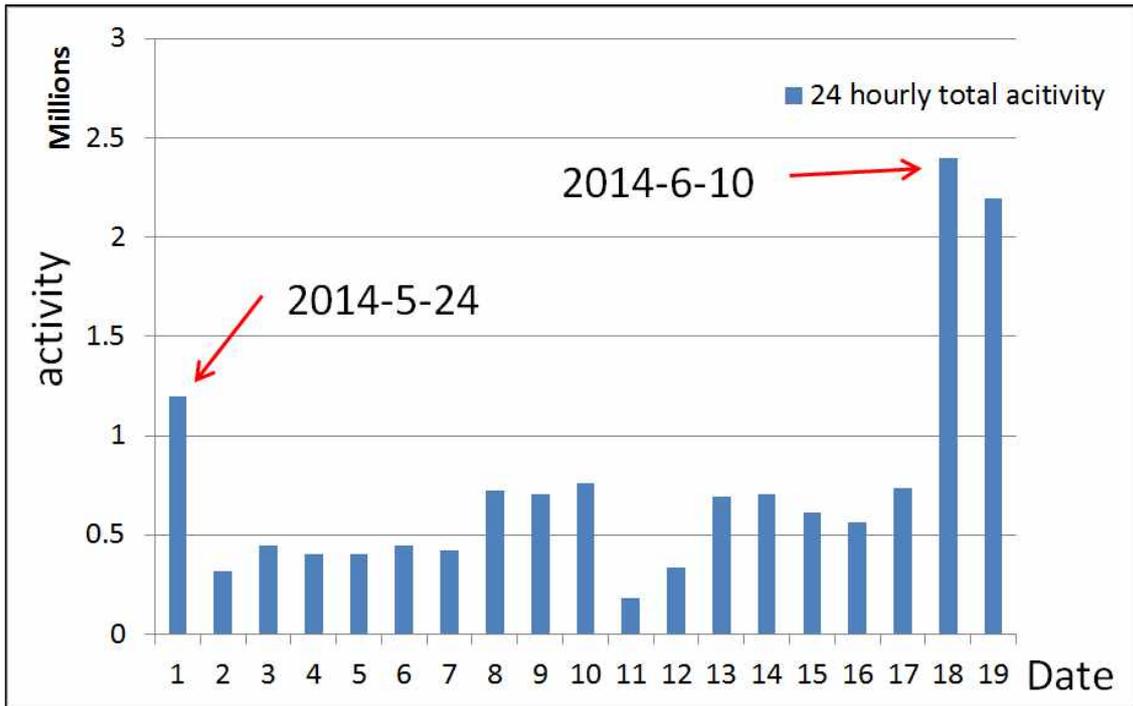
다음 그림은 흑성산 목장 5번 개체의 승가 행동 화면을 나타낸다.



흑성산 목장의 5번 개체의 결과를 살펴보면 다음과 같다. 2014년 5월 27일 가장 활발한 활동량을 보이고 있고, 해당 날짜에 18가지 특성에 대한 임계값을 적용하여 승가를 판단 하면 오전 3시부터 6시 사이에 발정행동이 가장 강하게 나타나고 있다. 수집된 데이터를 18가지 특성에 대한 임계값을 적용했을 때 총 38개의 데이터가 검출되었다. 이 중 실제 승가 행동에 대한 데이터는 25개로 65.79%의 정확도를 얻을 수 있었다. 승가현상은 0시부터 12시 사이에 총 25회 일

어났으며, 이 시간대를 실제 발정기로 볼 수 있고 12시경부터 발정이 종료되었음을 확인할 수 있었다. 5번 개체의 경우 실제로 목장에서 2014년 5월 27일 오후 3시경에 인공수정을 실시하였고, 임신에 성공하였다.

흑성산 목장의 9번 개체의 경우 활동량이 가장 많은 날은 2014년 5월 24일로 다음과 같은 결과를 확인하였다.



위의 그림은 흑성산 목장의 9번 개체의 하루 동안의 총 활동량을 나타내는 그림이다. 데이터 수집 기간은 2014년 5월 24일부터 2014년 6월 11일까지의 데이터이다.

위 그래프에서 6월 10일의 활동량이 크게 나타나는데 이는 5월 24일 이후 다음 발정시기가 도래해서 나타난 활동량이다. 분석은 5월 24일 데이터를 이용해서 분석을 하였다.

9번 개체의 5월 24일 데이터를 이용하여 승가 행동을 분석하기 위한 18가지의 특성들에 대해 분석하여 각 특성별 임계값을 분석한 결과는 다음 표와 같다.

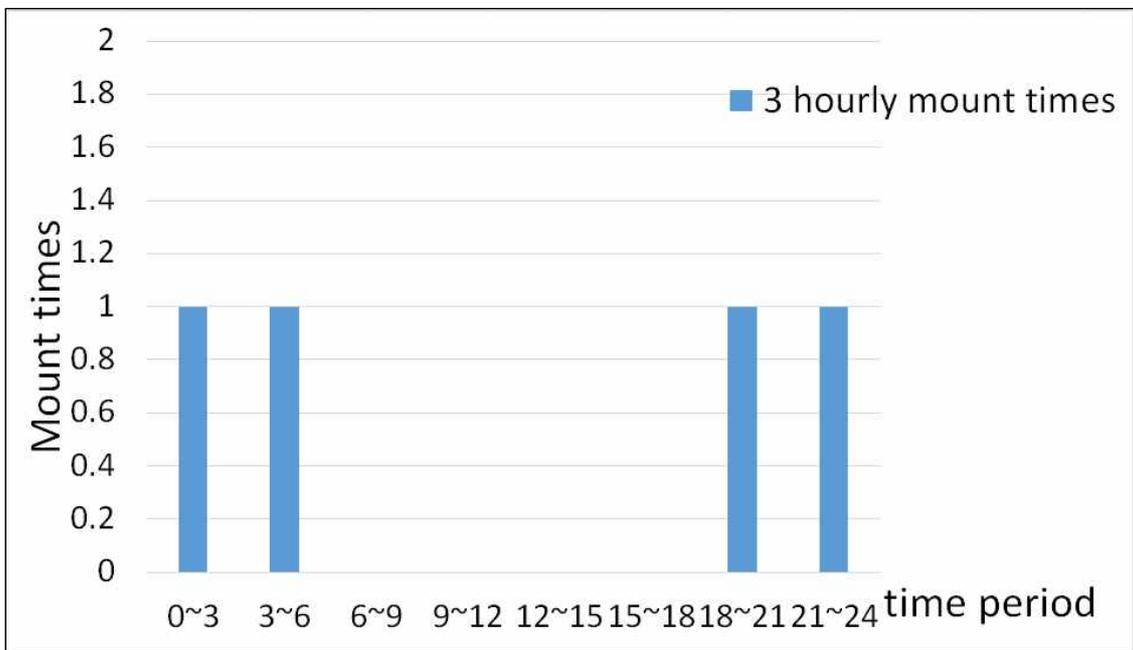
단계	1		2		3		4		5	
모드-날짜	stdev_z		activity_z		stdev_E		activity_E		f_stdev_z	
Min,Max	199	345	45124	53907	226	3 2	49402	60369	502	1055

6		7		8		9		10		11	
f_activity_z		f_stdev_E		f_activity_E		max_z		min_z		stdev_x	
1070	3211	104	1003	2127	3793	179	2219	890	1110	166	308

12		13		14		15		16		17	
stdev_y		activity_x		activity_y		f_stdev_x		f_stdev_y		f_activity_x	
201	417	-2648	8508	1031	22352	79	427	175	636	93	540

18	
f_activity_y	
-867	1454

위에서 분석한 승가 행동에 대한 18가지 특성을 데이터에 적용하여 승가 행동을 분석한 결과 실제 승가한 횟수를 다음 그림을 통해 확인 할 수 있다. 실제 승가한 횟수는 동영상 분석을 통해 확인하였다.



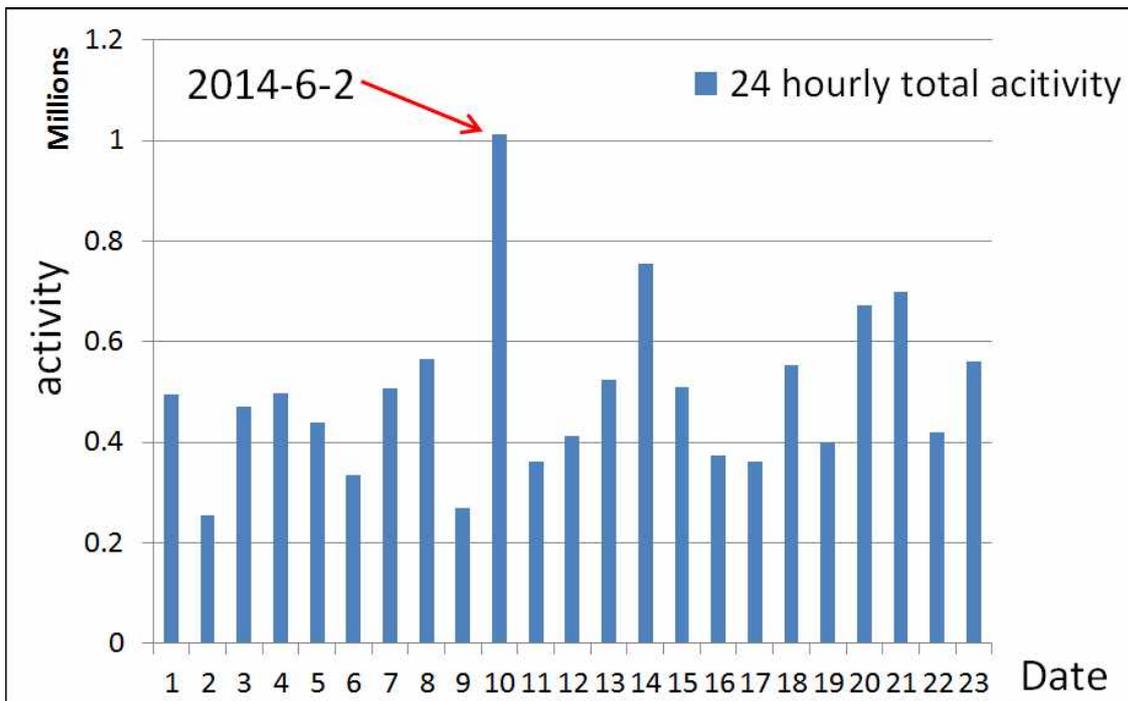
다음 그림은 흑성산 목장 9번 개체의 승가 행동 화면을 나타낸다.





흑성산 목장의 9번 개체의 결과를 살펴보면 다음과 같다. 2014년 5월 24일 가장 활발한 활동량을 보이고 있고, 해당 날짜에 18가지 특성에 대한 임계값을 적용하여 승가를 판단하면 오전 0시부터 6시 사이, 오후 18시부터 24시 사이에 발정행동이 가장 강하게 나타나고 있으며, 발정의 길이가 1일 이상 지속됨을 알 수 있었다. 수집된 데이터를 18가지 특성에 대한 임계값을 적용했을 때 총 4개의 데이터가 검출되었다. 이 중 승가 행동이 아닌 데이터는 검출되지 않았다. 따라서 100%의 정확도를 얻을 수 있었다. 9번 개체의 경우 2014년 5월 24일에 관리자가 발정 여부를 발견하지 못하고 지나간 후 2014년 8월 13일에 인공수정을 실시하였다. 인공 수정한 날짜를 소의 평균 발정주기로 역추적 해 보면 평균 20.25일로 2014년 5월 24일에 발정이 왔던 것을 확인 할 수 있다.

흑성산 목장의 10번 개체의 경우 활동량이 가장 많은 날은 2014년 6월 2일로 다음과 같은 결과를 확인하였다.



위의 그림은 흑성산 목장의 10번 개체의 하루 동안의 총 활동량을 나타내는 그림이다. 데이터 수집 기간은 2014년 5월 24일부터 2014년 6월 15일까지의 데이터이다.

10번 개체의 6월 2일 데이터를 이용하여 승가 행동을 분석하기 위한 18가지의 특성들에 대해 분석하여 각 특성별 임계값을 분석한 결과는 다음 표와 같다.

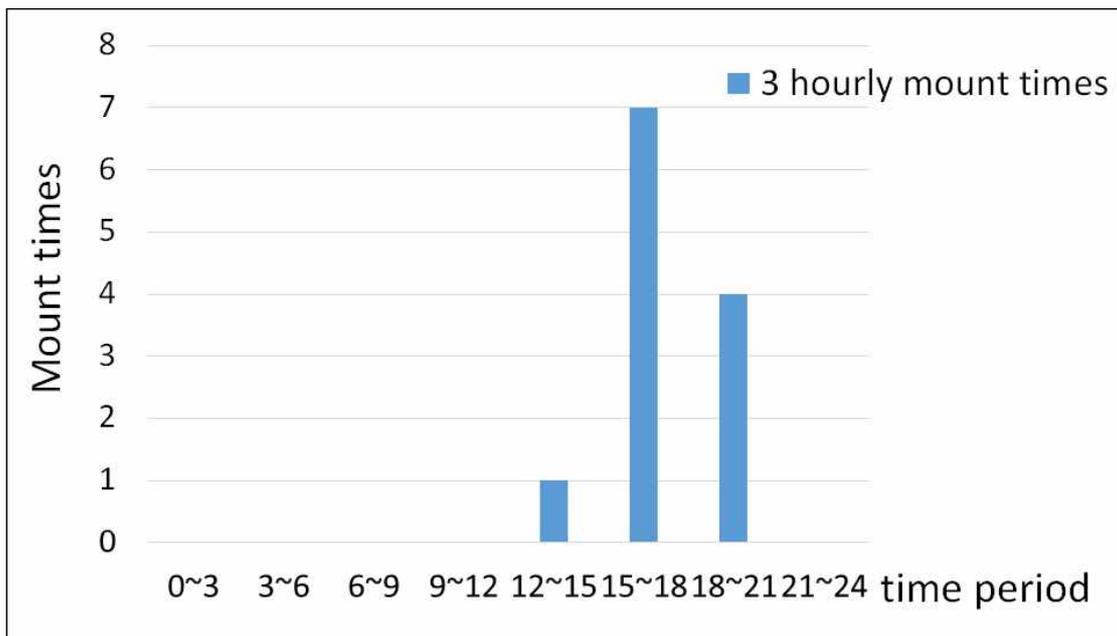
단계	1		2		3		4		5	
모드-날짜	stdev_z		activity_z		stdev_E		activity_E		f_stdev_z	
Min,Max	183	385	42031	53086	172	442	50927	57569	403	1346

6		7		8		9		10		11	
f_activity_z		f_stdev_E		f_activity_E		max_z		min_z		stdev_x	
773	8071	161	1990	1875	10688	117	2383	-273	954	84	399

12		13		14		15		16		17	
stdev_y		activity_x		activity_y		f_stdev_x		f_stdev_y		f_activity_x	
60	285	-19703	17211	-13734	23547	78	1709	88	837	-3179	735

18	
f_activity_y	
-1867	2149

위에서 분석한 승가 행동에 대한 18가지 특성을 데이터에 적용하여 승가 행동을 분석한 결과 실제 승가한 횟수를 다음 그림을 통해 확인 할 수 있다. 실제 승가한 횟수는 동영상 분석을 통해 확인하였다.

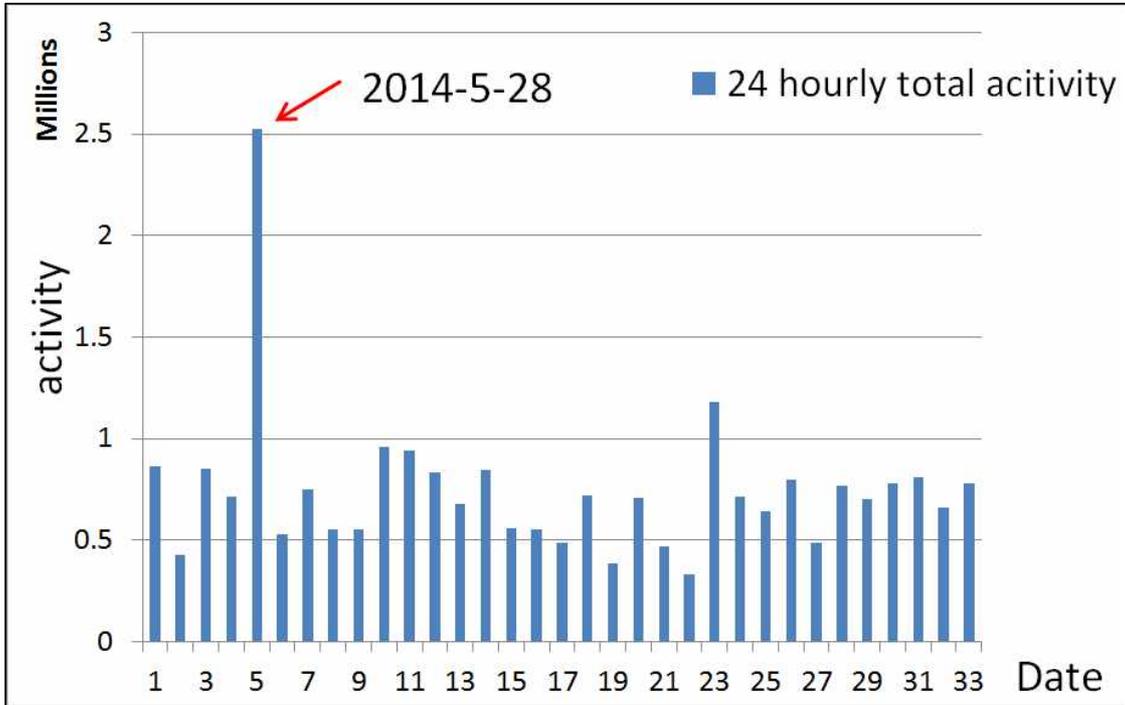


다음 그림은 흑성산 목장 10번 개체의 승가 행동 화면을 나타낸다.



흑성산 목장의 10번 개체의 결과를 살펴보면 다음과 같다. 2014년 6월 2일 가장 활발한 활동량을 보이고 있고, 해당 날짜에 18가지 특성에 대한 임계값을 적용하여 승가를 판단하면 오후 15시부터 18시 사이에 발정행동이 가장 강하게 나타나고 있다. 수집된 데이터를 18가지 특성에 대한 임계값을 적용했을 때 총 12개의 데이터가 검출되었다. 이 중 승가 행동이 아닌 데이터는 검출되지 않았다. 따라서 100%의 정확도를 얻을 수 있었다. 10번 개체도 9번 개체와 마찬가지로 2014년 6월 2일에 관리자가 발정여부를 발견하지 못하고 지나간 후 2014년 6월 23일에 인공수정을 실시하였다. 소의 평균 발정 주기인 18-24일을 역추적해보면 2014년 6월 2일에 발정이 왔던 것을 확인할 수 있다.

흑성산 목장의 13번 개체의 경우 활동량이 가장 많은 날은 2014년 5월 28일로 다음과 같은 결과를 확인하였다.



위의 그림은 흑성산 목장의 13번 개체의 하루동안의 총 활동량을 나타내는 그림이다. 데이터 수집 기간은 2014년 5월 24일부터 2014년 6월 25일까지의 데이터이다. 이 데이터로 미루어보아 발정기의 하루 총 활동량은 평소의 3배~5배 이상 증가했음을 알 수 있었다. 13번 개체의 5월 28일 데이터를 이용하여 증가 행동을 분석하기 위한 18가지의 특성들에 대해 분석하여 각 특성별 임계값을 분석한 결과는 다음 표와 같다.

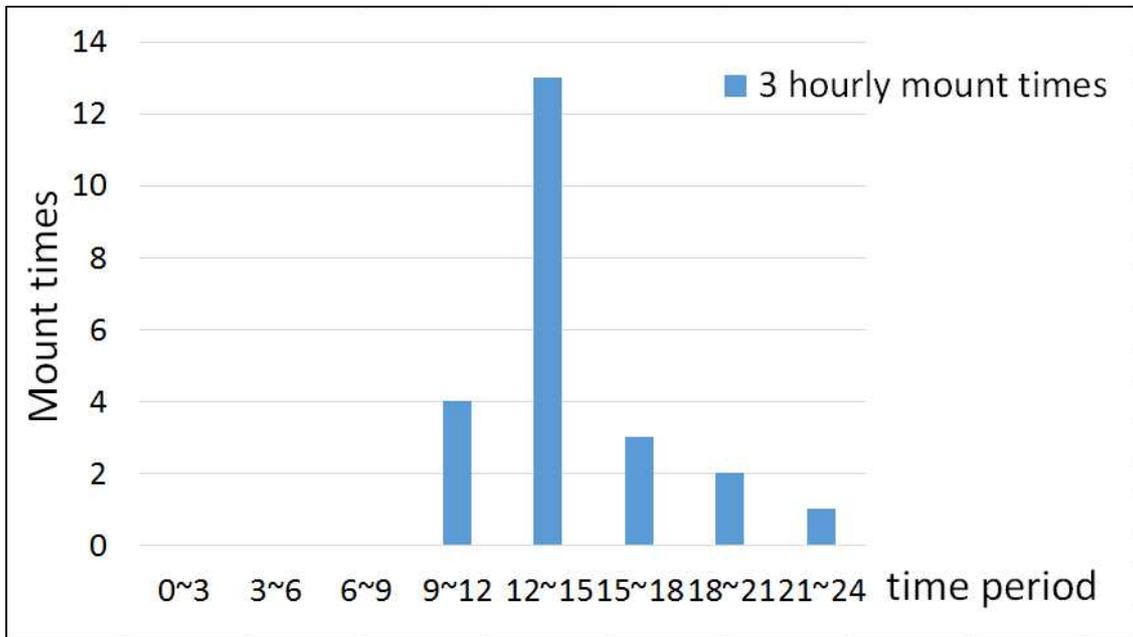
단계	1		2		3		4		5	
모드-날짜	stdev_z		activity_z		stdev_E		activity_E		f_stdev_z	
Min,Max	238	623	28703	50219	245	748	45068	64441	0	2209

6		7		8		9		10		11	
f_activity_z		f_stdev_E		f_activity_E		max_z		min_z		stdev_x	
-1187	9282	0	2509	1644	12574	218	2688	-2937	985	244	580

12		13		14		15		16		17	
stdev_y		activity_x		activity_y		f_stdev_x		f_stdev_y		f_activity_x	
150	8002	-30765	10094	9546	32297	0	1780	0	3615	-4062	1469

18	
f_activity_y	
-1546	3579

위에서 분석한 증가 행동에 대한 18가지 특성을 데이터에 적용하여 증가 행동을 분석한 결과 실제 증가한 횟수를 다음 그림을 통해 확인 할 수 있다. 실제 증가한 횟수는 동영상 분석을 통해 확인하였다.



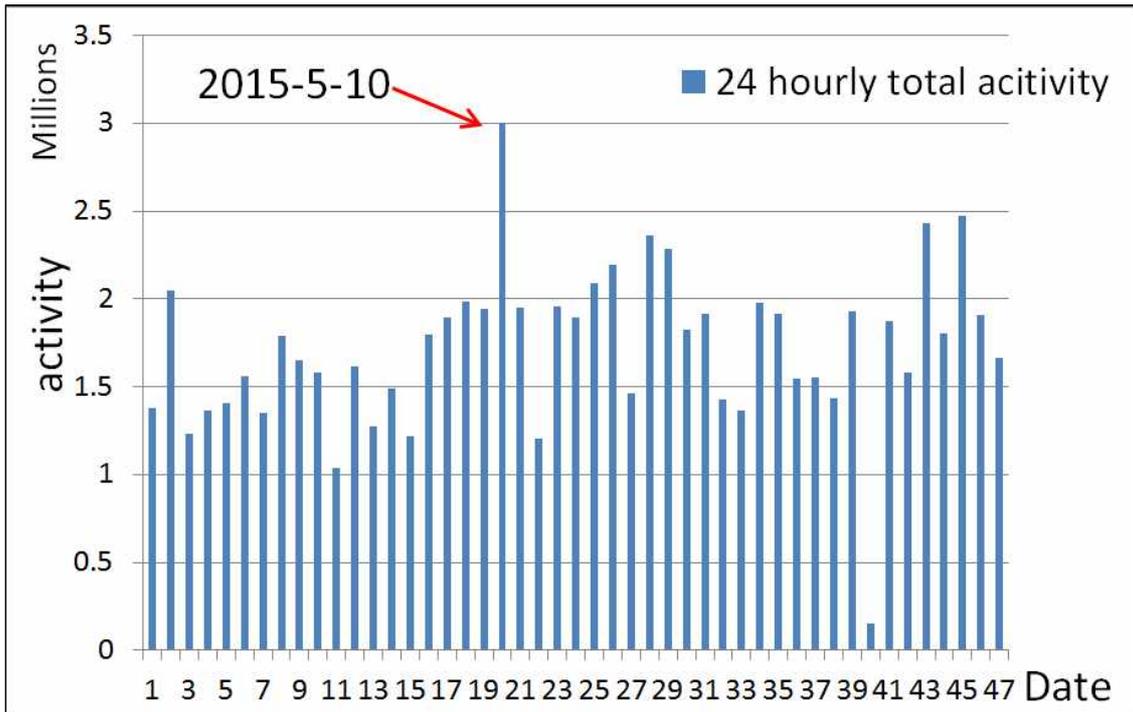
다음 그림은 흑성산 목장 13번 개체의 승가 행동 화면을 나타낸다.



흑성산 목장의 13번 개체의 결과를 살펴보면 다음과 같다. 2014년 5월 28일 가장 활발한 활동량을 보이고 있고, 해당 날짜에 18가지 특성에 대한 임계값을 적용하여 승가를 판단하면 오후 12시부터 15시 사이에 발정행동이 가장 강하게 나타나고 있다. 수집된 데이터를 18가지 특성에 대한 임계값을 적용했을 때 총 30개의 데이터가 검출되었다. 이 중 실제 승가 행동에 대한 데이터는 23개로 76.76%의 정확도를 얻을 수 있었다. 이 결과로 보아 이 소의 발정기는 뚜렷한

승가현상이 총 23회 확인된 5월 28일 9시부터 24시까지로 볼 수 있으며, 수정적기는 28일 저녁 (18시~24)이라고 판단할 수 있다. 13번 개체의 경우 실제로 목장에서 2014년 5월 28일 20시 경에 인공수정을 실시하였고, 임신에 성공하였다.

마지막으로 대림 목장의 5번 개체의 경우 활동량이 가장 많은 날은 2015년 5월 10일로 다음과 같은 결과를 확인하였다.



위의 그림은 대림 목장의 5번 개체의 하루 동안의 총 활동량을 나타내는 그림이다. 데이터 수집 기간은 2015년 4월 21일부터 2015년 6월 6일까지의 데이터이다.

5번 개체의 활동량이 평상시보다 2배 이상 증가된 5월 10일 데이터를 이용하여 승가 행동을 분석하기 위한 18가지의 특성들에 대해 분석하여 각 특성별 임계값을 분석한 결과는 다음 표와 같다.

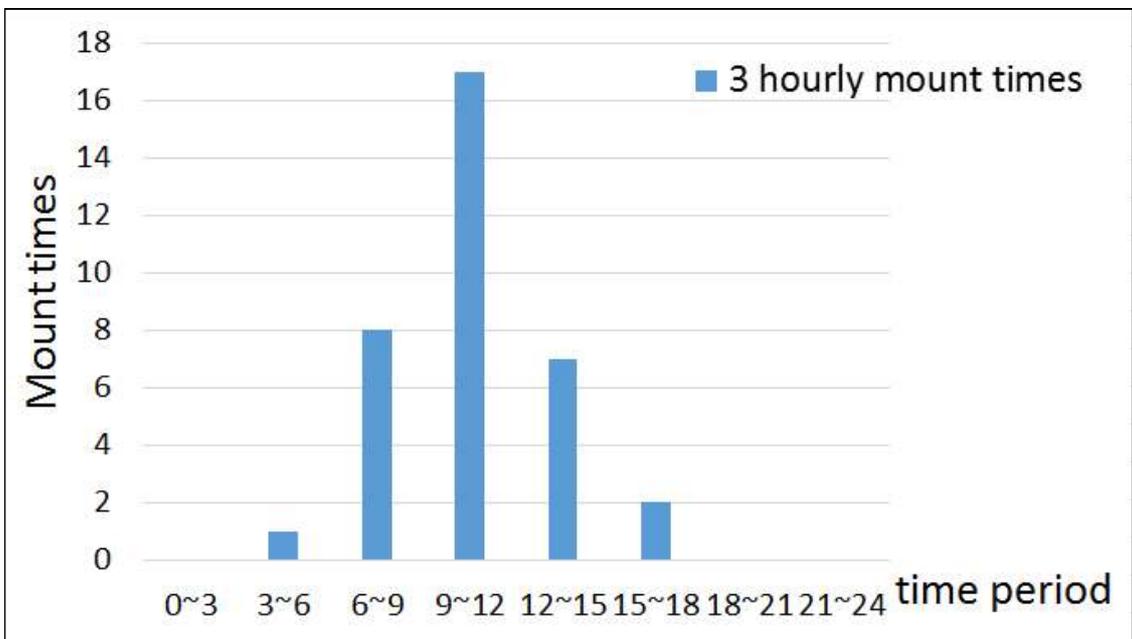
단계	1		2		3		4		5	
속성 특징	stdev_z		activity_z		stdev_E		activity_E		f_stdev_z	
Min,Max	24 7	579	-58117	-7000	127	50 0	31763	63144	66	1809

6		7		8		9		10		11	
f_activity_z		f_stdev_E		f_activity_E		max_z		min_z		stdev_x	
-4242	844	198	1264	1395	8207	-1085	2368	-2234	-102	163	555

12		13		14		15		16		17	
stdev_y		activity_x		activity_y		f_stdev_x		f_stdev_y		f_activity_x	
101	390	-43007	42563	-2793 7	571	23	1799	59	1087	-2632	3821

18	
f_activity_y	
-2906	1313

위에서 분석한 승가 행동에 대한 18가지 특성을 데이터에 적용하여 승가 행동을 분석한 결과 실제 승가한 횟수를 다음 그림을 통해 확인 할 수 있다. 실제 승가한 횟수는 동영상 분석을 통해 확인하였다.



다음 그림은 대림 목장 5번 개체의 승가 행동 화면을 나타낸다.





대림 목장의 5번 개체의 결과를 살펴보면 다음과 같다. 2015년 5월 10일 가장 활발한 활동량을 보이고 있고, 해당 날짜에 18가지 특성에 대한 임계값을 적용하여 승가를 판단 하면 오전 9시부터 12시 사이에 발정행동이 가장 강하게 나타나고 있다. 수집된 데이터를 18가지 특성에 대한 임계값을 적용했을 때 총 42개의 데이터가 검출되었다. 이 중 실제 승가 행동에 대한 데이터는 35개로 83.33%의 정확도를 얻을 수 있었다. 5번 개체의 경우 2015년 5월 10일에 관리자가 발정여부를 발견하지 못하고 지나간 후 2015년 5월 28일에 관리자가 확실한 발정여부를 확인하였고, 수정란을 이식하기 위해 1주일 후에 인공수정이 아닌 수정란을 이식하였다. 일반적인 소의 발정주기가 18~24일임을 적용해 보면 2015년 5월 10일에 발정이 왔었음을 본 실험을 통해 확인할 수 있었다.

승가허용 분석

소의 승가 행동 시 승가 대상이 되는 소가 승가 한 소의 행동을 일정시간 허용을 할 경우 승가를 허용했다고 판단한다. 이는 일반적으로 승가 행동 시 승가 대상이 되는 소는 곧바로 승가한 소를 피해 달아난다. 그러나 발정이 도래한 소는 자신도 발정이 온 상태이기 때문에 수정을 위해서 승가 행동을 허용한다. 그래야만 수정을 위한 행동을 할 수 있다. 승가허용은 발정의 가장 확실한 증상이다.

발정탐지 센서를 이용해서 이러한 승가허용을 분석할 수 있어야 된다. 발정탐지 센서에 가속도 센서를 이용하여 승가한 개체를 확인하고, 승가 허용은 지자기센서(나침반센서)를 이용하여 승가 허용 소를 판단한다.

정상적인 승가 시 뒤에서 올라타기 때문에 승가 대상이 되는 소와 승가 하는 소가 바라보는 방향이 동일한 방향을 바라보게 된다. 물론 정상적인 승가가 아닐 경우 옆에서 승가하는 경우도 있고 앞에서 승가 하는 경우도 있다.

승가 시 지자기 센서의 값이 동일한 방향을 나타내고 있는지를 동영상과 지자기센서의 데이터를 분석해서 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

다음 그림과 표는 흑성산 목장 7번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	compass value
---------	---------------

7번	90
5번	270
6번	90
8번	90
9번	271
10번	270



위 표와 그림은 7번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 7번 개체와 승가 대상이 되는 6번 개체 이 두 개체와 같은 방향으로 누워있는 8번 개체의 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인 하였다. 동영상 데이터는 2014년 6월 2일 16:22:53초의 데이터를 통해 확인하였다.

다음 그림과 표는 흑성산 목장 9번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	compass value
9번	270
5번	270
6번	89
7번	90
8번	270
10번	90



위 표와 그림은 9번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 9번 개체와 승가 대상이 되는 5번 개체 이 두 개체와 같은 방향으로 서있는 8번 개체의 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인 하였다. 동영상 데이터는 2014년 6월 2일 14:18:16초의 데이터를 통해 확인하였다.

다음 그림과 표는 위와 마찬가지로 흑성산 목장 9번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	Compass Value
9번	90
5번	90
6번	270
7번	90
8번	270



위 표와 그림은 9번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 9번 개체와 승가 대상이 되는 5번 개체 이 두 개체와 같은 방향으로 서있는 7번, 10번 개체의 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인 하였다. 동영상 데이터는 2014년 6월 2일 18:33:24초의 데이터를 통해 확인하였다.

다음 그림과 표는 흑성산 목장 13번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	Compass Value
13번	98
11번	90
12번	270
14번	270



위 표와 그림은 13번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 13번 개체와 승가 대상이 되는 11번 개체가 같은 방향으로 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인 하였다. 지자기 센서값이 8도정도 틀리게 나오는데 이는 대상이 되는 소의 목이 살짝만 틀어져도 약간의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 오차범위 안에 해당하기 때문에 동일한 방향을 보고 있다고 판단할 수 있다. 동영상 데이터는 2014년 5월 28일 12:05:49초의 데이터를 통해 확인하였다.

다음 그림과 표는 대림 목장의 14번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	Compass Value
14번(승가 소)	171
5번(승가 허용 소)	174
1번	90
3번	269
8번	270

9번	90
10번	270
12번	90



위 표와 그림은 14번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 14번 개체와 승가 대상이 되는 5번 개체가 같은 방향으로 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인하였다. 지자기 센서값이 3도정도 틀리게 나오는데 이는 대상이 되는 소의 목이 살짝만 틀어져도 약간의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 오차범위 안에 해당하기 때문에 동일한 방향을 보고 있다고 판단할 수 있다. 동영상 데이터는 2015년 4월 22일 01:20:15초의 데이터를 통해 확인하였다.

다음 그림과 표는 위와 마찬가지로 대림 목장의 14번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	Compass Value
14번	61
5번	56
1번	90
3번	데이터 없음
8번	270
9번	91
10번	270
12번	89
14번	270



위 표와 그림은 14번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 14번 개체와 승가 대상이 되는 5번 개체가 같은 방향으로 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인하였다. 지자기 센서값이 5도정도 틀리게 나오는데 이는 대상이 되는 소의 목이 살짝만 틀어져도 약간의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 오차범위 안에 해당하기 때문에 동일한 방향을 보고 있다고 판단할 수 있다. 동영상 데이터는 2015년 4월 22일 01:49:34초의 데이터를 통해 확인하였다.

다음 그림과 표는 계속해서 대림 목장의 14번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	Compass Value
14번(승가 소)	270
5번(승가 허용 소)	271
1번	90
3번	270
8번	270
9번	90
10번	270
12번	270



위 표와 그림은 14번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 14번 개체와 승가 대상이 되는 5번 개체가 같은 방향으로 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인하였다. 지자기 센서값이 1도정도 틀리게 나오는데 이는 대상이 되는 소의 목이 살짝만 틀어져도 약간의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 오차범위 안에 해당하기 때문에 동일한 방향을 보고 있다고 판단할 수 있다. 동영상 데이터는 2015년 4월 22일 02:36:53초의 데이터를 통해 확인하였다.

다음 그림과 표는 계속해서 대림 목장의 14번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	Compass Value
14번	181
5번	185
1번	91
3번	259
8번	271
9번	90
10번	데이터 없음
12번	88



위 표와 그림은 14번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 14번 개체와 승가 대상이 되는 5번 개체가 같은 방향으로 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인하였다. 지자기 센서값이 4도정도 틀리게 나오는데 이는 대상이 되는 소의 목이 살짝만 틀어져도 약간의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 오차범위 안에 해당하기 때문에 동일한 방향을 보고 있다고 판단할 수 있다. 동영상 데이터는 2015년 4월 22일 03:39:34초의 데이터를 통해 확인하였다.

다음 그림과 표는 대림 목장의 12번 개체의 승가 시 동영상 화면과 지자기 센서의 값을 나타낸다.

Mote ID	Compass Value
12번	91
5번	88
1번	데이터 없음
3번	데이터 없음
8번	90
9번	데이터 없음
10번	90
14번	데이터 없음



위 표와 그림은 12번 개체의 승가 행동시 지자기 센서의 값을 나타내는데 승가 행동을 한 12번 개체와 승가 대상이 되는 5번 개체가 같은 방향으로 지자기 센서의 값이 동일한 것을 확인하였다. 지자기 센서값이 3도정도 틀리게 나오는데 이는 대상이 되는 소의 목이 살짝만 틀어져도 약간의 오차가 발생할 수 있다. 따라서 오차범위 안에 해당하기 때문에 동일한 방향을 보고 있다고 판단할 수 있다. 동영상 데이터는 2015년 5월 17일 20:41:16초의 데이터를 통해 확인하였다.

승가 허용 개체를 찾기 위해서 승가 행동이 발생했을 때 승가한 소와 승가 대상이 되는 소의 지자기 센서의 값이 동일한 방향을 보고 있는 것으로 승가 허용 소를 판단할 수 있는데, 이때 지자기 센서의 값이 동일한 것들이 여러 개 나올 수 있다. 승가를 허용했다는 것은 해당 소 또한 발정 시기가 도래했다는 것을 의미하기 때문에 활동량이 평소보다 증가 했을 것이다. 따라서 동일한 방향을 보이는 여러 소들에 대해서 평소보다 활동량이 많이 증가 한 소를 승가 허용한 소로 판단을 할 수 있다.

개발된 소 발정탐지 스마트센서의 상기 현장적용시험을 통해 활동량이 평상시의 약 5배 이상으로 증가, 가속도센서에 의해 10회 이상의 승가현상 관찰 및 급격한 행동(불안, 공격성 등) 포착, 승가허용시간 8초 이상 유지 등이 단독 또는 복합적으로 확인되었을 경우 발정기로 확정할 수 있다. 또한 활동량 및 가속도 센서의 변화가 급작스럽게 줄어든 시점을 발정종료기로 보고 바로 이 시점이 수정적기이며 약 6~12시간 후에 배란이 일어남을 직장검사를 통해 확인할 수 있었다.



직장검사-배란확인 및 임신진단



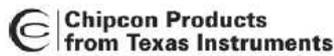
초음파진단-임신훈인 및 생식기 이상 진단 및 설명

<저전력 알고리즘 설계>

다음 표는 발정탐지 센서에 사용된 CC2420 ZigBee 칩의 파워 소모량이다.

6.10 Power Supply

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition / Note
Current consumption in different modes (see Figure 25, page 44)					Current drawn from VREG_IN, through voltage regulator
Voltage regulator off (OFF)		0.02	1	μA	Voltage regulator off
Power Down mode (PD)		20		μA	Voltage regulator on
Idle mode (IDLE)		426		μA	Including crystal oscillator and voltage regulator
Current Consumption, receive mode		18.8		mA	



CC2420

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition / Note
Current Consumption, transmit mode:					
P = -25 dBm		8.5		mA	The output power is delivered differentially to a 50 Ω singled ended load through a balun, see also page 54.
P = -15 dBm		9.9		mA	
P = -10 dBm		11		mA	
P = -5 dBm		14		mA	
P = 0 dBm		17.4		mA	

발정탐지 센서는 1초에 7회 ZigBee를 이용하여 센서 데이터를 송수신하는 구조로 17.4 + 18.8 = 36.2mA소모(배터리 전력소모)되는 구조임 따라서 1초 기준 253.4mA 가 소모된다.

파워다운 모드 기준으로 1초당 1번만 송수신을 할 경우 84%의 전력소모를 줄일 수 있다.

PD모드 또는 IDLE 모드로 전환하기 위한 조건을 소에 장착한 센서에서 판단하도록 센서의 코드를 수정하여야 한다.

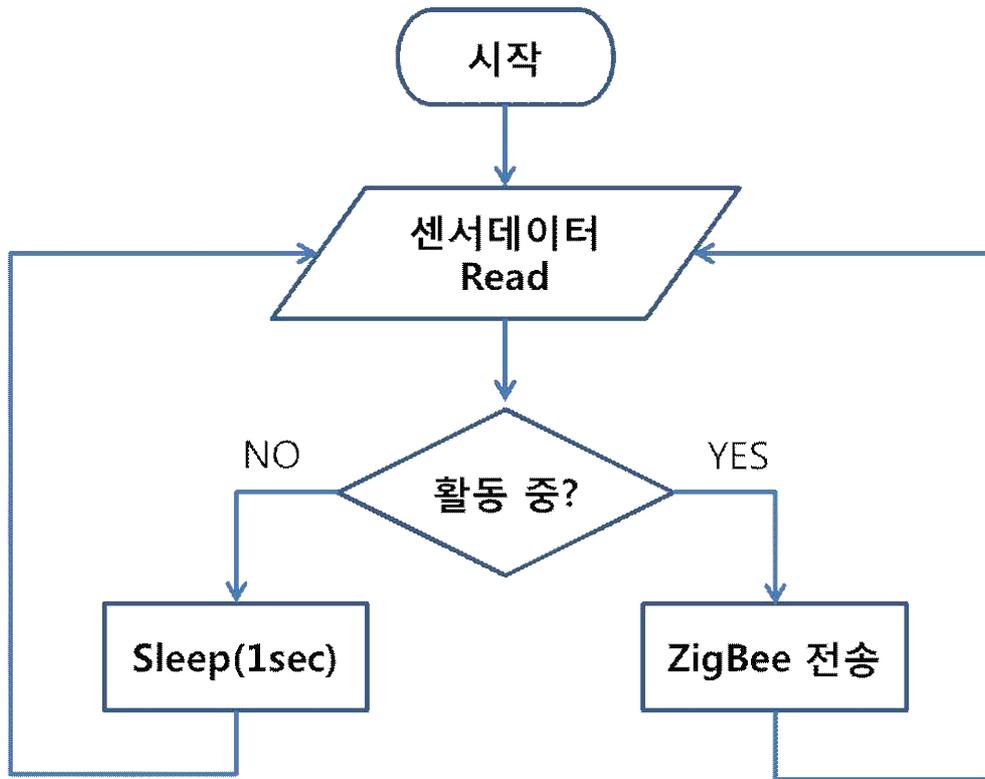
기본 아이디어

- 가속도 센서의 데이터를 이용하여 현재 소가 휴식 또는 취침 중임을 판단해야 한다. 즉 움직임이 없는 상태를 센서에서 판단할 수 있어야 한다.
- 움직임이 없다고 판단 될 상황시 센서 데이터 수집을 천천히 한다. 1초에 7회 수집하던 것을 1초에 한번 또는 그 이상 긴 시간에 한번씩 수집을 한다.
- 수집간격 조정은 sleep 상태로 전환하여 ZigBee 모듈의 동작을 정지시킨다.

- 활동량이 많아지는 상황 발생시 기존 데이터 수집 간격인 1초에 7회 수집하여 전송 하도록 설정 가능해야 한다.

발정탐지 센서에서 전력을 가장 많이 소모하는 부분은 잦은 송수신을 수행하는 ZigBee 모듈이다. 따라서 ZigBee 모듈에서 송수신의 횟수를 감소시키는 것만으로도 전력소모를 크게 줄일 수 있다.

센서의 저전력 설계 아이디어를 센서의 동작 소스에 추가하기 위한 flow는 다음 그림과 같다.



위 순서도는 소의 목에 장착하는 발정탐지 센서의 배터리 전력소모를 감소하기 위한 소프트웨어 flow구조이다.

기존 소프트웨어와 동일하게 가속도 센서의 데이터를 read 하여 활동중인지 비활동 중인지를 판단하게 된다. 가속도 센서 데이터를 이용하여 에너지 값으로 변환한 후 활동 중인 상황인가를 판단한다. 활동 중인 상태를 판단하기 위해서 에너지값이 1100이상 900이하의 범위에 있는지를 비교한다.

활동중인 상태(에너지값이 100이상 이거나 900이하)일 경우 ZigBee 통신을 이용하여 데이터를 전송하고, 다시 센서 데이터를 Read 한다. (1초에 7회 전송하는 상태)

비활동중인 상태(에너지값이 900~110사이)일 경우 1초동안 센서를 sleep 상태로 변경한다.

1초 경과 후 다시 센서의 데이터를 Read한 후 동일한 조건 판단을 통해 위 과정을 반복한다.

위에 기술한 아이디어를 이용하여 소의 목에 장착하는 발정탐지 센서의 데이터 수집 소스코드

를 수정하여 테스트를 진행하였다.

소스코드 수정

다음 코드는 MsprutC.nc 파일에서 Timer를 생성하는 코드이다.

```
//COMPASS
//new TimerMilliC() as ComTimer,
new TimerMilliC() as ClockTimer,
new TimerMilliC() as ComGetTimer;
```

타이머를 이용하여 1초마다 clock_counter를 하나씩 증가 시킨다.

```
event void ClockTimer.fired()
{
    clock_counter++;
}
```

3축 가속도 센서의 데이터를 Read 한 후 x,y,z축의 값을 센서 측정값으로 변환한다.

```
z_data = call Bma150.Z_read();
sensordata.accelZ = z_data;

if(z_data & 0x200)
{
    z_data = (z_data & 0x03FF);
    z_data = (z_data ^ 0x03FF) + 1;
    z_data = ((float)z_data/256) * 1000;
    //sprintf(MsgBuff, "Z:-%d\r\n", z_data);
    //call SCSuartDBG.UARTSend(MsgBuff, strlen(MsgBuff));
}
else
{
    z_data = ((float)z_data/256) * 1000;
    //sprintf(MsgBuff, "Z:+%d\r\n", z_data);
    //call SCSuartDBG.UARTSend(MsgBuff, strlen(MsgBuff));
}
z_temp = z_data;
```

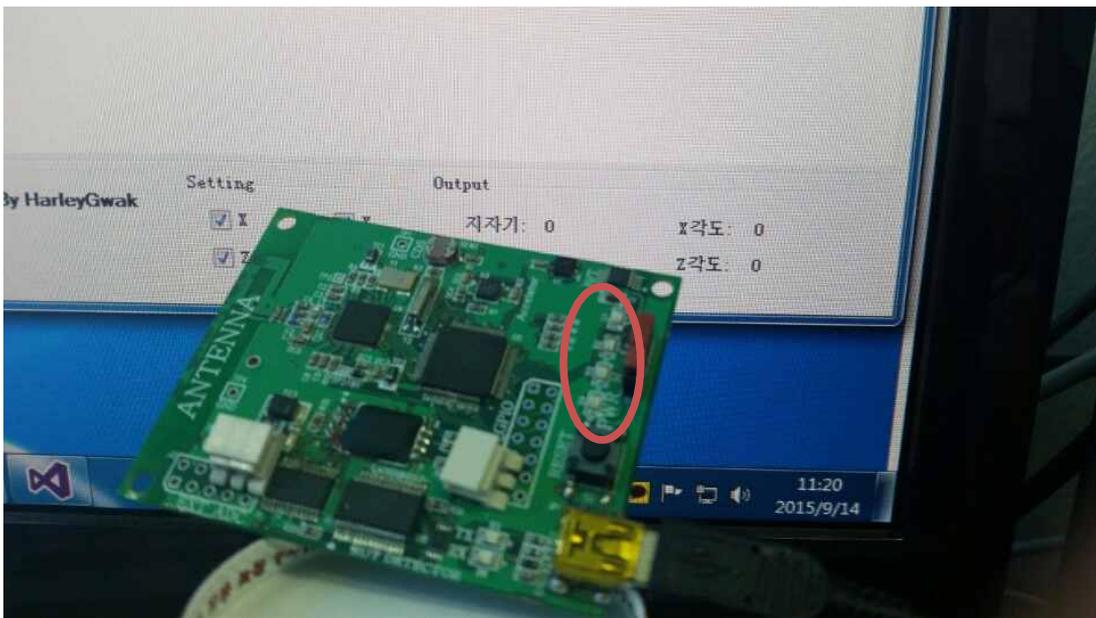
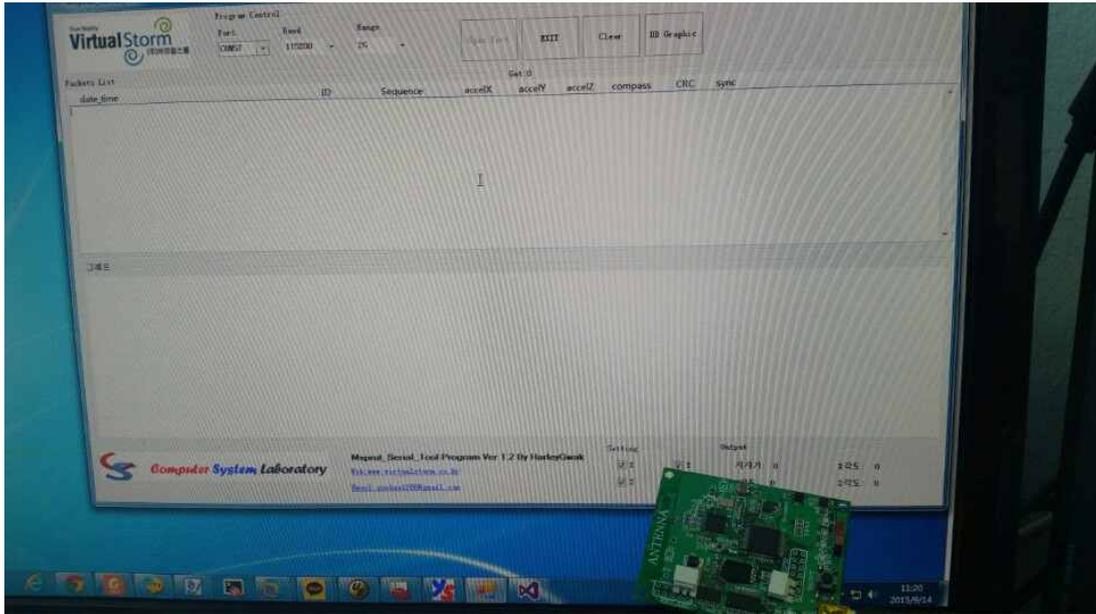
변환된 x,y,z축의 센서 데이터를 이용해서 에너지 값을 구하고 에너지 값이 정적상태(900~1100 사이)일 경우 데이터를 보내지 않고 활동상태일 경우 모니터링을 위해 1분 동안 계속해서 데이터를 전송한다. 활동상태가 나타나서 전송하는 1분 동안에는 에너지값이 정적상태의 범위에 해당하는 값이 나타나도 데이터를 전송한다. 이유는 센서 데이터는 계속해서 변화하는 값으로 데이터를 Read 한 시점의 센서 데이터가 정적상태의 범위안에 포함 될 수 있기 때문이다.

또한 활동상태의 데이터를 지속적으로 수집하기 위해서 1분이라는 지속시간을 계속해서 갱신해야한다. 지속시간을 계속해서 갱신하기 위한 방법은 다음과 같다.

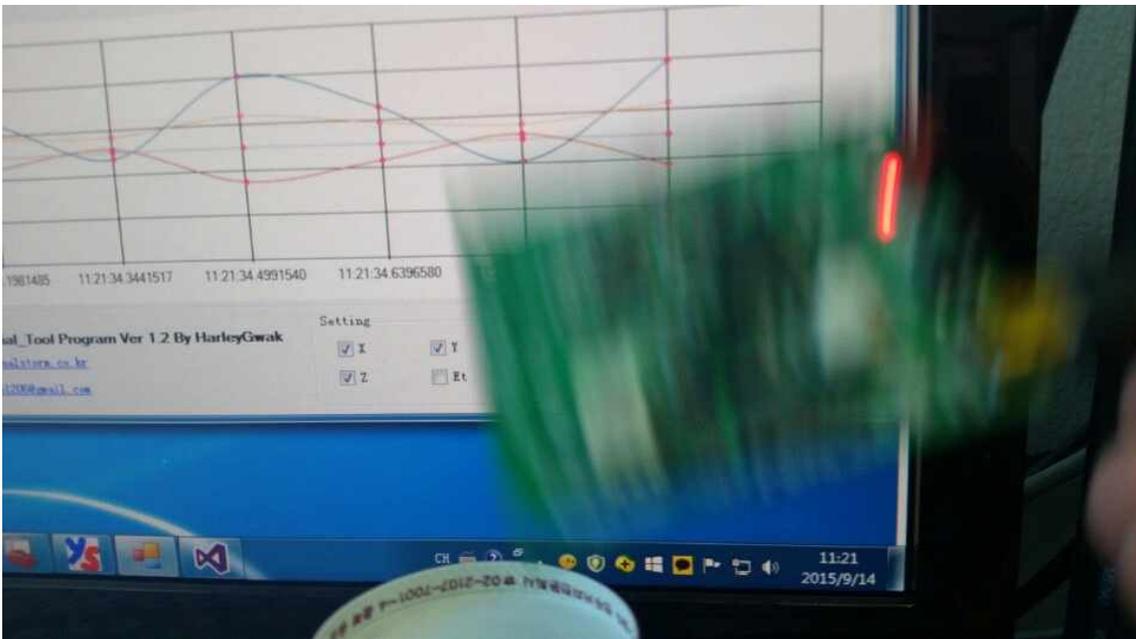
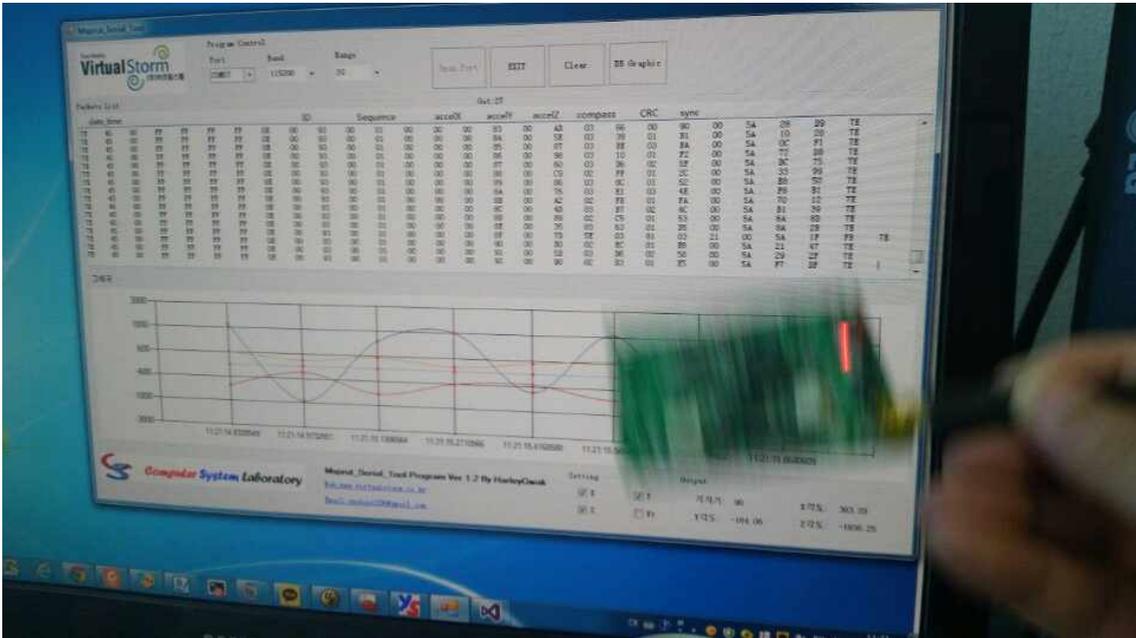
1분 동안에는 가속도 센서 값을 read 한 후 에너지 값으로 변환하여 활동상태의 데이터 인지를 계속 판단하는데, 이때 활동상태의 데이터로 판단이 되면 현재 시간부터 다시 1분 동안 계

속해서 데이터를 전송하게 변경을 한다. 이는 중간 중간 정적상태의 데이터가 계속해서 나타나기 때문에 활동상태의 데이터를 1분 동안 누락하지 않고 전송하기 위한 방법이다.

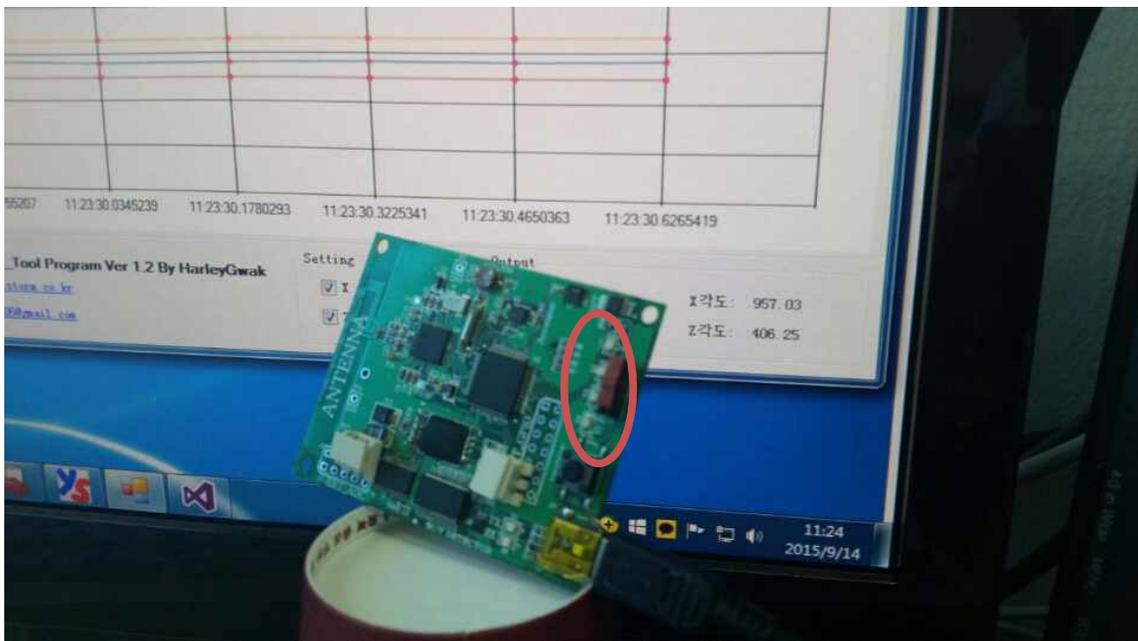
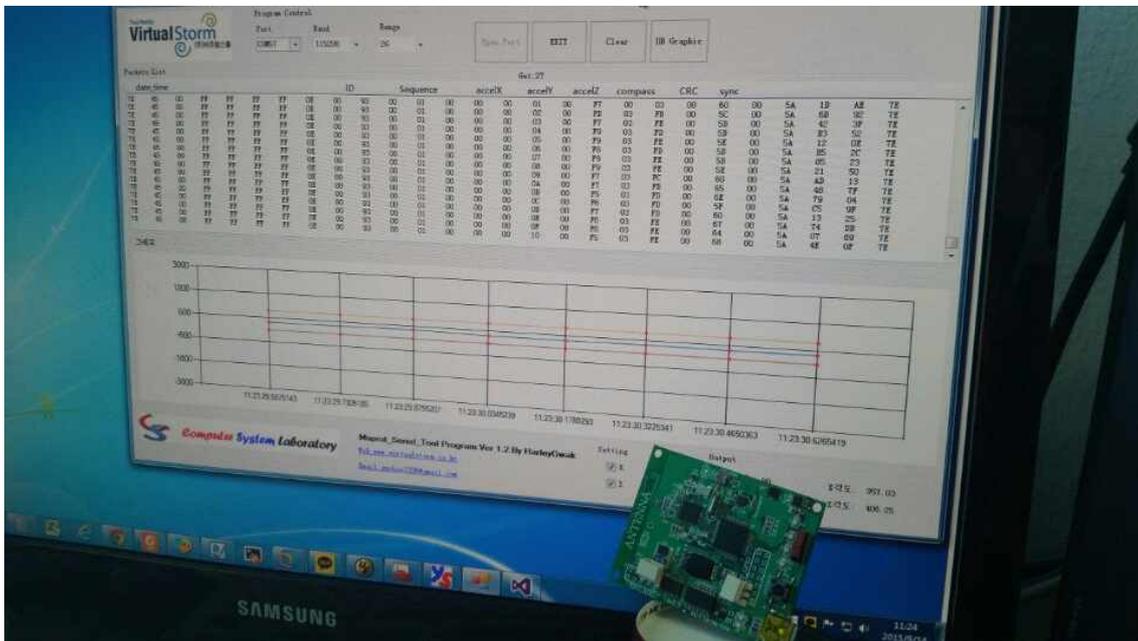
다음 그림들은 수정된 발정탐지 센서의 소스코드를 적용하여 실험실에서 정적상태일 때 전송을 하지 않고 활동하기 시작하면 1분간 모든 데이터를 전송하고 다시 정적상태가 되었을 때 전송을 하지 않는 것을 테스트한 결과 화면들이다.



위 그림은 수정된 소스코드를 센서에 업로드 한 후 테스트 화면이다. 초기 센서의 움직임이 없는 상태로 센서에서 데이터를 전송하지 않고 있는 것을 센서의 LED가 켜지지 않은 것으로 확인할 수 있다. 또한 실시간 센서데이터를 수신해서 그래프로 그려주는 모니터링 PC 프로그램에도 아무런 데이터가 들어오지 않고 있는 것을 확인하는 그림이다.



위 그림은 정적상태에서는 1초에 한번 씩 데이터를 Read 해서 정적상태와 동적상태를 판단하고 정적상태일 경우에는 데이터를 보내지 않고 있다가 동적상태가 감지되면 위와 같이 데이터를 전송하게 된다. 데이터 전송을 알리는 발정탐지 센서의 붉은색 LED가 깜빡이고 있고, 이에 해당하는 데이터들이 정상적으로 수신되고 있음을 모니터링 프로그램을 통해 발정탐지 센서의 데이터를 숫자와 그래프로 표시하는 것을 확인한 결과이다.



위의 그림은 활동상태가 감지된 후 1분동안 모든 데이터를 전송하고 있는 상황에서 다시 정적 상태를 만들기 위해 발정탐지 센서를 움직이지 않고 고정해 놓은 상태이다. 이렇게 1분이상 경과 한 후에 정적 상태를 판단해서 데이터를 전송하지 않고 있다. 데이터 전송을 하지 않고 있는 것은 위에 LED 상태가 모두 꺼져 있는 것으로 확인 가능하다. 위 그림에서 센서의 숫자 데이터와 그래프가 보이는 것은 센서가 움직이지 않고 있더라도 이전에 활동 상태에서 1분동안은 모든 데이터를 전송하기 때문에 1분이 경과될 때까지의 움직임 없는 데이터가 보이는 것이다.

위의 발정탐지 센서의 소스코드를 수정해서 활동 상태에서만 데이터를 전송하는 알고리즘을 구현하고 정상동작하는 것을 테스트를 통해 검증하였다. 이는 발정탐지 센서에서 많은 전력을

소비하는 ZigBee모듈의 전송횟수를 줄여 전력 소비를 줄일 수 있다는 것을 확인한 것이다.

실험 목장에서는 발정탐지의 가장 기본이 되는 활동량과 승가, 승가허용을 분석하기 위해서 위저전력 알고리즘을 적용하지 않고 모든 데이터를 수집하였고, 수집된 데이터를 이용해서 위의 실험을 컴퓨터상에서 시뮬레이션을 이용하여 얼마나 전송횟수를 줄일 수 있는지를 추가로 검증하였다.

다음 결과는 대림 목장 5번 개체의 수집된 전체 데이터를 이용하여 저전력 알고리즘을 적용했을 때와 적용하지 않았을 때의 수집되는 데이터 수를 파악한다. 수집된 데이터의 개수가 전송한 횟수이기 때문에 데이터 개수만큼 ZigBee 전송 횟수를 줄일 수 있다는 것을 알 수 있다.

5번 개체의 수집된 전체 데이터 개수 = 22,182,897개

다음 그림은 시뮬레이션에서 조건을 판단하여 데이터를 저장하는 중요 코드의 일부이다.

```
if(time_now<=thres_time) //within lmin
{
    if (et < 900 || et > 1100)
        thres_time = time_now + 60;

    Write(line+"\n", "d:\\5_result\\"+file.Name);
}
else
{
    if (et < 900 || et > 1100)
    {
        Write(line+"\n", "d:\\5_result\\" + file.Name);
        thres_time = time_now + 60;
    }
}
```

활동 상태가 측정된 초기 시작부터 60초를 더해서 thres_time으로 설정하여 1분 동안은 모든 데이터를 전송한다. 이때 활동상태가 계속해서 판단이 될 경우 이 1분을 새롭게 갱신한다.

1분이 경과한 후에 즉 정적 상태에 들어갔을 때는 데이터 전송을 하지 않고 있다가 활동 상태가 판단될 경우 thres_time을 갱신해서 다음 데이터부터는 다시 1분 동안 데이터를 계속 전송하는 기능을 PC 상에서 구현한 코드이다.

위 코드를 이용하여 전체 데이터에 대해 시뮬레이션을 실시한 결과 15,468,982개가 저장이 되었다. 즉 전체 22,182,897번의 데이터를 전송했던 것이 15,468,982번 전송을 하는 결과를 볼 수 있다. 이는 6,713,915번의 전송 횟수를 감소시킨 결과와 같다.

개체별로 차이는 있겠지만 위의 실험 결과는 전력소비 효율이 30.26% 향상되는 결과와 같다.

<빅데이터 처리를 위한 DB 설계>

빅데이터와 하둡 프레임워크

빅데이터란 기존 데이터베이스 관리도구로 데이터를 수집, 저장, 관리, 분석할 수 있는 역량을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형 데이터 집합 및 이러한 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하는 기술을 의미한다. 데이터를 넓은 영역에서 활용하려는 시도들로 막대한 양의 데이터가 축적되었고, 이를 자산으로 활용해 가치를 창출하려는 시도들이 현실화되고 있다. 현재의 빅데이터 기술은 공공 데이터, 민간 SW 컨설팅 등 다양한 분야에 적용되어 그 가능성을 인정받고 있다[1].

하둡(Hadoop)은 대용량 데이터를 처리하는 분산 응용 프로그램을 작성하고 실행시키기 위한 오픈 소스 프레임워크이다. 하둡 플랫폼에서는 서비스 목적에 의해 HBase, Pig, Zookeeper 등의 하둡 하부 프레임워크를 선택하여 구성한다[2]. HBase는 대용량 파일의 처리량을 높이기 위해 설계된 하둡의 분산 파일 시스템인 HDFS 기반의 컬럼 기반 데이터베이스이다.

관계형 데이터베이스 vs HBase

관계형 데이터베이스와 HBase 비교

	관계형 데이터베이스	HBase
Date layout	로우 또는 컬럼 지향형	컬럼 지향형
Query language	SQL	API 명령어
Index	임의의 컬럼	Rowkey

위 표는 관계형 데이터베이스와 HBase를 비교해 정리해 놓은 것이다. 컬럼 지향 데이터베이스는 데이터를 컬럼 단위로 묶어 저장한다. 특정 쿼리에 대해서는 로우의 모든 데이터가 필요하지 않은 점을 이용하여 분석적 데이터베이스에서는 컬럼 지향의 저장스키마를 주로 이용한다. 컬럼식 데이터베이스는 데이터에 대한 실시간 분석적 접근 기능을 제공하는 데 강점을 보이지만, HBase는 특정 데이터 셀에 키 기반으로 접근하거나 셀에 순차적으로 접근하는 데 탁월한 성능을 보인다.

<빅데이터 클러스터 구성>

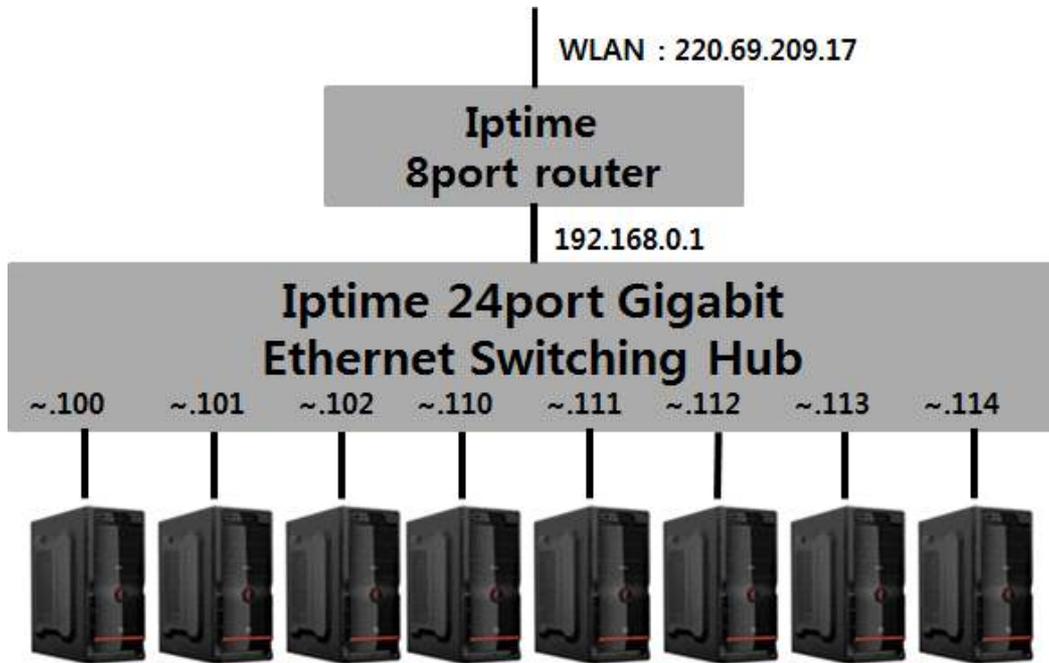


그림 : 하둡 클러스터 구성도

HDFS는 하나의 서버로 동작하는 것이 아니라 여러 서버에 설치되어 운영된다. 위 그림과 같이 총 8대의 서버를 하나의 고속 이더넷 허브에 연결하고 최상단에 라우터를 위치시켜 실제 하둡 클러스터를 구축하였다.

hostname	IP	hadoop	Hbase
Master	192.168.0.100	Namenode, Datanode	Hmaster, HRegionServer
Slave0	192.168.0.101	Secondary Namenode, Datanode	HRegionServer
Slave1	192.168.0.102	Datanode	HRegionServer
Slave2	192.168.0.110	Datanode	HRegionServer
Slave3	192.168.0.111	Datanode	HRegionServer
Slave4	192.168.0.112	Datanode	HRegionServer
Slave5	192.168.0.113	Datanode	HRegionServer
Slave6	192.168.0.114	Datanode	HRegionServer

그림 : 각 노드들의 고정 IP와 역할

위 그림은 각 노드의 고정 IP와 소프트웨어에서 하는 역할을 정리해 놓은 것이다. 네임노드는 데이터 노드의 동작 상태와 분산 저장되어 있는 데이터에 대한 메타데이터를 관리하는 일을 한다. 각 노드들은 관리, 처리, 저장을 위하여 큰 디스크 공간이 필요하다. 다음 그림은 하드웨어 스펙을 정리한 내용이다.

hostname	CPU	RAM	HDD
Master	Intel Core i3-4150 Processor	8GB	2TB
Slave0	Intel Core i3-4150 Processor	8GB	2TB
Slave1	Intel Core i3-4150 Processor	8GB	2TB
Slave2	Intel Core i3-4150 Processor	8GB	2TB
Slave3	Intel Core i3-4150 Processor	8GB	2TB
Slave4	Intel Core i3-4150 Processor	8GB	2TB
Slave5	Intel Core i3-4150 Processor	8GB	2TB
Slave6	Intel Core i3-4150 Processor	8GB	2TB

그림 : 하드웨어 스펙

<HBase 테이블 설계>

HBase에서 데이터는 테이블에 저장된다. 테이블은 로우와 컬럼으로 구성되고, 로우는 테이블의 주 키인 rowkey에 의해 정렬되며 모든 테이블의 접근은 테이블의 rowkey를 통해 이루어진다.

국가코드							
	DATA						
RowKey (지역코드 + 농장코드 + mote_id + datetime + micro_second)	시퀀스	x	y	z	지자기	위도	경도

그림 : HBase 테이블 구조

센서를 이용하여 수집된 데이터들을 위 그림과 같은 구조로 HBase 테이블에 저장한다. 데이터에 접근하는 시간을 줄이기 위해 지역코드, 농장코드, mote_id, datetime, micro_second 까지 여러 데이터를 통합하여 rowkey로 지정하고 나머지의 데이터를 컬럼으로 추가하여 효율적으로 저장하였다.

```

public static void addRecord(String tableName, String
rowKey, String family, String qualifier, String value) throws
IOException{
    try{
        HTable table = new HTable(conf, tableN
ame);
        Put put = new Put(Bytes.toBytes(rowKey
));
        put.add(Bytes.toBytes(family), Bytes.t
oBytes(qualifier), Bytes.toBytes(value));
        table.put(put);
    } catch(IOException e){
        e.printStackTrace();
    }
}

```

그림 : 데이터 저장 소스코드

위 그림은 데이터를 저장하는 소스코드로 tableName, rowKey 등의 정보를 인수로 받아 데이터를 HBase 테이블에 저장하는 함수이다. HBase에서 제공하는 Put 메소드의 add()를 이용하여 컬럼을 하나씩 추가해서 데이터를 저장한다.

<빅데이터 시스템 모니터링>

아래 그림은 전체 시스템의 구성도를 나타낸다. 소의 목에 달린 3축 가속도센서를 이용하여 활동량 데이터를 수집하고 임베디드 보드를 통하여 데이터를 저장을 한다. 또한 외부의 사용자의 직접 접근을 방지하기 위하여 프록시 서버를 통해 웹 서비스를 제공한다. 외부 사용자는 웹 서비스를 이용하여 모니터링을 할 수 있다.

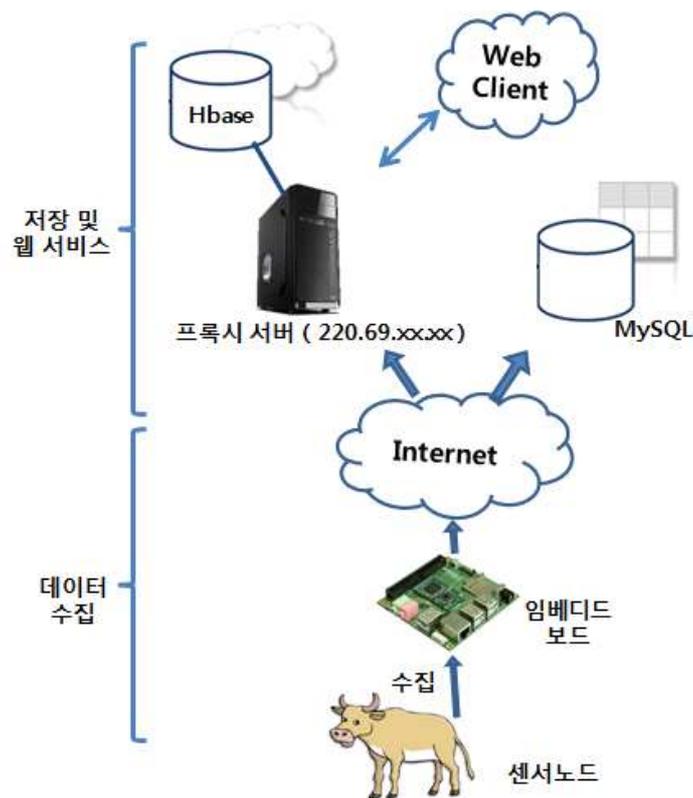


그림 : 전체 시스템 구성도

데이터의 값과 변화를 쉽게 알아보기 위해 Javascript 기반의 HighChart를 이용하여 모니터링 시스템을 구축하였다. 날짜별로 특정 구간을 지정하여 조회가 가능하며 해당 날짜에 포함되는 데이터만을 HBase 테이블에서 가져와 그래프로 표현한다. 다음 그림은 HBase에 저장되어 있는 목장 데이터를 그래프로 표현한 예이다. 가속도 센서의 X, Y, Z 축의 데이터를 가공 없이 그대로 보여준다. 이와 같은 그래프 툴을 이용하여 가공된 여러 가지 데이터를 쉽게 표현하여 센서 데이터를 분석하는데 유용하게 활용할 수 있다.



그림 : 그래프로 표현한 센서 데이터

농장에서 수집한 데이터는 관계형 데이터베이스인 MySQL에 저장했다. 이 저장된 데이터를 상기에서 설계 구현한 빅데이터 시스템에 이관작업을 진행하고, MySQL의 데이터 search 시간과 빅데이터 시스템에 사용한 HBase에서의 데이터 search 시간을 비교한다.

MySQL에 저장된 데이터를 빅데이터 시스템으로 이관하고 처리하는 이유는 데이터 분석을 위해 MySQL의 데이터를 search 할 때 시간이 오래 걸리는 단점이 있었다.

두 시스템의 성능을 비교하기 위해 MySQL에서 빅데이터 시스템으로 이관된 동일한 양의 센서 데이터를 이용한다. 이관된 전체 데이터의 활동량을 계산하는 연산을 처리하는데 소요되는 시간을 측정 비교하였다.

다음 그림은 빅데이터 시스템의 데이터베이스인 HBase에서의 처리시간과 관계형 데이터베이스인 MySQL의 처리시간을 비교한 그래프이다.

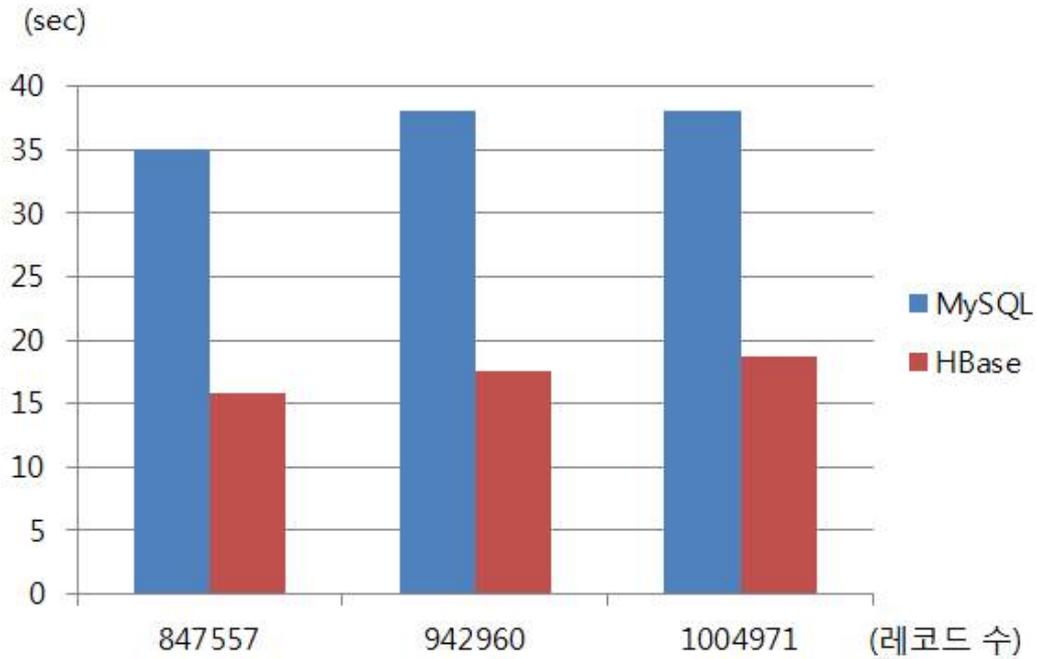


그림 : 처리시간 성능 비교

위 그림은 MySQL과 HBase의 처리시간 비교 그래프이다. 대림목장 모트 ID 1번 개체의 2일치에 대한 데이터를 3개 비교 군으로 구분해서 테스트를 진행하였다. 동일한 ID의 각각 다른 날짜의 2일치에 대한 데이터로 센서데이터의 레코드 수는 각각 847,557개, 942,960개, 1,004,971개의 활동량 계산 결과이다. 그래프를 보면 알 수 있듯이 MySQL의 처리시간보다 HBase의 처리시간이 대략 절반정도로 짧게 소요되는 것을 확인할 수 있다.

데이터가 축적될수록 빅데이터 시스템의 이용 효율은 증가할 것이다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연도별 연구목표에 입각한 연구개발목표의 달성도

1. 1차년도 연구목표의 달성도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	암소의 발정탐지 센서 모듈 1차본 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정탐지 센서 모듈 1차 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서모듈 하드웨어 수정 2회 - 센서모듈 소프트웨어 수정 5회 ● 센서모듈 데이터 프로토콜 설계 ● 시험용 센서 케이스 설계 및 제작
		센서 테스트를 위한 시험환경 구축	100%	<ul style="list-style-type: none"> ● 시험협약 체결(청북목장) <ul style="list-style-type: none"> - 평택 청북 소재 - 160두 젖소 사육농가 - 기존 수입산 발정탐지 시스템 2종류 운용중임(추후 비교 테스트를 진행할 예정임) ● 발정탐지 시스템 테스트 환경 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 전기배선 공사, IP카메라 공사, 조명 공사, 서버(영상서버, DB서버) 시스템 구축, 원격 모니터링 시스템 구축 등 ● 센서 테스트 환경 시험 ● 센서 착용시험
	최적의 소 발정탐지기 개발을 위한 스마트 센서의 현장적용 시험 (제1협동)	승가(mounting) 동작에 대한 패턴 분석 및 3축 가속도 센서의 동물적용	100 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가 시작·종료 시간과 배란시간과의 관계 및 인공수정 적기 연구 ● 승가시 3축 가속도 센서의 움직임 변 화 패턴 분석
		승가허용(standing) 동작에 대한 패턴 분석 및 RF 신호세기과 지자기 센서의 동물 적용	100 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 승가허용 시작·종료 시간과 배란시간 과의 관계 및 인공수정적기 연구 ● 승가허용을 지자기 센서와 RF 신호세 기를 이용하여 탐지 패턴 분석
		활동량 변화(증가)에 대한 패턴 분석 및 3축 가속도 센서의 동물적용	100 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 활동량 증가와 배란과의 관계 및 인공 수정 적기 연구 ● 활동량 증가시 3축 가속도 센서를 이 용하여 활동량 변화 정도를 분석
		최적의 통합(승가, 승가허용, 활동량 변화 동시 측정) 발정탐지 센서(스마트 센서) 모듈 선정	100 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 인공수정 적기 판정에 승가, 승가허용, 활동량 증가의 장단점 판정 및 점수제 도입 ● 승가, 승가허용, 활동량 변화 측정이 통합 기능이 우수한 센서 모듈 선정

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	소 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발 (제2협동)	필드서버 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ● 발정탐지 센서 데이터 수집을 위한 네트워크 소프트웨어 모듈 개발 ● 발정탐지 수집 이벤트 알림 소프트웨어 모듈 개발
		필드서버 백업 시스템 구축	100%	<ul style="list-style-type: none"> ● 필드서버 백업 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - RAID 5 서버 구축 ● 시험을 위한 영상서버 원격제어 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 원격 확인 및 원격백업

2. 2차년도 연구목표의 달성도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2014)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	발정탐지 센서 모듈 2차 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정탐지 센서 소형화 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 크기 소형화 ○ 2차본 시험용 케이스 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 작아진 2차본 센서에 맞는 시험용 케이스 설계 및 제작 ○ 발정탐지 센서 감도 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 지자기 센서 감도시험(2G, 4G, 8G) - 3축 가속도 센서 수집 주기 시험 ○ 센서 노이즈 데이터 처리 소프트웨어 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 노이즈 데이터 필터링 프로그램 개발 ○ 네트워크 송수신이 불량할 때를 고려한 센서 모듈 백업 S/W 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 모듈에 EEPROM 2M 추가 - 데이터 송신 주기 조절 기능 - 네트워크 불량시 자동 리셋 프로그램 추가 ○ 배터리 수명을 고려한 센서 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 전력소모를 38mA에서 28mA로 줄임(약 30% 소비전력 절감 모듈 개발) - EEPROM을 센서모듈에 추가하여 네트 워크 송신 주기를 조절할 수 있어 배터리 수명을 고려한 센서 모듈 개발 완료 ○ RFID를 적용하여 교체가 매우 편리한 발 정탐지 센서 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트폰에 NFC 기능을 이용한 암소 정보 스캔 기능 개발 - NFC 호환 RFID 태그를 이용하면 한번 의 스캔 만으로 정보교환이 되므로 교체 시 매우 편리함

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2014)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	센서 테스트를 위한 시험환경 구축	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차년도 청북목장 시험 환경 수정 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 환경 보완(프로그램 수정) - 필드서버 프로그램 수정 - 영상백업 시스템 구축 - 센서 모듈 프로그램 수정 ○ 2차년도 흑성산목장 신규 시험 환경 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 천안 목천 소재 - 170두 한우 사육농가 - 전기배선 공사, IP카메라 공사, 조명공사, 서버 시스템 구축(영상서버, DB서버, 백업서버), 원격 모니터링 시스템 구축 등 ○ 센서 환경 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 네트워크 통달 거리 측정 시험 - 정전기 시험 - 현장 센서 동작 시험 - 배터리 수명 시험 ○ 센서 착용시험 <ul style="list-style-type: none"> - 사람이 착용한 동작 시험 - 애완견 착용 동작 시험 - 현장 착용시험 ○ 발정(승가, 승가허용, 활동량변화, 온도, 습도, 조도 등) 발현 및 환경 데이터 수집 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 온도, 습도, 조도 등 환경 데이터에 따른 발정 발현 시험
		발정탐지 알고리즘 프로그램 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 승가, 승가허용, 활동량 변화에 따른 발정 판정 알고리즘 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발정 판정 프로그램 개발 ○ 점수제 발정 판정 알고리즘 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 점수제 발정 판정 프로그램 개발 ○ 사육환경에 따른 발정 환경 보정 알고리즘 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 사육환경 보정값에 따른 프로그램 개발

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2014)	최적의 소 발정탐지기 개발을 위한 스마트 센서의 현장적용 시험 (제1협동)	계절(온도, 습도 등의 변화)에 따른 측정량 차이 비교	100%	○ 봄, 가을과 여름겨울에 온도변화로 인한 발정행 동 차이 비교 및 보정 기준 정립 - 4계절 온도변화로 인한 발정행동 차이비교 - 다른 계절에 비해 고온, 다습한 여름의 발정행 동 차이 비교 - 발정행동 보정 기준 정립
		사육장의 차이(바닥, 형태 등)에 따른 측정량 차이 비교	100%	○ 사육장 바닥의 재질과 기울기에 따른 발정행동 차이 비교 및 보정 기준 정립 - 사육장의 바닥 재질과 발정행동 차이 비교 - 사육장의 경사도에 의한 발정행동 차이 비교 - 발정행동 보정 기준 정립
		사육조건 차이(사육장의 크기, 밀도 등)에 따른 측정량 차이 비교	100%	○ 사육장의 넓이와 사육밀도에 따른 발정행동 차 이 비교 및 보정 기준 정립 - 사육장의 넓이와 사육밀도에 따른 발정행동 차 이 비교 - 발정행동 보정 기준 정립
	소 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발 (제2협동)	필드서버 개발	100%	○ 1차년도 필드서버를 기반으로 개선된 필드서버 개발 - 네트워크 채널 분리된 필드서버 프로그램 개선 - 데이터 전송 문제 발생시 스마트폰에 레포팅을 통한 원격 리셋 시스템 구축 - 필드서버가 다운되었을 때, 필드서버 리부팅 - 원격 필드서버 모니터링 ○ 데이터 수집 주기를 조절할 수 있는 소프트웨어 개발 - 센서 데이터 수집 주기 테스트 - 수집 주기 조절하는 프로그램 개발
				○ 다중 노드 환경에서의 필드서버 안정성 테스트 및 디버깅 - 센서 네트워크 채널 분리를 통한 다중 노드 통 신 프로그램 개발
		발정탐지 스마트폰 및 PC 프로그램 개발	100%	○ 스마트폰 발정탐지 알리미 앱 개발 - 발정 알리미 앱 개발 - 발정 내용, 그래프, 암소 정보 등 제공 ○ PC용 발정탐지 분석 프로그램 개발 - 시험 분석을 도와주는 PC용 발정탐지 분석 프 로그램 개발

3. 3차년도 연구목표의 달성도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2015)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	발정 탐지 알고리즘 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정기 및 배란확인을 통한 수정적기 판정 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시험농장의 시험소에 센서를 부착하여 실험한 결과와 실제 발정과 배란확인을 통한 수정적기 판정 알고리즘 개발 ○ 센서 노이즈 데이터 처리 소프트웨어 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 시험소에서 수집되는 노이즈 데이터에 대한 필터링 구간을 선정 - 발정과 무관한 데이터에 대한 필터링 값을 설정하여 발정탐지 알고리즘에 적용 ○ 배터리 수명을 고려한 센서 펌웨어 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 평소에는 전력을 많이 소비하는 칩(네트워크 모듈 등)에 대하여 전원을 차단하고 특정행동 패턴을 인식하면 전원을 인가하여 암소의 행동패턴을 수집하는 알고리즘 개발 - 2차년도에 하드웨어적인 접근으로 배터리 수명을 줄였다면 3차년도에는 소프트웨어 방식을 이용하여 배터리 수명을 연장시킴 ○ 발정탐지 알고리즘 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 2차년도에 발정탐지 알고리즘에 노이즈 데이터 필터링 및 승가, 승가허용 탐지 알고리즘을 개선
		암소의 발정탐지 센서 모듈 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 센서 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 개발한 센서 케이스에 발정탐지 센서를 장착시키고 이것을 시험농장의 시험소에 부착하여 시험을 진행 - 기본적인 센서 통신 및 센서 감도 시험을 수행함 ○ 발정(승가, 승가허용, 활동량변화, 온도, 습도, 조도 등) 발현 및 환경 데이터 수집 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 승가, 승가허용, 활동량변화 등의 발정 징후에 관한 행동 패턴 분석 진행 - 환경 데이터에 대한 발정 행동의 변화는 크지 않는 것으로 확인됨

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2015)	소 발정탐지 센서 및 시스템 개발 (제1세부)	암소의 발정탐지 센서 모듈 개발	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정탐지 센서 케이스 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 케이스 설계 및 개발 - 누수 등 환경시험 진행 - 시험농장에서 착용 시험 진행
		발정탐지 시스템 통합 테스트	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 승가, 승가허용, 활동량 변화를 통합하여 분석하는 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 승가, 승가허용, 활동량 변화를 종합하 여 분석 진행 - 실제 시험농장의 시험소 발정 및 임신 여부 데이터와 센서 데이터 비교 분석 ○ 점수제 발정 판정 알고리즘 프로그램 개 선 <ul style="list-style-type: none"> - 점수제 발정 판정 알고리즘에 대하여 새로운 알고리즘 확인 ○ 사육환경에 따른 발정 환경 보정 알고리 즘 프로그램 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 새로운 발정탐지 센서의 시험환경과 사 육환경 확인 보정 ○ 발정탐지 시스템 통합 테스트 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 시험농장에서 발정탐지 시스템에 대한 통합 테스트 진행
	최적의 소 발정탐지기 개발을 위한 스마트 센서의 현장적용 시험 (제2협동)	스마트 센서를 이용한 발정기(초기, 종료, 길이 등)의 판정	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트 센서를 이용하여 발정기의 시작과 끝 그리고 발정기간을 판정 <ul style="list-style-type: none"> - 발정탐지 센서를 시험농장의 시험소에 적용하여 수집된 데이터와 실제 발정과 임신 결과와 비교 확인
		직장검사를 통한 배란 확인	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트센서를 이용한 배란시점에 직장검 사를 통하여 배란 확인 <ul style="list-style-type: none"> - 시험소에 대한 직장검사를 실시하여 배 란 확인
		발정기(초기, 종료, 길이 등)와 배란시점관의 관계 정립	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정기와 배란시점관의 시간관계를 정립 <ul style="list-style-type: none"> - 시험데이터를 근거로 발정기와 배란시 점의 시간관계 확인
		수정적기 판정법 확립	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스마트센서를 이용한 수정적기와 실제 수 정적기를 확인하여 수정적기 판정법 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 발정탐지 센서 데이터 분석을 통한 수 정적기와 실제 시험소의 수정적기를 확인 하여 수정적기 판정 확립

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2015)	소 발정탐지 스마트폰 앱 및 PC 프로그램 개발 (제2협동)	발정탐지 DB 서버 구축	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각 농가별 발정정보 수집 및 데이터 영구 저장 <ul style="list-style-type: none"> - 빅데이터 서버를 구축 - 8대의 하둡기반의 빅데이터 서버에 발정탐지 센서 데이터 수집 저장 - 기존 관계형 데이터베이스와 성능비교 ○ 각 농가별 환경에 따른 발정정보 분석 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시험 농장별 발정정보 분석
		발정탐지 시스템 통합 테스트	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발정탐지 시스템 통합 테스트 및 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 발정탐지 시스템 통합 테스트 - 데이터 수집 장애시 자동으로 관계자에게 알려주는 시스템 구축

제 2 절 관련 분야의 기여도

1. 관련 분야의 경제적 기여도

- 국내 소의 분만간격은 평균 450일이고 평균 임신기간 280일을 제외하면 평균 공태일수(임신이 아닌 일수) 170일임. 분만 후 45일이 경과하면 자궁이 회복되며 60일이면 원상태로 완전히 회복되고 평균 수정회수는 2.4회 임
- 발정 발견을 정확히 할 때, 줄일 수 있는 공태일수 계산
줄어드는 공태일수 = 평균 공태일수 - 자궁의 완전 회복일수 - 소의 평균 수정회수 × 발정주기
68일 = 170 - 60 - (2 × 21) : 최적 수정시간을 예측할 수 있을 때
- 정확한 발정 발견으로 **공태 기간을 약 68일 줄일 수 있음**

- 발정탐지 시스템 도입시 이익 계산

발정탐지 시스템 도입의 이익분 = 가임두수⁽¹⁾ × 공태기간 단축일⁽²⁾ × 1일 발생비용⁽³⁾

① 가임두수 : 한·육우(1,195천마리), 젖소(299천마리)의 두수

: 2010년 6월 1일 기준 가축동향조사(통계청) 자료 참고

② 공태기간 단축일 : 68일

③ 발생비용 : 생산비 = 가축비·사료비 등 제비용 + (자가노력비 + 자본이자)

: 한우번식우 마리당 사육비(2,096천원/년), 젖소 마리당 사육비(5,588천원/년)

: 2010년 축산물생산비 조사결과(통계청) 자료 참조

: 한우번식우 마리당 하루 사육비(5,742원), 젖소 마리당 하루 사육비(15,310원)

가임 한·육우의 시스템 도입 이익분 = 1,195,000두 × 68일 × 5,742원 = 466,594,920,000원

가임 젖소의 시스템 도입 이익분 = 299,000두 × 68일 × 15,310원 = 311,282,920,000원

발정탐지 시스템 도입의 이익분 = 한·육우 가임 소의 이익분 + 젖소의 이익분 = 777,878백만원

젖소농가의 경우 67두(전국평균) 중에 **46.4두의 가임압소**를 사육한다면 연간 **48,306천원 절감**

2. 관련 분야 구성원에 대한 기여도

- 무인 발정탐지 시스템은 국가, 목장주, 사업자 입장에서 다양한 기대효과를 기대할 수 있음

(1) 국가의 관점

- 축산업 한·육우/젖소 분야의 7,779억원 비용절감으로 농가소득 증대 및 국제 경쟁력 확보할 수 있음
- 무역수지 개선
 - 도입된 거의 모든 무인 발정 탐지기는 수입품
 - 이에 대한 수입대체 효과를 거둘 수 있으며, 나아가 최대 소 사육국인 인도, 미국, 중국에 대한 수출을 통한 무역흑자를 기대해 볼 수 있음

(2) 목장주의 관점

- 정확한 발정 발견을 통하여 공태 기간을 68일 줄여 생산비용을 절감하여 농가소득 증대 및 경쟁력 확보
 - 젖소 농가의 경우 67두(전국평균) 중에 46.4두의 가임암소를 사육하고 있다면 연간 48,306천 원 절감
- 20두 착용 기준으로 시스템 도입 1년도 안되서 투자비(600만원)를 회수할 수 있음
- 사용자 편의성 제공으로 삶의 질을 높일 수 있음

(3) 사업자의 관점

- 새로운 시장을 개척
 - 국내 소의 가임두수(1,494천마리)의 30%만 보급된다고 예상하면 448천마리
 - 20두 기준(1 set)으로 600만원이므로 1,345억원(22,410 set) 시장을 개척할 수 있음
- 국내뿐만 아니라 해외시장도 개척할 수 있는 발판을 마련
 - IT융합 기술의 적용으로 해외에서도 통하는 제품을 개발할 수 있음
 - 가장 우수한 무인 발정탐지 시스템으로 해외시장을 개척하여 큰 도약을 이룰 수 있음

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 연구개발 성과

구분	특허출원		비SCI 논문	SCI 논문	기타
	계획	달성	계획	달성	
1차년도	0	0	1		
2차년도	2	1	1		
3차년도	0	1(출원중)		1(게재중)	
계	2	2	2	1	

1. 특허 출원 성과

- 특허 출원 명칭 : 센서 모듈과 이를 이용한 가축의 승가정보 관리 시스템 및 방법
- 출원번호 : 10-2014-0116032

2. 논문 게재성과

게재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
		주저자	교신 저자	공동 저자				
2014	소의 발정탐지를 위한 무선 센서 네트워크에서 저속의 ZigBee를 이용한 고속 데이터 수집 방법				한국지식정보기술학회논문지	제9권 (제3호)	국내	비 SCI
2015	한우의 발정 탐지를 위한 활동량 분석				한국지식정보기술학회논문지	제10권 (제2호)	국내	비 SCI
2015	A Study on Estrus Detection Analysis on Cows via Utilization of an Accelerometer				Journal of Dairy Science	게재중	국외	SCI

* 보고서 끝에 게재중 논문 첨부

3. 국내 학술대회 발표성과

- 3축 가속도 센서를 이용한 활동량 모니터링 시스템
- IoT 기반 가축 관리 빅데이터 시스템

제 2 절 실용화·산업화 계획

본 연구 과제를 수행하면서 개발된 발정탐지 시스템을 (주)버추얼스톰에서 상용화를 할 예정이며 사업화를 위하여 과제 결과에 대한 보완 실험을 준비하고 있다. 보완 실험이 종료되면 전문 시험 기관(대학, 축산과학원 등)의 성능 시험을 의뢰하여 시스템의 성능을 검증받을 예정이다.

상용화 후 제품을 보급하기 위하여 충남 홍성군과 2차례 협의를 한바 있으며 축산 신문 광고와 축산 관련 전시회 출품 홍보를 할 예정이다. 각 지역의 거점 농가를 선정하여 제품 테스트 협약을 맺어 실제 농가에 확산 영업 전략 구축할 것이다.

해외(중국) 상용화 준비로 농업진흥청 국제협력과를 통하여 중국 북경 주재원 협조를 받아 중국농업과학원 베이징축산수의연구소 부소장 Mr. Han Xuesong의 추천으로 2곳의 중국 현지 대규모 농장(사육두수 2만두 이상)에 출장 예정이었으나 국내 전염병(구제역)으로 인하여 현지 농장에서 방문을 취소하였으나 2016년에 방문하기로 하고 서로 협력하기로 하였다. 현재에서 본 과제로 개발된 발정탐지 시스템을 적용하여 시험하고 서로 협력하여 중국현지에 맞는 발정탐지 시스템 개발을 협의할 예정입니다.

개발기술의 산업화 방향은 다음과 같다.

- 암소의 발정을 탐지하는데 가장 확실한 3가지 발정발견 방법(승가, 승가허용, 활동량 변화)을 동시에 검출하는 발정탐지 시스템을 본 과제의 결과를 토대로 상용화 연구를 추가로 실시하여 현재 상용화되어 있는 발정탐지기들보다 훨씬 우수한 성능의 자동 발정탐지 시스템을 개발
- 산업화의 대상은 스마트센서를 이용한 고성능의 소 발정탐지 시스템임
- 제품홍보, 판로확보, 판매전략 등의 사업화 추진전략
 - 기본전략

구 분	내 용
Promotion	- 낙농신문, 낙농잡지에 광고 기제 - 낙농박람회(전시회) 참가, 지자체 지원사업 홍보 및 참여 - 사업성과물에 대한 특허 출원
Place	- 세계우유생산 1,2,3위 국가인 인도, 미국, 중국을 중심으로 해외 법인 설립 - 인터넷 홍보사이트를 통한 제품 판매
Price	- 수입품 대비 저렴한 가격과 A/S
Product	- 기초분야(필드서버)개발 후 관련기술(센서)에 대한 적극적이고 끊임없는 제품개발 - H/W의 효용성을 높이기 위한 다양한 S/W개발 (IT 기술 적극 활용)

- 시장진입전략

구 분	내 용
내수시장 진입전략	<ul style="list-style-type: none"> - Testbed(젯소농가) 적극활용(입소문, 사업성 확인) - 농어촌진흥공사 등 유관기관 연계 홍보 및 지원 - 영농세미나 개최 및 지자체 사업참여(FTA관련 지원사업)
세계시장 진입전략	<ul style="list-style-type: none"> - KOTRA활용 - 전략수출산업화 사업 활용 - IDF세계낙농박람회 등 참가 및 출품

제 3 절 추가연구, 타연구에 활용 계획

본 연구 결과를 기반으로 상용화를 진행하면서 사업화를 위한 추가연구를 진행하는데 있어 현재 시험농장 3곳 이외에 2 곳을 더 섭외하여 시험을 진행할 예정이며 해외 농장 과도 시험을 위한 협의를 진행하고 있는 중이다.

추가연구로는 더 많은 개체에 적용시험하여 현재 구축한 발정탐지 시스템을 검증하고 상용화를 위한 가혹 환경시험을 진행할 예정이다.

타연구에 본 연구 결과를 활용할 계획은 확장형 웨어러블 디바이스를 구상하고 있는데 본 과제의 결과물로 특정 행동의 패턴 인식 알고리즘을 이용하여 사람의 평소 자연스러운 행동 및 습관의 데이터를 빅데이터로 수집하여 이를 개인화된 해석을 통해 생활습관을 조언해주는 시스템 개발에 활용할 계획이다. 또한, 말에 관한 발정탐지 시스템과 말의 행동인식을 기반으로 하는 운동효과 분석 시스템을 본 과제의 결과의 확장으로 연구하여 새로운 사업에 접목할 수 있는 연구를 진행할 예정에 있다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

○ 해외 관련기술에 대한 학술정보는 다음에 주요논문의 요약으로 정리하였다.

A Triaxial Accelerometer-Based Physical-Activity Recognition via Augmented-Signal Features and a Hierarchical Recognizer

착용 가능한 센서를 통해 신체 활동 인식 기능과 개인별 라이프스타일의 정보를 유용한 정보형태로 제공 할 수 있다. 본 논문에서는 인간의 활동 인식을 위한 가속도센서 기반의 접근 방식을 제시한다. 우리는 계층구조를 사용한 식별방식을 제안한다. 하위 계층에서 활성이 속하는 상태, 즉 정적, 전이, 또는 동적 통계적 신호 기능 및 인공 신경망(ANNs)에 의해 인식된다. 상위 계층의 인식과 함께 파생되는 AR 계수를 통합, 따라서 가속도 신호의 자동 회기(AR) 모델링을 사용, 신호크기 영역과 증가되는 특징 벡터를 형성한다. 생성된 특징 벡터는 특정 인간의 활동을 인식하고 선형 판별 분석과 ANN에 의해 처리된다. 제안하는 활동 인식 방법은 주 제어기를 가슴에 부착하고 단일 축 가속도계를 이용하여 97.9%의 정확도를 가지는 세 가지의 상태, 15개의 활동을 인식한다.

Accelerometer based activity monitoring system for behavioural analysis of free-roaming animals

본 논문에서의 활동 모니터링 시스템은 사용자 무선 3축 가속도센서에 기반으로 하여 기술한다. 제안하는 시스템은 큰 동물의 행동분석에 적합하다. 무선센서가 목걸이에 부착되고, PC 로깅 애플리케이션으로 가속도 데이터를 전송한다. 수신된 데이터는 임계 교차 유도체 또는 수동 시 트리거링 이벤트를 분할함으로써 완전하게 또는 부분적으로 기록될 수 있다. 또한 세그멘테이션 방법은 축 데이터로부터 추출된 주기성에 기초하여 제안되었다. 분할된 데이터 단위는 분류를 위한 기계 학습 알고리즘(인공 신경망, 숨겨진 마르코프 모델 또는 서포트 벡터 머신)에 도입될 수 있다.

A Study on the Activity Classification Using a Triaxial Accelerometer

본 논문은 고정 축 본체 뒷면에 있는 가속도계를 사용하여 인간의 활동을 분석하기 위한 알고리즘 디자인을 기술한다. 첫 번째 단계에서는 AC신호 분석을 사용하여 정적 및 동적 활동 기간을 구별한다. 그리고 다섯 가지 정적 활동은 정적 활동 기간에 대응하는 DC 신호에 임계값을 적용한 것에 의해 분류된다. 또한, 동적 활동 주기에서 AC신호와 음의 피크 신호를 촬영 한 후, 네 개의 동적 활동 적용 임계 방법에 의해 분류 하였다. 제안 된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해, 피사체 (12)로부터 얻은 측정 신호들은 제안 된 알고리즘에 적용하고, 그 결과를 동시에 측정 된 영상 데이터와 비교 하였다. 그 결과, 평균 95.1 %의 활성 구분 확률을 얻었다. 제안된 분류 알고리즘이 보여주는 전체적인 결과는 정적 및 동

적 신체 활동을 분석하기 위해 사용 될 수 있는 가능성을 가지고 있다.

A Triaxial Accelerometer and Portable Data Processing Unit for the Assessment of Daily Physical Activity

본 연구는 일상적인 신체 활동 평가를 위한 축 가속도계 및 휴대용 데이터 처리 장치의 개발을 설명한다. TA는 세가지의 직교 축에 장착된 압전 저항 가속도계로 구성되어 있고 진폭과 인체 가속도의 주파수 범위를 포함한 가속도 기록에 사용 될 수 있다. Interinstrument 과 테스트 - 재테스트 실험은 오프셋과 TA의 감도가 각 측정 방향과 동일했고, 측정하는 2 일 동안 일정하게 유지 되었다. 횡축 감도는 각 측정 방향에서 상당히 달랐으나, 가속도계 출력에 영향을 주지 않았다.(주 축을 따라 3% 감도보다 큼) 데이터 유닛은 8일 기간 동안의 신체 활동 추정기 신뢰성을 위해 가속도계 출력의 온라인 처리를 가능하게 한다. 신체 활동 때문에 가속도 센서 출력과 에너지 소비 사이의 중요한 관계, 신체 활동을 위한 표준 참조를 시연한 실험실에서 표준화 활동 중 13명의 남성을 대상으로 시스템의 예비 평가를 했다. 시스템의 단점은 앉아있는 활동에 대한 낮은 민감도와 정적 운동을 등록할 수 없다는 것이다. 일상적인 신체 활동의 평가를 위한 시스템의 유효성과 실험실 외부의 특정 활동은 자유생활 부분에서 연구해야 한다.

Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and treatment with gonadotropin-releasing hormone at the time of insemination in lactating dairy cows

우유를 생산하는 젖소의 생산관리를 위한 가속도센서 시스템(Heatime : SCR 엔지니어사, Netanya, 이스라엘)을 평가하기 위해 두 가지 실험을 실시하였다. 실험 1에서 수유기 홀스타인 소(N=112)에서 가속도 센서 시스템을 장착하고 GnRH의를 처리한 다음 7일 후에 PGF_{2α}으로 발정을 동기화하였다. 총 89마리의 소를 가지고 난포의 크기가 직경 10mm 이상이고 기능 황체 PGF_{2α} 주입한 황체용해 후 48시간 단위로 퇴화를 분석에 포함하였다. 전반적으로 젖소의 가속도센서 시스템에 의한 발정이 71% 그리고 암소의 95%는 황체용해 유도 후 7일 이내에 배란 발정이 검출되었다. 가속도센서 시스템에 의한 발정 검출이 되지 않은 소의 35%는 황체용해 유도 후 7일 이내에 배란하였다. 발정활동(평균±표준편차) 기간은 16.1±4.7 시간이었고 우유 생산에 영향이 없었다. 황체용해 유도로부터 활동의 시작, 원시 활동 피크와 가중 활동 피크에서의 배란은 각각 82.2±9.5, 28.7±8.1, 20.4±7.8 그리고 16.4±7.4 시간 간격(평균±표준편차)이었고 인공수정으로부터의 배란 간격은 7.9±8.7시간이었다, 그러나 12부터 26시간 범위였다.

실험 2에서, 소는 가속도센서 시스템에 의해 발정 탐지 후 인공수정에서의 GnRH의 근육 내 주사를 하거나 처치(제어)를 하지 않으려고 랜덤하게 배정하였다. 461마리 소로부터 979 번의 인공수정 서비스를 분석하였다. 인공수정에서의 GnRH 처치는 인공수정 후 35 또는 65일에서 수정률에 영향을 미치지 않았고, 처치와 계절 또는 처치와 인공수정 번호 사이에

서 상호작용은 없었다. 전반적으로 소의 2/3는 가속도센서 시스템과 인공수정 후 배란을 기반으로 수정하여 적절하게 동기화 된 것으로 간주하였다. 나머지 소들이 수정되지 않은 이유는 발정이 검출되지 않았거나 발정 후 배란을 하지 못했기 때문에 인공 수정으로 임신할 수 있는 기회가 없었기 때문이다. 더욱이 가속도 센서 시스템에 의해 결정된 배란 관련 인공수정의 시간이 의미하는 것은 대부분의 발정을 나타내는 소를 허용한 것이다; 그러나 배란과 관련하여 발정 및 인공수정 타이밍의 지속 시간 동안의 변화가 일부 소에서는 빈약한 수정률로 이어질 수 있다. 젖을 생산하는 젖소는 가속도센서 시스템에 의한 발정 탐지, 발정기의 시작에 대한 참조 없이 인공수정 시간의 GnRH 처치에 의해 수정률이 증가되지 않았다.

estrus_detection_in_Dairy Cows from Acceleration Data using Self-learning Classification Models

농업에서 자동 발정 탐지 기술은 다른 특성에 의해 존재해왔다. 계보기와 가속장치는 대부분 공동의 센서 장치이다. 탐지 방법들 중의 대부분은 관리하고 분류하는 기술과 연관되어 있다. 그 기술은 훈련된 집단이 중요한 참조이다. 훈련된 집단은 시각적인 관찰에 의해 얻어져서 주관적이고 시간이 소모된다. 이 연구의 또다른 제한은 구별되는 수치, 소의 활동 유형, 소의 목걸이에 위치한 센서 노드의 위치와 방향과 같은 성공한 경고메세지에 영향을 미치는 요인들을 보통 고려하지 않는다는 것이다. 이 논문은 새로운 발정 탐지 방법을 제시한다. 그 방법은 각각의 소들을 위해 온라인으로 훈련된 집단을 창조하는 k의미 클러스터링 알고리즘을 사용한다. 그리고 훈련 집단은 마지막으로 활동 분류 모델로 만들어진 SVM으로 사용된다. 활동 색인은 발정의 시작을 평가하기 위해 소의 활동 변화량을 측정할 수 있는 기간에서의 분류 결과에 의해 정해진다. 실험적인 결과들은 활동 색인 곡선에서 발정시간의 최고점이 발정이 아닌 시간 보다 적어도 두 배 이상 더 높은 것을 가리키고 이것은 민감성을 강화 할 수 있고 눈에 띄게 에러의 비율이 줄일 수 있다.

Feature Selection and Activity Recognition System Using a Single Triaxial Accelerometer

활동 인식은 의학의 모니터링과 갱생과 같은 다양한 응용을 요구해왔다. 이전에 개발된 3축 가속도 센서를 이용한 활동 인식 시스템은 변동성과 함께 섞인 결과들을 제공했다. 이 논문은 실제 환자 모니터링의 응용에 사용되던 몸에 착용한 무선 가속도계를 이용한 정확한 활동 인식 시스템을 제시한다. 이 알고리즘은 하나로부터 오는 데이터를 이용하고, 허리에 달린 3축 가속도계가 6일 동안의 일상활동의 걸음걸이와 변천하는 사건을 분류해준다. 이 가속도계는 허리둘레의 어떠한 위치에도 달릴 수 있다. 그러므로 사용자의 훈련이 줄어든다. 특징 선택은 이 논문에서 소개하는 새로운 특징뿐만 아니라 이전에 발표된 특징으로부터 SFFS와 Relief-F를 이용하여 행해진다. 적절하고 튼튼한 특징들은 허리 주변의 가속도계의 위치와 상관없이 선택된다. SFFS는 거의 Relief-F와 비교하여 특징들의 수들 중 반이

선택한다. 그리고 Relief-F 보다 더 높은 정확도를 제공한다. 활동 분류는 Maive Bayes와 k-NN을 이용하여 수행되고 그 결과들은 비교된다. 7가지의 주제에서 활동 인식 결과들은 분류자들을 위한 약 98%의 전체의 정확도를 추정하고 보여준다. 개인의 활동 각각의 정확도는 95%이상이다.

Effects of management and health on the use of activity monitoring for estrus detection in dairy cows

신체적 활동 사이의 다양한 생산, 건강의 영향과 관계 배란 전 난포기 식별 소 활동 모니터링 시스템 사이의 각각의 소에 대해 생성된 신체 활동 지수 관계에 목적을 두고 조사되었다. Heatime 모니터 발정활동 번식 분만 기간에 소, 목장을 모니터하였다. 프로게스테론 분석 생식 활동의 재개를 특성화하는 우유 샘플은 주간 단위로 두 번 집계되었다. 생식 기관의 건강은 초음파 검사나 질 점액의 점수에 따라 매주 평가하였다. 몸 상태 점수와 우유 생산량은 매 2주 평가하였다. Heatime 145 수정 69 개념을 도입했기 때문에 배란 전 난포기의 72%를 식별했다. ; 활동 클러스터의 32%는 높은 황체 호르몬의 상태(즉 위양성)과 관련이 있었다. 21.3% 위양성과 함께 6~8시간 포함해서 지속 시간 임계 값과 경계를 유지 피크 활동 임계 값이 87.5%로 향상되었다. 내림차순으로 먼저 배란 난포 단계에서 배란 전의 여포기(4.8 ± 2.13 and 8.4 ± 1.4)와 높은 프로게스테론 상태 (8.0 ± 0.47 and 3.0 ± 0.42) 동안의 피크 활동(\pm 표준 평균의 오류) 및 클러스터 기간 (각각 19.3 ± 0.53 및 10.8 ± 0.38) 평균 두 번째 또는 후속 배란 난포 단계에 대해 가장 높았다. 배란 전 난포 기간이 아닌 기간 내의 모든 2시간의 증가를 최대 활성의 모든 1 단위 증가 91%에 의하여 29% 향상된 높은 프로게스테론 단계이다. 배란 전 난포기 활동 감지 클러스터의 확률, 몸 컨디션 점수가 0.25 단위 높았다. 유량이 10킬로미터 낮았다면, 두 번째 또는 후속 난포기에서 자궁감염이 존재하지 않는 경우에 향상되었다. 개념 속도는 클러스터 후 같은 날(52 %) 또는 일에 인공 수정에 의해 inseminations 는 AM-PM을 사용하여 영향을 받았다. 배란 여포 위상보다 정확한 자동 모니터링의 개발의 진보 임신율을 향상, 즉, 인공 수정 타이밍을 도울 것이다.

Estrus Detection and Estrus Detection Aids

좋은 관리를 대체 할 수는 없다. 각 동물은 주의깊게 확인하여야 한다. 목자는 발정 또는 임박한 발정의 모든 징후를 알고 있어야한다. 발정의 시각적 검출이 매우 효과적일 뿐만 아니라, 충분한 시간이 짧은 발정 기간이 동물을 잡기 위해 적어도 하루에 두 번 촬영해야 한다. 현재 잠재적인 2A-H 감시를 제공 감지 발정 두 시각 자료가 있다. 한 원조에 각 소에 장착된 압력 감지 장치이다. 소가 장착을 의미할 때 각 젓소가 트리거 할 수 있다. 두 번째는 컬러 잉크 마커 동물 마운트 및 마운트 해제 등의 발정 동물의 뒷면을 스트라이프 것이다. 성적으로 공격적인 동물이 착용 표시 장치이다. 두 디바이스를 적절하게 사용하는

경우 효과적이다. 자궁 경부 점액의 변화, 질 특성, 온도, 혈액의 흐름, 혈액, 우유의 호르몬 변화의 다른 시험은 젖소의 발정의 일상적인 검출을 위한 실용적인 보조있을만큼 아직 충분히 신뢰할 수가 없다. 프로게스테론 우유는 문제의 소를 특징화하여 지원할 수 있다.

The Basics of Heat(Estrus) Detection in Cattle

효율적인 발정탐지는 약간의 추가적인 노력과 관리를 필요로 한다. 소는 시도 때도 없이 발정기가 오는데, 더운 날씨에는 활동적이지 않을 수도 있고, 발정이 단기간만 지속되며(대략 12-18 시간), 이것은 목격하는 것을 어렵게 한다. 동물들을 작은 그룹(4~5마리)에서 교류하게 해주고 하루에 두세번의 발정에 대한 관찰을 하는 것은 동물들의 주기를 포착할 기회가 많아지게 할 것이다. 발정의 발견 자료와 동기화의 이용은 발정을 목격하는 시간을 굉장히 짧게 해줄 수 있지만, 비주기적인 무리들에게는 유익하지 않을 것이다. 주기적인 소들은 디테일한 것에 관심을 주고, 질 높은 영양을 공급하며, 발굽 건강을 포함한 특출난 편안함을 제공하는 관리를 필요로 한다. 대부분의 목장 주인은 일수의 감소와 임신하지 않은 암컷에 기인하는 도태율의 감소, 그리고 분만 간격의 단축으로 인해 경제적인 측면과 근로적인 측면에서 모두 혜택을 볼 것이다.

User-friendly system for recognition of activities with an accelerometer

사람의 일상의 행동을 모니터링하는 것은 건강관리와 예방을 위해 가치 있는 정보를 제공할 수 있고, 주변 요양 시설의 현장에서 제공하는 애플리케이션이 중요해 질 수 있다. 이 연구의 목표는 자세의 분류와 지식베이스 방식을 이용한 활동과, 이러한 방법의 성능 평가이다. 가속도 데이터는 실험대상의 특정한 위치에 부착된 단일 3축 가속도계에 의해 얻어진다. 트레이닝과 테스트 할 준비가 되어있는 데이터는 다양한 자세와 행동을 수행한 대상으로부터의 데이터 수집에 의해 얻어진다. 이를 위해, 세가지의 지식 기반의 (의사결정 분지도와 신경망) 분류 방법과 혼성분류기가 시행되고, 테스트되며, 평가된다. 테스트의 결과는 혼성분류기가 98.99%로 전반적으로 최고의 정확성으로 수행됐다는 것을 실증했다. 지식 기반 방법의 장점은 센서 위치의 다른 타입과 대상의 건강 상태를 위해 개발될 수 있는 교환 가능한 지식 베이스이다.

Automatic Estrus Detection System for Dairy Animals

이 논문은 낙농 동물들의 발정탐지를 새로운 처리방법을 목적으로 한다. 낙농기술이 날마다 발전하는 때문에, 낙농동물의 번식능력이 최근화두가 되고 있다. 이러한 낙농동물의 번식능력은 정확하고 일반적인 발정탐지를 요구한다. 발정은 단지 행동 증상에 불과하고 암컷의 경우 보통 배란일과 겹쳐 나타난다. 적시에 감지하는 것이 낙농동물의 출산율을 높일 수 있는 유일한 방법이다. 확장된 분만 간격 및 추가의 정액 소비 때문에 발정하지 않는 동물이 경제적 손실을 초래한다. 동물의 발정과 번식 탐지 실패 결과가 결국 소유자의 경

제적 손실을 초래하게 된다.

정확한 발정탐지는 인공수정의 적절한 타이밍을 제공한다. 그래서 발정 탐지는 낙농 기술의 효과적인 성장을 위한 중요한 솔루션이다. 발정주기 동안 동물은 증가행동을 보여준다. 따라서 제안된 기술에서, 세 가지 징후에 대한 맨 처음 시간이 세 개의 센서에 의해 감지된다. 세 개의 센서로부터 오는 신호가 마이크로컨트롤러로부터 제공 받는다. 그리고 마이크로컨트롤러는 데이터를 처리하고, 화면에 데이터 디스플레이 한다. LCD화면뿐만 아니라 개인컴퓨터로 무선으로 전송한다. 그리고 PC에서는 데이터를 디스플레이하는 소프트웨어 모듈을 실행한다.

Precision farming - Animal behaviour analysis with GPS and 3D accelerometers Spink et al

젖소의 한 무리들에게 GPS 추적 목걸이와 그들의 행동방식을 수동으로 기록하는 Pocket Observer S·W를 장착했습니다. TrackLab는 데이터를 시각화하는데 사용되었습니다. 수동으로 기록된 행동방식은 수렵생활, 휴식, 산책의 GPS 데이터를 분류하는데 사용되었습니다. GPS 데이터는 행동방식에 대한 매우 높은 예상 가치를 가지고 있습니다. 되새김질과 서 있는 것은 단독의 GPS 데이터를 기반으로 구별 할 수 없습니다. GPS 태그와 가속도계 데이터의 추가된 캐나다 거위 실험에서 매우 유망한 결과를 보여주었는데 단독의 GPS를 사용하여 분류할 수 있는 것 보다 더 많은 행동을 구별 할 수 있었습니다. 이것은 농장 관리자가 가능한 범위에서 마음을 터놓고 자동으로 발정난 소와 위치를 탐색하는 것을 포함합니다.

Real-time Daily Activity Classification with Wireless Sensor Networks using Hidden Markov Model

본 논문에서는 Hidden Markov Model(HMM)에 접근하기 위해 실시간 활동 분류 웨어러블 무선센서네트워크에서의 신호를 사용합니다. 웨어러블 무선 센서 네트워크는 지속적으로 대상의 실시간 움직임을 모니터링하는데 사용할 수 있습니다. 그러나, 무선 센서 노드들은 제한된 배터리와 컴퓨팅 자원에 의해 강요됩니다. 제안된 HMM 프레임 워크는 낮은 데이터 전송 속도를 갖는 가장 가능성이 높은 활성 계열을 검색하기 위해 적용되어 있습니다. 이는 일상에 매우 적합한 활동 분류 애플리케이션으로 만들어졌습니다. 성능은 3개의 가속도계로 구성된 작은 센서를 이용하여 평가되었습니다. 활동 탐색 율은 11개의 활동 시리즈와 5개의 과목들을 테스트하여 95.82%입니다.

Heat detectoptmtecjmoqies om cattle and buffalo

수정의 적절한 타이밍을 달성하기위한 열 감지 낙농 무리에 높은 수태율을 달성하는 최대의 제약입니다. 발정 탐지가 우선적으로 고려해야 할 중요한 과제입니다. 비효율적인 열

감지 무리의 출생 상황을 줄일 수 있습니다. 매니페스트 발정 기준에 개입. 발정 징후는 중추 신경계 (CNS)에 대한 에스트로겐의 효과에 의한 것입니다. 올라타 서는 것은 가장 신뢰할 수 있는 발정 신호이다. 배란 시간은 지속적인 열에 의해 쉽게 추정된다. 다양한 요인은 그 공급 및 관리 개입이 가장 중요한 요소 중 하나 인 외부 발정 행동에 영향을 미치는 책임이 있습니다. 더 나은 결과를 얻을 수 조합으로 사용되는 경우 그것은, 그러나, 열 감지 AIDS 적어도 30 분 간격으로 3 회 하루에 행해진 경우 동물 육안으로 열 감지의 효율성을 향상시키기위한 최적 같은 방법입니다. 난소 및 우유와 초음파 모니터링의 황체 호르몬 (P)의 추정 배란 시간을 추정하기위한 생식 관은 다른 중요한 방법입니다. 배란 시간은 배란이 일어날 때 기반으로 인공 수정 (AI)에 대한 최적의 시간으로 낙농 재생 관리에서 매우 중요한 포인트입니다. 그것은 이미 발정 탐지만으로는 모르게 발정의 발생률을 줄이기 위한 낙농 암소의 중요한 관찰이 필요 무리의 생식 상태에 상당히 기여하고 있는 것으로 설정되어 있습니다.

On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows

젖소의 발정탐지는 전자활동 태그와 보수계에 따라 효과적으로 촉진된다. 발정강도 및 지속시간의 정의는 활동자료에 있습니다. 이 연구는 시간당 활동데이터에서 행동발정을 실험 집단에서 활동 데이터 알고리즘을 적용하기 위한 알고리즘을 개발합니다. 제1의 4 패리티 안에 젖소와 홀스타인(n=211),저지(n=126),레드데인(n=178) 소와 처녀 소(n=132) 으로 구성된다. 이 알고리즘은 시간마다 활동 카운트에서의 편차에 따라 발병, 지속 시간 및 발정도의 강도를 식별하는데 사용되었습니다. 학습데이터는 인공 수정 후 2주간동안 활동 기록과 461의 성공 수정이 포함되어 있습니다. 발견한 발정오류율은 선택된 임계값 수준에 의존하고 있습니다. 74.6 %의 검출 율을주는 임계 값에서 매일 오차율은 1.3 %였다. 우유 프로게스테론도 유용 - 할 수있는 전체 데이터의 부분 집합에 적용하면 프로게스테론에 따라 유사한 특성을 가진 첫 번째 활동 감지 발정 일의 일치는 선택된 한계 때문에 그 엄격한 임계 값에 의존하고, 계약에 가까워졌다. 단일 형질 혼합 모델은 발정 활동 특성에 대한 체계적 요인의 효과를 결정하는 데 사용했습니다.

일반적으로는 활동의 에피소드는 두 연령군에서 (2.8 배 증가에 상당) 1.03 LN 단위의 평균 강도와 암소에서 9.24 시간과 가축에 8.12 시간 계속되었습니다. 레드데인들은 홀스타인과 저지 (각각 29.4,33.1 및 33.9 D)보다 높은 활성의 첫 번째 에피소드에 유의하게 적은 일이 있었습니다. 그러나, 저지들은 짧은 기간을 가지어 가지고 있었고, 레드데인들과 홀스타인보다 발정 적은 힘을 가지고 있었다. 소의 랜덤효과가 처음에 높은 활동과 강도의 에피소드뿐만 아니라 발정지속에도 영향을 받았다. 높은 활동의 첫 번째 에피소드에 분만에서 초기의 바디컨디션 점수와 부정적인 관련이 있다. 결과는 활동 모니터에서 데이터는 생식력 형질에 대한 유용한 정보를 제공 할 수 있음을 시사하고 이를 통해 경영에 도움이 될 수 있습니다. 발정이 필요로 하는 측정에서 더 많은 정보와 프로게스테론과 활동의 측정 진학

사이에 보완성과 상호 의존성을 말합니다.

Classification of Posture and Movement Using a 3-axis Accelerometer

인간의 활동에 대한 실시간 모니터링은 활동량과 능력에 대한 유용한 정보를 제공한다. 본 연구는 일상생활 사이에 감소하는 활동량이나 비상 사태 인식을 위한 편리한 저용량 그리고 저전력 가속도 모니터링 시스템을 구현한다. 가속도 센서 신호의 무선 전송을 위해 우리는 센서 네트워크를 기반한 무선 통신 시스템을 개발하였다. 게다가, 우리는 실시간으로 PC에 무선으로 송신된 신호를 저장하고 감시하기 위한 프로그램을 개발하였다. 구현 시스템의 성능은 자세의 변화에 따른 시스템의 출력 특성을 평가함으로써 평가 하였다. 그리고 파라미터와 문맥인식 알고리즘은 일상생활에서의 활동량을 모니터링하여 감소하는 활동량이나 낙하 등의 긴급 상황을 인식하기 위해 개발되었다. 특히, 가속도의 급격한 변화로 인한 인식의 오류는 하강 보정 알고리즘을 적용함으로써 최소화 하였다.

Effectiveness of Rujp-Mounted Devices and Androgenized Females for Detection of Estrus in Dairy Cattle

엉덩이에 장착된 장치를 이용한 효과와 chin-ball 표시가 된 남성화된 암컷에 장착된 장치를 이용한 발정 탐지에서 1124번의 발정 주기를 검출하였다. 발정 번호, 지역, 검출 방법의 유형(육안을 통한 발정의 비교), 그리고 우유프로게스테론의 영향에 따른 지속적인 행동. 육안을 통한 발정의 불일치율은 13.2, 17.0 그리고 18.5% 그리고 동시에 두 디바이스가 사용됨. 관찰된 지속적인 행동의 빈도는 네 번째와 다음 발정 기간에 더 컸다. 높은 우유프로게스테론의 비율이 지속되면 소의 수정 가능성이 의심된다. 그리고 두 디바이스가 사용됐을 경우 12.6%이다. 남성화된 소에 chin-ball 표시를 이용한 장치는 47%의 가축에 뚜렷한 발정이 나타났다. 그러나 높은 우유 프로게스테론은 아니었다. 엉덩이에 장착된 장치와 남성화된 암컷의 1.3에서 6.2%로 증가된 발정 탐지 비율의 조합은 장치나 남성화된 암컷에 단독으로 사용된다. 엉덩이에 장착된 장치의 손실 비율은 40%를 넘는다. 높은 우유프로게스테론은 발정에서 낮은 출산율과 연관이 있었다.

Activity Recognition from Accelerometer Data

활동 인식은 상황 인식의 큰 범위 중 하나이다. 본 논문에서 우리는 가속도계 데이터를 통해 사용자의 활동을 인식하려고 한다. 활동 인식은 분류의 문제를 만들어냈다. 기본 레벨의 분류와 메타 레벨의 분류 성능은 비교된다. 많은 수의 인식은 다른 환경에서도 일관된 성능을 잘 수행하는 것으로 발견되었다.

Animal Behaviour Understanding using Wireless Sensor Networks

본 논문은 자동화된 가축 관찰 및 제어를 위한 무선 센서 네트워크의 사용의 조사 목적으

로 호주 연방과학원에 의해 진행된 연구를 제공한다. 그것은 광범위한 소의 방목지, 긴 시간의 데이터 샘플링, 그리고 계속적으로 변화하는 물리적인 환경과 같은 이유 때문에 기존의 기술을 통해서도 현실적이고 믿을 수 있는 소들의 관찰 결과를 얻기가 어렵다. 무선 센서 네트워크는 크게 증가하고 있는 공간과 측정 데이터의 일시적인 해결을 위한 잠재력의 범위 안에서 새로운 가능성을 가져온다. CSIRO(호주 연방과학원)은 크게 그들의 방해 없이 우리가 관찰 가능하고 동물들의 정보 수집 한 곳에서 동물 행동 방식 모니터링을 위해 무선 센서 플랫폼을 만들었다. 앞에 이미 언급한 모니터링 정보에 기반해서 우리는 각각의 동물들의 행동 방식과 활동을 성공적으로 발견할 수 있다.

제 7 장 연구시설·장비 현황

해당사항 없음

제 8 장 연구실 안전관리 이행실적

해당사항 없음

제 9 장 참고문헌

- Khan, A. M., Lee, Y.K., Lee, S. Y., Kim, T. S. 2010. A Triaxial Accelerometer-Based Physical-Activity Recognition via Augmented-Signal Features and a Hierarchical Recognizer. *IEEE Journal of Biomedical and Health informatics*. 14(5):1166-1172.
- Santha, G., Hermann, G. 2013. Accelerometer based activity monitoring system for behavioural analysis of free-roaming animals. *Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, 2013 IEEE 11th International Symposium on. pp.199-203.
- Park, H. D., Lee, K. J., Lee, S. H., Hong, S. Y., Kim, Y. H. 2003. A Study on the Activity Classification Using a Triaxial Accelerometer. *Proceedings of the annual international conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 25(3): 2941-2943.
- Bouten, C. V. C., Koekkoek, K. T. M., Verduin, M., Kodde, R., Janssen, J. D. 1997. A Triaxial Accelerometer and Portable Data Processing Unit for the Assessment of Daily Physical Activity. *IEEE transactions on bio-medical engineering*. 44(3): 136-147.
- Valenza, A., Giordano, J. O., Lopes, G., Vincenti, L., Amundson, M. C., Fricke, P. M. 2012. Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and treatment with gonadotropin-releasing hormone at the time of insemination in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*. 95(12):7115-7127.
- Ling Yin, Tiansheng Hong, Caixing Liu. 2013. estrus_detection_in_Dairy Cows from Acceleration Data using Self-learning Classification Models. *Journal of Computers*. 8(10):2590-2597.
- Gupta, P., Dallas, T. 2014. Feature Selection and Activity Recognition System Using a Single Triaxial Accelerometer. *IEEE transactions on bio-medical engineering*. 61(6):1780-1786.
- Aungier, S. P., Roche, J. F., Sheehy, M., Crowe, M. A. 2012. Effects of management and health on the use of activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of dairy science*. 95(5):2452-2466.
- Foote, R. H. 1975. Estrus Detection and Estrus Detection Aids. *Journal of dairy science*.

58(2):248-256.

DuPonte, M. W. 2007. The Basics of Heat(Estrus) Detection in Cattle. ctahr. hawaii.edu.

Krassnig, G., Tantinger, D., Hofmann, C., Wittenberg, T., Struck, M. 2010. User-friendly system for recognition of activities with an accelerometer. Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2010 4th International Conference on. pp.1-8.

Markandeya, M. N., mhetre, M. 2013. Automatic Estrus Detection System for Dairy Animals. International Journal on Recent Trends in Engineering and Technology. 9(1):96-101.

Spink, A.; Cresswell, B.; Kölzsch, A.; Langevelde, F. van; Neefjes, M.; Noldus, L.P.J.J.; Oeveren, H. van; Prins, H.H.T.; Wal, T. van der; Weerd, N. de; Boer, W.F. de. 2013. Animal behaviour analysis with GPS and 3D accelerometers. 6th European Conference on Precision Livestock Farming. pp.229-239.

Jin He, Huaming Li, Jindong Tan, 2007. Real-time Daily Activity Classification with Wireless Sensor Networks using Hidden Markov Model. Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE. pp.3192-3195.

Thakur Krishna Shankar Rao, Niranjana Kumar, Pankaj Kumar , Shailendra Chaurasia and Navin B. Patel. 2013. Heat detection techniques in cattle and buffalo. veterinaryworld.org. pp.363-369.

Lovendahl, P., Chagunda, M. G. G. 2010. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. Journal of dairy science. 93(1):249-259.

Do-Un Jeong, Se-Jin Kim, Wan-Young Chung. 2007. Classification of Posture and Movement Using a 3-axis Accelerometer. Convergence Information Technology, 2007. International Conference on. pp.837-844.

Gwazdauskas FC, Nebel RL, Sprecher DJ, Whittier WD, McGilliard ML. 1990. Effectiveness of Rump-Mounted Devices and Androgenized Females for Detection of Estrus in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science. 73(10):2965-2970.

Ravi, N. , Dandekar, N. , Mysore, P. , Littman, M. L. 2005. Activity Recognition from

Accelerometer Data. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. 20(3):1541-1546.

Guo, Y. Corke, P., Poulton, G., Wark, T., Bishop-Hurley, G., Swain, D. 2006. Animal Behaviour Understanding using Wireless Sensor Networks. Local Computer Networks, Proceedings 2006 31st IEEE Conference on. pp.607-614.

D. U. Jeong, S. J. Kim, W. Y. Chung, Classification of posture and movement using a 3-axis accelerometer. IEEE International Conference on Convergence Information Technology, pp. 837-844. November, 2007

Markandeya, M. N., Mhetre, M. Automatic Estrus Detection System for Dairy Animals. International Journal on Recent Trends in Engineering & Technology, September, 2013

Ping-zeng Liu, Wei-min Ding, Xiao-han Wang, Yong-qian Ding, and Chang-hua Lu, Design of automatic system to detect cow oestrus[J], Measurement & Control Technology, 25(11), 2006.

W. P. Hong, and H. K. Cho. Estrus detection of cows by radiotelemetry, Journal of BioSystem Engineering, 26(5): pp. 481-486, 2001.

M. S. Lee, Physiological characteristics of Korean native cattle estrus and the method of enhancing reproductive rate for productivity promotion, National Institute of Animal Science.

S-K Kim, Sung-Ha Kim, Bo-Hyun Kwun, and Hwan-Yul Yong, Penile translocation surgery of a calf for exact and quick detection of estrus on a dairy farm, Journal of Veterinary Clinics, 26(4): pp. 376-378, 2009.

K. J. In, Y. W. Chung, D. H. Park, H-H Chang, and S. Kim. Cow sound acquisition and oestrus detection process in a noisy cattle shed, Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp. 944-946, 2013.

J-T Seo, B-J Yoo, S-Y Kim, P-H Jung, and C-Y Park. Detection system of standing estrus in cattle using USN, Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, 36(2D): pp. 181-186. 2009.

S. G. Oh, D. H. Park, H. H. Chang, and Y. W. Chung, Unusual behavior detection of Korean cows using motion vector and SVDD in video surveillance system, KIPS Tr. Software and Data Eng. pp. 795-800.

Livestock Research Institute, National Agricultural Federation. A new technology of the dairy farming, Rural Development Administration,(ISSN:11-1390271-000087-14) pp. 170, 2002.

J. S. Moon, H. M. Kang, G.C. Jang, and J. M. Kim, Studies on application and development of program for reproductive management in dairy cows, Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2003.

J-T Seo, B-J Yoo, S-Y Kim, P-H Jung, and C-Y Part, Detection system of standing estrus in cattle using USN, Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 36, No. 2(D), 2009.

Mrunal N. Markandeya, and Prof.Manisha mhetre, Automatic estrus detection system for dairy animals, Int. J. on Recent Trends in Engineering and Technology, Vol. 9, No. 1, July 2013.

D-J weon, Korean native cattle breeding facilities and environmental management, National Institute of Animal Science, Dec. 2008.

곽호, USN 기반 가축 관리 시스템, 순천향대학교 컴퓨터학과 석사학위논문, 2015.6

김현기, ICT 기반의 가축 발정 감지를 위한 시스템 연구, 순천대학교 정보통신공학과 석사학위 논문, 2013.12

신동희, 이재길, 빅데이터 동향 및 시사점, 인터넷정보학회지 제14권 제2호, 2013.06,

한성근, 공간 빅 데이터를 위한 Spatial HBase의 설계 및 구현, 건국대학교 정보통신공학과 석사학위논문, 2013.02

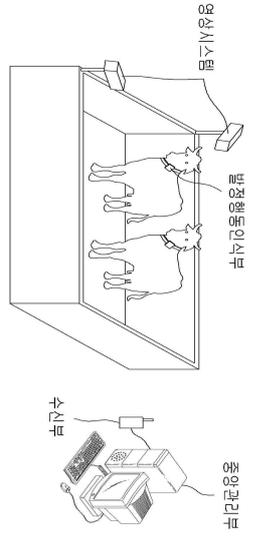
조영탁, 이원진, 이인규, 온병원, 최중인, 하둡기반 빅데이터 시스템을 이용한 스마트그리드 전력 데이터 분석, 전기학회논문지 제64P권 제2호, 2015.06

<첨부> 특허, 논문 및 시장분석 보고서

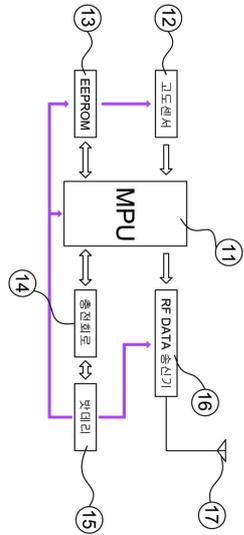
<표 검색식>

소의 발정탐지 기술	((소 or 암소) and (발정)) : 한국 ((cow*) and (estrus*)) : 미국, 유럽, PCT, 일본, 중국
---------------	---

(1) 관련 기술/제품의 국내 지식재산권(특허 등) 현황

기술분야	데이터 처리 시스템 또는 방법 등	번호	G06Q 50/02
등록번호	등록일	특허권자	대표도면
[KR] 01491774000 0	2015-02-03	대한민국(농촌진흥청장)	
제목	소 행동별 발정인식 시스템		
본 발명은 소 행동형 발정인식 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로 소의 시간별 승가 또는 운동량 패턴을 기록한 전기 신호를 분석함으로써 발정을 인식할 수 있는 소 행동형 발정인식 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 소 사육 번식 농가에서 대상우의 시간별 승가 또는 운동량 패턴을 정밀하게 분석함으로써 발정 발견율이 개선될 수 있으며, 이를 통한 번식 개체 관리 효율성을 제고함으로써 사육 번식 농가의 경제성을 향상시킬 수 있다.			
기술분야	신호 또는 알림 시스템	번호	G08B 21/18
등록번호	등록일	출원인	대표도면
[KR] 10123635500 00	2013-02-18	김종선	
제목	고도센서를 이용한 암소의 발정 알림 시스템		
본 발명은 고도센서를 이용한 암소의 발정 알림 시스템에 관한 것으로서, 농장 내 각각의 소마다 채워지는 목걸이(3)에 일체형으로 설치되며, 고도 값의 변화를 토대로 발정 징후를 알리는 승가행위에 대한 정보를 단말기 인식정보와 함께 RF 통신으로 수신기로 전송하는 단말기(4), 그리고 농장 내에 설치되며, 단말기(4)로부터 RF 통신을 통해 전송되는 단말기 인식정보를 토대로 특정 소의 발정 징후를 알리는 승가행위에 대한 정보를 화면			

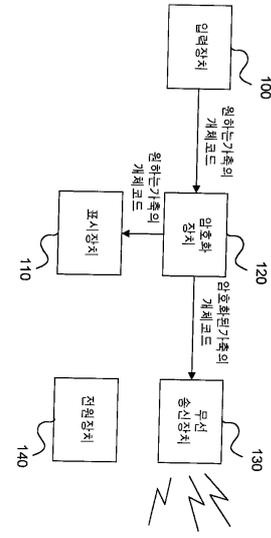
상에 표시하는 수신기로 구성된다. 따라서, 본 발명은 농장주나 관리자가 수신기의 화면을 통해 손쉽게 소의 발정 상태를 확인할 수 있으며, 이에 따라 24시간 소의 발정을 지켜볼 필요가 없어 적은 인력으로 젖소의 수태를 관리할 수 있다.



기술분야	수의학 기구, 구현, 도구 또는 방법	번호	A61D 19/00
등록번호	등록일	특허권자	대표도면
[KR]10032530 60000	2002-02-06	대한민국(농촌진흥청장)	
제목	번식우 발정 검출기		

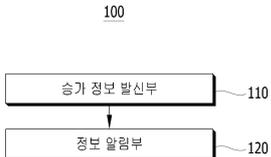
본 발명은 번식우 발정 검출기에 관한 것으로, 좀더 상세하게는 발정난 소를 검출하여 이를 무선으로 전달하여 외부에서 소의 발정상태를 확인할 수 있도록 하는 장치에 관한 것이다.

이에 본 발명의 번식우 발정 검출기는 소의 발정 상태를 검출하여 소마다 다른 코드로 외부에 번식우 발정 검출 송신기와, 이 신호를 수신하여 표시장치를 통해 운용자에게 보여주는 발정 검출 수신기와, 발정 검출 수신기가 검출한 발정난 소의 정보를 외부에서 입력 받을 수 있는 호출기나 이동 전화를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.



기술분야	직선 또는 각속도, 가속도, 감속도, 또는 충격 측정	번호	G01P 13/00
등록번호	등록일	특허권자	대표도면
[KR] 10094965100 00	2010-03-18	대한민국(농촌진흥청장) 이성준	
제목	지능형 승가 검출기		

소의 승가 행위를 검출할 수 있는 소의 지능형 승가 검출기는 승가 정보 발신부 및 정보 알림부를 포함한다. 승가 정보 발신부는 소의 소정 위치에 착용되어 소의 행동에 따른 경사도 정보를 생성하고 소의 발정시의 승가 행동을 나타내는 승가 정보를



선별하여 송출한다. 정보 알림부는 승가 정보를 승가 정보 발신 부로부터 제공받아서 사용자에게 전달한다. 따라서, 소의 승가 행위를 이용하여 수정적기를 예측할 수 있어 소의 번식 효율을 증가시킬 수 있다.

기술분야	수의학 기구, 구현, 도구 또는 방법	번호	A61D 19/00
------	----------------------	----	------------

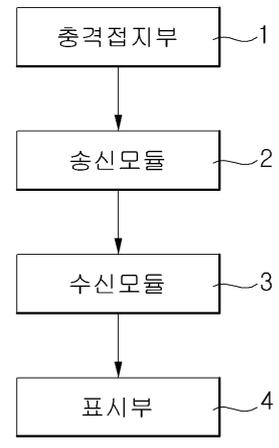
등록번호	등록일	특허권자	대표도면
------	-----	------	------

[KR] 10109845700 00	2011-12-19	대한민국(농촌진흥청장) 김춘수	
---------------------------	------------	---------------------	--

제목	소의 무인 승가검출기		
----	-------------	--	--

본 발명은 소의 무인 승가검출기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 소에 인공수정을 하기 전에 발정발견을 무인상태에서 하여 발정발견의 편의성 및 효율성을 도모하기 위한 소의 무인 승가검출기에 관한 것이다.

본 발명에 따른 소의 무인 승가검출기는, 소의 후지 발목에 부착되어 소의 승가 시 충격에 의해 작동되는 충격접지부와, 상기 충격접지부에 의해 감지된 충격 신호를 입력받아 무선으로 전송하는 송신모듈과, 상기 송신모듈로부터 무선으로 전송되는 신호를 입력받아 표시부로 전송하는 수신모듈과, 상기 수신모듈의 신호를 입력받아 소의 인식코드와 승가횟수와 최초 승가시간을 표시하는 표시부를 포함하는 것을 특징으로 한다.



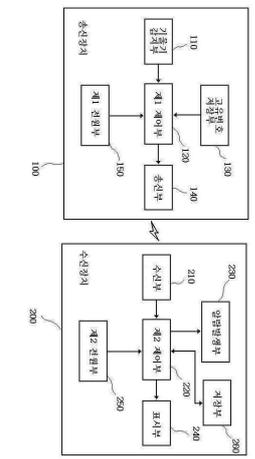
기술분야	수의학 기구, 구현, 도구 또는 방법	번호	A61D 19/00
------	----------------------	----	------------

등록번호	등록일	특허권자	대표도면
------	-----	------	------

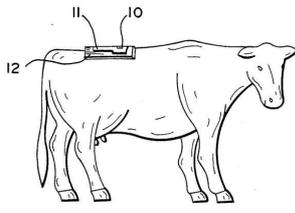
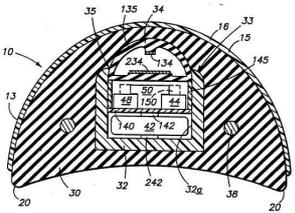
[KR] 20046168800 00	2012-07-24	박상래	
---------------------------	------------	-----	--

제목	암소 발정 통보 장치		
----	-------------	--	--

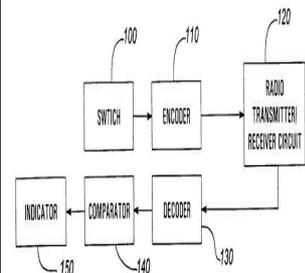
암소 발정 통보 장치가 제공된다. 본 고안에 따른 암소 발정 통보 장치는, 암소의 승가행위를 감지하여 무선신호를 송신하는 송신장치; 및 상기 송신장치로부터 무선신호를 수신하여 소 사육자에게 알리는 수신장치를 포함한다. 상기 송신장치는, 상기 암소의 기울기를 감지하는 기울기 감지부; 감지된 기울기가 미리 설정된 기준값 이상인 경우, 제어신호를 출력하는 제1 제어부; 상기 제1 제어부의 제어신호에 의해 무선신호를 송신하는 송신부를 포함한다. 상기 수신장치는, 상기 무선신호를 수신하는 수신부; 상기 수신부가 무선신호를 수신하면, 알람을 발생시키기 위한 제어신호를 출력하는 제2 제어부; 및 상기 제2 제어부의 제어신호에 따라 알람을 발생시키는 알람 발생부를 포함한다.



(2) 관련 기술/제품의 국외 지식재산권(특허 등) 현황

기술분야	진단; 진료; 식별	번호	A61B 10/00
등록번호	등록일	출원인	대표도면
[US]04895165	1990-01-23	William D. Blair	
제목	Electronic estrus detector		
<p>An electronic estrus detector that may be affixed to the back of a cow comprises a tapeswitch connected to a counter for storage and display of number of mounts by another cow. When a cow mounts another cow equipped with the estrus detector, the impact of the mounting cow upon the monitored cow closes the tapeswitch and increments the counter, such that the contents of the counter indicate the estrus condition of the monitored cow. In a second embodiment, a modified electronic estrus detector indicates estrus condition based upon satisfaction of a mount-second index. A user programs the estrus detector to show when a specified number of mounts, coupled with a specified total time duration of all mounts, has occurred.</p>			
기술분야	진단; 진료; 식별	번호	A61B 10/00
공개번호	공개일	출원인	대표도면
[WO] 1991014402	1991-10-03	WASHINGTON STATE UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION, INC.	
제목	ESTROUS DETECTION SYSTEMS		
<p>System for estrous detection in cattle or other animals exhibiting standing heat behavior. The system includes a surgically implanted unit (10) positioned at the hindquarters under the hide. The implanted unit includes a power source (42), a force responsive sensor (34), a controller (44), a transmitter (48), an antenna (38), and a fluid-tight capsule (30) which surrounds the other elements. The implanted unit senses force applied during mounting by another animal. It analyzes the duration of mounting to discriminate sustained mountings during estrus from shorter duration spurious mountings which routinely occur in cattle herds. The number of sustained mountings which occur in a fixed period are</p>			

<p>counted and the frequency is compared to a threshold which determines whether estrus should be indicated. An estrus condition is communicated telemetrically to a receiving base station (52). The systems allow fully automated estrous detection and analysis to be performed.</p>			
기술분야	신호 또는 알림 시스템	번호	G08B 23/00
출원번호	출원일	출원인	대표도면
[US] 09474713	1999-12-29	Republic of Korea (Management: Rural Development Administration)	
제목	Systems for identification and estrus state detecting in cattle		
<p>In a system for identifying a plurality of cattle bred on a livestock farm and detecting an estrus state thereof, an apparatus for detecting and identifying any one of cows in the estrus state, comprising a switch mounted on a caudal part of a corresponding one of the cows in such a manner that it can be operated when a different one of the cows mounts the corresponding cow, an encoder for generating an inherent identification code with respect to the corresponding cow in response to the operation of the switch, a radio transmitter/receiver circuit for transmitting the inherent identification code from the encoder externally by radio and receiving an external identification code by radio, a decoder for decoding the external identification code received by the radio transmitter/receiver circuit to detect an identification code value therefrom, a comparator for comparing the identification code value from the decoder with a prestored identification code value of the corresponding cow to determine whether the two identification code values are the same, and an indicator responsive to an output signal from the comparator for indicating that the identification code value from the decoder is the same as the prestored identification code value.</p>			
기술분야	진단; 진료; 식별	번호	A61B 10/00
등록번호	등록일	특허권자	대표도면



[US]05542431	1996-08-06	DDX Incorporated
제목	Heat detection for animals including cows	
<p>A system is disclosed for making determinations related to the heat cycle in a cow. The system includes an electronic patch attached to the cow. A transmitter module for transmitting heat mount data is contained in a pouch of the electronic patch. A removable and disposable battery is also contained in the pouch for powering the transmitter module. The heat mount data from the transmitter module is sent to a repeater module to maintain the quality of the transmitted heat mount data signal. The heat mount data is re-transmitted by the repeater module to a central receiver module which includes a memory for storing heat mount data. The heat mount data is downloaded to a computer upon request using software that is also used to analyze the heat mount data. Analysis of the heat mount data results in determining a value that is useful in deciding on the optimal time to breed the cow.</p>		

Electronic estrus detector :

다른 소가 올라탈 때의 행위를 소의 미근부에 압력을 인식할 수 있는 센서를 장착하는 방식이다. 승가행위만을 인식할 수 있는 방식

ESTROUS DETECTION SYSTEMS :

소의 미근부에 압력센서를 이용하여 승가행위를 인식하는 방법이다.

Systems for identification and estrus state detecting in cattle :

소의 미근부에 스위치를 부착하여 소의 승가를 검출하는 방법이다.

Heat detection for animals including cows :

상기 기술방법과 마찬가지로 소의 승가행위를 인식해서 발정기를 판단하는 방법이다.

소 행동별 발정인식 시스템 :

충격 감지기를 이용하여 소의 활동량을 측정하고 승가행위를 인식하는 방법으로 일정 크기의 충격이 가해져야만 활동량과 승가행위를 인식한다. 따라서 정확도가 많이 떨어지는 단점이 있다.

고도센서를 이용한 암소의 발정 알림 시스템 :

고도센서를 이용하여 승가행위를 검출하는 방식으로 발정징후를 승가행위 한 가지만으로 인식

한다.

번식우 발정 검출기 :

암소의 미근부에 부착한 스위치로 승가행위를 감지하는 방법으로 발정 행동을 검출하는 방법이다. 이는 승가 행위시 스위치를 정확하게 눌러야 되는데, 부착 위치에 따라 정확도의 감소와 파손의 우려가 있다.

지능형 승가 검출기 :

경사도 센서를 이용하여 승가행위를 검출하는 방법이다. 승가행위 이외의 행동에서도 승가행위 때의 경사도와 비슷한 값이 검출될 수 있다.

소의 무인 승가검출기 :

소의 뒷 발목에 충격감지기를 이용하여 소의 승가행위를 검출하는 방식이다. 소 행동별 발정인식 시스템과 동일한 방식의 충격 감지를 이용하는데, 승가행위만 인식하는 방법이다.

암소 발정 통보 장치 :

지능형 승가 검출기와 비슷한 방식으로 소의 상체의 기울기를 감지하는 센서를 이용하여 소의 승가행위를 검출하는 방식이다.

기존 기술과 본 과제의 차별성 :

상기 조사된 특허 방식들은 충격감지기, 기울기를 측정하는 센서를 이용하여 승가 행위를 검출하는데 초점이 맞춰져 있다. 발정기를 판단하는 데에는 여러 가지 변수들이 존재하고, 한 가지 행위만 가지고 발정기를 판단하면 정확도가 떨어질 수밖에 없다. 본 과제에서는 가속도 센서를 이용해서 발정기의 활동량이 많아지는 특징과 승가행위를 검출하고, 지자기(나침반)센서를 이용하여 승가허용 행위를 검출하는 방식으로 복합적인 정보를 토대로 발정기를 판단하게 된다. 따라서 기존 기술 대비 발정기를 검출하는데 있어 정확도의 향상이 기대된다.

관련기술 국외 지식재산권(논문) 현황

발행처		게재년도	대표저자
Journal of dairy science		2012	Valenza, A.
제목	Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and treatment with gonadotropin-releasing hormone at the time of insemination in lactating dairy cows		
<p>Two experiments were conducted to evaluate an accelerometer system (Heatime; SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel) to manage reproduction in lactating dairy cows. In experiment 1, lactating Holstein cows (n = 112) were fitted with an accelerometer system and were treated with GnRH followed 7 d later by PGF2α to synchronize estrus. A total of 89 cows that had a follicle >10 mm in diameter and a functional corpus luteum at the PGF2α injection that regressed by 48 h after induction of luteolysis were included in the analysis. Overall, 71% of cows were detected in estrus by the accelerometer system and 95% of cows showing estrus ovulated within 7 d after induction of luteolysis. Of the cows not detected in estrus by the accelerometer system, 35% ovulated within 7 d after induction of luteolysis. Duration of estrus activity (mean \pm SD) was 16.1 \pm 4.7 h and was neither affected by parity nor milk production. Intervals (means \pm SD) from induction of luteolysis, onset of activity, peak raw activity, and peak weighted activity to ovulation was 82.2 \pm 9.5, 28.7 \pm 8.1, 20.4 \pm 7.8, and 16.4 \pm 7.4 h, respectively, and the interval from AI to ovulation was 7.9 \pm 8.7 h, but ranged from -12 to 26 h. In experiment 2, cows were assigned randomly to receive an intramuscular injection of GnRH at artificial insemination (AI) after detection of estrus by the accelerometer system or receive no treatment (control). Nine hundred seventy-nine AI services from 461 cows were analyzed. Treatment with GnRH at AI did not affect fertility at 35 or 65 d after AI, and no interaction was detected between treatment and season or treatment and AI number. Overall, two-thirds of the cows that were considered properly synchronized were inseminated based on the accelerometer system and ovulated after AI. The remaining cows either were not inseminated because they were not detected in estrus or would not have had a chance to conceive to AI because they failed to ovulate after estrus. Furthermore, mean time of AI in relation to ovulation determined by the accelerometer system was acceptable for most of the cows that displayed estrus; however, variability in the duration of estrus and timing of AI in relation to ovulation could lead to poor fertility in some cows. For lactating dairy cows detected in estrus by the accelerometer system, treatment with GnRH at the time of AI without reference to the onset of estrus did not increase fertility.</p>			
발행처		게재년도	대표저자
Journal of Computers		2013	Ling Yin
제목	estrus_detection_in_Dairy Cows from Acceleration Data using Self-learning Classification Models		
<p>Automatic estrus detection techniques in dairy cows have been present by different traits. Pedometers and accelerators are the most common sensor equipment. Most of the</p>			

detection methods are associated with the supervised classification technique, which the training set becomes a crucial reference. The training set obtained by visual observation is subjective and time consuming. Another limitation of this approach is that it usually does not consider the factors affecting successful alerts, such as the discriminative figure, activity type of cows, the location and direction of the sensor node placed on the neck collar of a cow. This paper presents a novel estrus detection method that uses k-means clustering algorithm to create the training set online for each cow. And the training set is finally used to build an activity classification model by SVM. The activity index counted by the classification results in each sampling period can measure cow's activity variation for assessing the onset of estrus. The experimental results indicate that the peak of estrus time are higher than that of non-estrus time at least twice in the activity index curve, and it can enhance the sensitivity and significantly reduce the error rate.

발행처		게재년도	대표저자
Journal of dairy science		2012	Aungier, S. P.
제목	Effects of management and health on the use of activity monitoring for estrus detection in dairy cows		
<p>The aim was to investigate 1) the relationship between the physical activity index created for each cow by activity monitoring systems and the identification of the preovulatory follicular phase, and 2) the influence of various production, health, and cow factors on the relationship between physical activity and estrous behavior. Eighty-nine spring calving cows, on pasture, were monitored during the breeding season using the neck-mounted estrous activity monitor Heatime (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel). Milk samples were collected twice weekly for progesterone assay to characterize resumption of reproductive activity. Reproductive tract health was assessed weekly by ultrasonography and vaginal mucus scoring. Body condition score and milk yield were assessed every 2 wk. Heatime identified 72% of preovulatory follicular phases from which 145 inseminations resulted in 69 conceptions; 32% of activity clusters were associated with high-progesterone states (i.e., false positives). By inclusion of a 6 to 8-h duration threshold and maintaining the borderline peak activity threshold, this was improved to 87.5% with 21.3% false positives. Mean (\pm standard error of the mean) peak activity and cluster duration (19.3 ± 0.53 and 10.8 ± 0.38, respectively) were highest for the second or subsequent preovulatory follicular phases followed, in descending order, by those during first preovulatory follicular phases (14.8 ± 2.13 and 8.4 ± 1.4, respectively) and high progesterone states (8.0 ± 0.47 and 3.0 ± 0.42, respectively). The odds of an activity cluster being in a preovulatory follicular phase rather than a high-progesterone phase improved by 29% for every 1-unit increase in peak activity and by 91% for every 2-h increase in duration. The probability of an activity cluster detecting a preovulatory follicular phase was improved if it was a second or subsequent follicular phase, if body condition score was 0.25 units higher, if milk yield was 10 kg lower, and uterine infection was absent. Conception rate was influenced by insemination on the same day (52%) or day after a cluster (34.3%);</p>			

inseminations were carried out using the a.m.-p.m. rule. Advances in the development of more accurate automatic monitoring of the preovulatory follicular phase will aid the timing of insemination and, thus, improve conception rates.

발행처	게재년도	대표저자
Journal of dairy science	1975	Foote, R. H.

제목 | Estrus Detection and Estrus Detection Aids

There is no substitute for good management. Each animal should be identified carefully. The herdsman should know all signs of estrus or impending estrus. In addition, for visual detection of estrus to be highly effective, sufficient time must be taken at least twice a day to catch animals with a short estrus period. Presently there are two visual aids to estrus detection which provide potential 24-h surveillance. One aid is a *pressure* sensitive device mounted on the back of each cow which can be triggered when the cow stands for mounting. The second one is a marking device worn by sexually aggressive animals which will stripe with colored ink the back of estrous animals as the marker animal mounts and dismounts. Both devices are effective when used properly. Other tests of changes in cervical mucus, vaginal characteristics, temperature, blood flow, and hormone changes in blood and milk are either not sufficiently reliable or else simple enough yet to be practical aids for routine detection of estrus in dairy cattle. Milk progesterone can assist in characterizing problem cows

발행처	게재년도	대표저자
International Journal on Recent Trends in Engineering and Technology	2013	Markandeya, M. N.

제목 | Automatic Estrus Detection System for Dairy Animals

This paper deals with the new aid for detection of Estrus (Heat) in dairy animals. As dairy Technology is developing day by day, therefore reproductive performance of dairy animals is major concern in dairy industry. This Reproductive performance of dairy animals requires accurate and regular Estrus detection. Estrus is nothing but a behavioural symptom in mammals which indicate that female is mated close to the ovulation. That's why Timely detection of estrus is the only solution to increase the fertility rate in dairy animals. Failure to detect animal in estrus and breeding animals which are not in estrus result in economic loss for the owner because of extended calving interval and additional semen expenses. Accurate Estrus detection gives idea about proper timing of Artificial Insemination. So Estrus detection is the key solution for effective growth in dairy technology. During estrus period animal shows mounting behaviour, increased physical activity and vaginal temperature of animal is increased. So, in proposed technology, for the very first time all these three signs are sensed by three sensors. The signal from the sensors are given to the micro-controller, then micro-controller process the data, display the data on LCD screen as well as transfer all the data wirelessly to the Personal computer (PC). PC runs a software module which display all the data i.e. Animal name, number of mounting, physical activity and vaginal temperature.

발행처	게재년도	대표저자
-----	------	------

	Journal of dairy science	2010	Lovendahl, P.
제목	On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows		
<p>Detection of estrus in dairy cattle is effectively aided by electronic activity tags or pedometers. Characterization of estrus intensity and duration is also possible from activity data. This study aimed to develop an algorithm to detect and characterize behavioral estrus from hourly recorded activity data and to apply the algorithm to activity data from an experimental herd. The herd comprised of Holstein (n = 211), Jersey (n = 126), and Red Dane (n = 178) cattle, with virgin heifers (n = 132) and lactating cows in the first 4 parities; n = 895 cow-parities, with a total of 3,674 activity episodes. The algorithm was based on deviations from exponentially smoothed hourly activity counts and was used to identify onset, duration, and intensity of estrus. Learning data included 461 successful inseminations with activity records over a 2-wk period before and after the artificial insemination. Rates of estrus detection and error rate depended on the chosen threshold level. At a threshold giving 74.6% detection rate, daily error rate was 1.3%. When applied to a subset of the complete data where milk progesterone was also available, concordance of days to first activity-detected estrus with the similar trait based on progesterone was also dependent on the chosen threshold so that, with stricter thresholds, the agreement was closer. A singletrait mixed model was used to determine the effects of systematic factors on the estrus activity traits. In general, an activity episode lasted 9.24 h in heifers and 8.12 h in cows, with the average strength of 1.03 ln units (equivalent to a 2.8-fold increase) in both age groups. Red Danes had significantly fewer days to first episode of high activity than Holsteins and Jerseys (29.4, 33.1, and 33.9 d, respectively). However, Jerseys had significantly shorter duration and less strength of estrus than both Red Danes and Holsteins of comparable age. The random effect of cow affected days to first episode of high activity and strength as well as estrus duration. Days from calving to first episode of high activity correlated negatively with body condition scores in early lactation. The results suggest that data from activity monitors could supply valuable information about fertility traits and could thereby be helpful in management of herd fertility. To establish the complementarities or interdependence between progesterone and activity measurements, further studies with more information from different sources of measuring estrus are needed.</p>			

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업(스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템 개발)의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업(스마트센서를 이용한 소의 발정탐지 시스템 개발)의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.