

최 종 보 고 서

<p>(뒷면)</p> <div data-bbox="183 1406 395 1518" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 200px;">주 의 (편집순서 8)</div>	<p>u - I T 기 반 한 우 번 식 우 발 정 감 지 시 스 템 개 발</p> <p style="text-align: right; margin-top: 100px;">농림축산식품부</p>	<p>(앞면)</p> <div data-bbox="598 470 863 560" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">발간등록번호 11-1543000-001004-01</div> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.1em;">(Development of an estrus detection system for Hanwoo cows using u-IT)</p> <p style="text-align: center; margin-top: 150px;">경상대학교</p> <p style="text-align: center; margin-top: 100px;">농림축산식품부</p>
---	--	--

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발에 관한 연구” 과제의
보고서로 제출합니다.

2015년 11월 09일

주관연구기관명 : 경상대학교

주관연구책임자 : 장홍희

세부연구책임자 : 장홍희

세부연구책임자 : 김 석

협동연구기관명 : 고려대학교

협동연구책임자 : 박대희

협동연구책임자 : 정용화

요 약 문

I. 제 목

u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

연구성과의 목표 대비 실적

○ 연구성과의 목표

(단위 : 건수)

구분	특허		신제품				(예시) 유전자원 등록	논문		기타
	출원	등록	품종 명칭등록	품종생산 수입판매 신고	품종보호			SCI	비SCI	
					출원	등록				
1차년도									3	
2차년도	3								3	
3차년도		3						3		
계	3	3						3	6	

○ 연구성과의 실적

(단위 : 건수)

구분	특허		신제품				(예시) 유전자원 등록	논문		기타
	출원	등록	품종 명칭등록	품종생산 수입판매 신고	품종보호			SCI	비SCI	
					출원	등록				
1차년도	1	1						3	8	
2차년도	4	3						3	3	
3차년도								1	2	
계	5	4						7	13	

연구성과 활용 목표 대비 실적

○ 연구성과의 활용 목표

(단위 : 건수)

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	1	1	1	1	1	

○ 연구성과의 활용 실적

(단위 : 건수)

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	0	0			13	

Ⅲ. 연구개발의 목적 및 필요성

□ 연구개발의 목적

- 한우산업에서 경제적 손실을 크게 유발하고 있는 낮은 한우 번식우 발정 감지율을 증가허용행동추정기술, 음성인식기술 및 영상처리기술 등을 적용함으로써 현재의 발정 감지율 약 50%를 95% 이상으로 높일 수 있는 u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템을 개발

□ 연구개발의 필요성

- 한우농가의 규모가 전업화·기업화·대형화됨에 따라 작업자가 관리해야 할 한우 두수의 증가로 인하여 한우 번식우에 대한 세밀한 관리와 관찰이 어려운 실정임
- 한우 번식우의 수태율을 향상시키기 위해서 가장 중요한 것은 발정 시작 시각을 정확하게 판단하는 것임
- 그러나 발정이 밤 12시부터 새벽 6시 사이에 집중되어 시작되는 점과 주로 육안으로 발정을 관찰하는 점 등을 고려해 볼 때, 관리자가 한우 번식우의 발정 자체를 감지하기 어려울 뿐 아니라 발정 시작 시각을 정확하게 판단하기 매우 어려운 실정임
- 이처럼 발정 시작 시각을 정확하게 판단하지 못하게 되면, 수정 적기를 정확하게 예측하기 힘들고 이로 인하여 수태율이 저하되고 공태기간이 길어짐으로 인하여 한우농가의 경제적 손실이 지대하게 됨
- 따라서, 발정 감지 성공률을 높이기 위하여 증가허용행동 및 발정 특이음 등을 자동 측정함으로써 작업자의 번거로움을 최소화하고 발정을 감지할 뿐만 아니라 수정적기를 정확히 예측할 수 있는 자동화 시스템의 개발이 절실함

Ⅳ. 연구개발 내용 및 범위

□ 가속도센서/IR센서를 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발

- 증가 허용 행동 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 알고리즘 개발
- 가속도센서/IR센서를 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발
- u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능평가

□ 한우 번식우 발정 감지 알고리즘 개발 및 발정 감지 시스템의 현장 성능평가

- 미발정 한우, 발정 한우 및 기타(카테고리)별 음성, 활동량 및 증가허용행동에 대한 자료 수집
- 유효 파라미터를 이용하여 한우 번식우 수정적기 판단 기준 규명
- u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템의 현장 성능평가

□ 음성인식기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발

- 발정음 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 알고리즘 개발
- 음성인식기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발
- u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능평가

- 영상처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발
 - 승가 허용 행동 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 알고리즘 개발
 - 영상처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발
 - u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능평가

V. 연구개발결과

- 경남지역 한우농가 2곳에서 발정우 50두, 비발정우 100두에 대해 캠코더로 촬영하여 특성을 분석 수행하여 발정우 50두 중 35두에서 발정음이 나오는 것으로 확인되었으나 비발정우 100두 모두에서는 확인되지 않았음
- 보행수 증가는 비발정우에서도 보행이 이루어지고, 또한 대부분의 소가 사료 섭취 기간 이외에는 누워있거나 보행 없이 서있는 경우가 많았기 때문에, 정확한 보행수에 대한 기준설정이 어려웠음. 이에 따라 주관적 판단에 의하면 발정우의 보행수가 비발정우의 보행수에 비해 많다고 보기 어려웠고, 승가허용 및 승가 행동의 경우 발정우 50두 모두가 승가허용 또는 승가 행동을 나타내었으나 비발정우는 100두 중에서 5두만이 승가 행동을 나타내었음
- 발정우에 대한 임신여부 (재귀발정 및 수의사 소견)를 확인해본 결과 두농장 모두에서 총 50두 중 24두만이 임신에 성공한 것으로 판단되어 약 48%의 수정률을 보였는데, 이는 발정 시작시각을 정확히 예측하지 못함으로 인하여 수정적기를 부정확하게 판단함으로써 나타난 것으로 판단되어, 결론적으로, 수정적기 판단에 있어, 발정우의 승가허용이 가장 정확한 판단기준이 될 것으로 확인되었으며, 이를 토대로 한 수정적기의 판단은 수정률 제고에 기여를 할 것으로 판단됨
- 경남지역 한우농가 3곳에서 발정우 70두에 대해 캠코더로 촬영하여 특성을 분석 수행 하여, 발정우 70두 중 51두에서 발정음이 나오는 것으로 확인되어 약 73%의 발정우가 발정음을 내는 것으로 확인 되었고, 보행수 증가는 비발정우에서도 보행이 이루어지고, 또한 대부분의 소가 사료 섭취 기간 이외에는 누워있거나 보행 없이 서있는 경우가 많았기 때문에, 정확한 보행수에 대한 기준설정이 어려웠음. 이에 따라 주관적 판단에 의하면 발정우의 보행수가 비발정우의 보행수에 비해 많지 않은 것으로 확인됨
- 승가허용 및 승가 행동의 경우 발정우 70두 모두가 승가허용 또는 승가 행동을 나타내었음고, 본 시험에 공시된 발정우 70두 중 38두가 임신한 것으로 판명되어, 이들 개체에 대한 발정음 발생 시점을 기준으로 인공수정 시간별 수정적기 분석을 수행해 본 결과, 최초의 발정음 발생 후 약 16시간 지난 시점에서 인공수정을 수행했을 때 가장 높은 62%의 수태율을 보여 최초 발정음 이후 16시간 전후가 최적의 수정 적기인 것으로 판단 됨. 또한 승가행위에 기초한 인공수정 시간별 수정적기 분석을 수행 해 본 결과, 발정음과 유사하게 최초 승가 후 16시간 지난 시점에서 약 65%의 수태율을 보여, 최초 승가 후 약 16시간 전후가 최적의 수정 적기인 것으로 확인됨

- 승가를 허용하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간이 3.15초 이상 (승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간이 3.22초 이상) 지속되고 이들의 연속 출현 횟수가 3회 이상이면 발정우로 판단할 수 있으며, 또한 3회 연속성 측정 시 발정우의 한방 내 승가허용간격 기준 백분위수 95%인 876.4초 이상인 경우에는 처음부터 다시 3회 연속성을 측정하면 될 것으로 판단됨
- 3초 동안의 3축(x, y, z) 가속도 절대값 합계가 4.4613(=4.7962 - 0.3349) G 이상이고 이러한 값이 876초 간격 이내에 3회 연속 출현하면 발정으로 간주하였다. 한우 미발정우 50두 및 발정우 50두를 대상으로 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 성능을 평가한 결과에 의하면, 94%의 발정 감지 성능을 나타내었으며, 최초 발정 감지 시각을 발정 시작 시각으로 간주하고 이를 기준으로 16시간 정도 후 인공수정을 한 결과 수태율이 75%로 나타났다
- 승가행동이 3초 이상 감지되면 카운팅 하도록 하고 3회 이상 감지되면 승가로 판단하여 판리자에게 신호를 전송하도록 하였다. 이때 감지와 다음 감지까지의 시간이 876초 이내에 다시 감지되어야 하며, 그 이상 시간이 지연되면 카운팅을 다시 처음부터 하도록 하였다. 한우 미발정우 50두와 발정우 50두를 대상으로 IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 성능을 평가한 결과, 100%의 발정 감지 성능을 나타내었으며, 최초 발정 감지 시각을 발정 시작 시각으로 간주하고 이를 기준으로 16시간 정도 후 인공수정을 한 결과 수태율이 96%로 나타났다
- 벨 버튼 벨트를 착용시킬 때 소가 스트레스를 많이 받고 착용 후에도 적응이 되지 않아 다른 소들에게 공격성을 보이고, 특히 소가 발정시기가 다가올 때 예민해져 벨트를 착용 시 위험성이 높고, 현실적으로 농가 입장에서 번거롭고 위험하면 잘 사용하지 않을 것이라 판단되었다. 이에 따라 연구 도중에 연구를 중단하였음
- IR센서 이용 한우 발정감지 시스템은 크게 IR센서, control box 내 CPU, 영상통화 기능 휴대폰 등으로 구성되었다. 시간당 총 COUNT 횟수가 1 이상으로 7시간 이상 지속되면 발정이 시작된 것으로 판단하였고 이때 7시간 이상 지속되기 시작한 시각을 발정시작시각으로 여겨 이 발정시작시각 후 16시간을 수정적기로 판단하고 인공수정을 실시하였다. 그 결과, 총 57두 중 55두에 대하여 발정감지를 하여 전체 발정 감지율은 96.5%이었으며, 그중 강발정이 온 암소는 52두로 발정 감지율이 100%이었는데 반하여 미약 발정이 온 암소는 5두로 발정 감지율이 40.0%이었다. 또한 가능한 한 발정시작시각을 기준으로 16시간 뒤에 인공수정을 시켰는데 전체 수태율은 85.7%로 나타났다. 그리고 해당 판매가격이 300만 원 정도로 예상되었음
- 발정을 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 알고리즘 개발에서는 다음의 3가지 방안을 연구하였다. 첫 번째, 제안된 시스템은 한우 측사에서 발생하는 소리 정보를 MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficient) 특징 벡터로 변환하여 미리 학습된 SVM (Support Vector Machine) 기반의 발정기 탐지기로 한우 암소의 발정기를 실시간으로 탐지

한다. 즉, 이진 분류기인 SVM이 암소의 평상시 발성음과 특이 발정기 발성음을 이진 분류함으로써 암소의 발정기 여부를 조기 탐지한다. 두 번째, 손실 정보 없는 소리 정보의 표현을 위하여 기존의 제한된 영역의 포먼트만을 이용하던 연구에서 벗어나 스펙트로그램 전체에서 나타나는 포먼트 정보들을 적극적으로 이용하였다. 또한, 특징 선택 기법 중 하나인 CFS (Correlation Feature Selection)를 이용하여 낮은 차원의 분별력 있는 포먼트 특징을 선택한다. 실제 측사에서 녹취한 한우 발정기 발성음을 대상으로 제안한 방법의 유효성을 검증하는 실험을 수행하였다. 세 번째, 발정기 발성음의 특징 벡터 생성에 초점을 맞춰 연구를 진행하였다. 특징은 크게 분별력과 차원이라는 두 가지 기준에 대해 우수해야 한다. 즉, 좋은 특징이란 서로 다른 부류를 잘 분별해 주어야 할 뿐만 아니라, 특징 벡터의 차원이 낮을수록 계산 효율이 좋고 차원의 저주에서 멀어진다. 본 연구에서는 통계학에 기초한 체계적인 특징 벡터 생성에 관한 알고리즘을 제안하고, 실제 측사에서 녹취한 한우 발정기 발성음을 대상으로 낮은 차원의 특징 벡터 생성 과정을 보인다. 또한 이상상황 탐지기로 잘 알려진 단일 클래스 SVM의 대표 모델인 SVDD (Support Vector Data Description)를 탐지기로 설정하여 생성된 특징 벡터의 암소 발정기 탐지 분별력을 실험적으로 검증하였다. 음성인식기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발에서는 다음의 3가지에 관하여 연구를 수행하였다. 첫째, 소음이 있는 측사 내에서의 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로세스: 소리 획득 프로세스(sound acquisition process)란 실시간으로 입력되는 오디오 신호로부터 잡음을 제외한 실제 소리가 발생한 소리 구간만을 검출하는 소리 처리 과정이다. 둘째, 음성인식기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지를 위한 중요한 소리 특징 선택 및 탐지 시스템 개발: 한우의 발정기를 탐지하기 위하여, 먼저, 소리 특징정보 (Formant F1~F19)를 추출 하였다. 이러한 특징들 중 한우 발정기 탐지에 알맞은 특징을 선택하기 위하여, 본 연구에서 제안한 Formant-based feature subset selection 알고리즘을 이용하여 {F1, F2, F4, F7, F14, F19}가 중요한 특징임을 확인 하였다. 실제 Adaboost.M1 탐지기를 이용하여 한우 발정기 탐지 가능 여부를 확인한 결과 97.5%의 높은 탐지 성능을 기록 하였다. 셋째, 효과적인 소 소리 취득용 센서로써 MASS CM660P(제조원:MASS, 대한민국)를 사용하였다. u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능평가에서는 소리 주파수 정보를 기반으로 한우 번식우 발정을 감지하는 프로토타입 시스템을 구현 및 현장에서 성능을 평가하였다. 첫째, 측사 현장은 실험환경과는 다르게 다양한 환경 잡음등이 발생한다. 이와 같은 환경을 고려하여 잡음을 제거하고 한우가 실제로 내는 소리를 취득한 후, 해당 소리의 주파수 정보를 분석하여 발정기 여부를 탐지하는 시스템을 구축하였다. 사용자가 손쉽게 이용할 수 있도록 GUI (Graphic User Interface)를 제공한다. 둘째, 구축한 프로그램이 실제 측사 환경에서 수행이 되는지 여부를 확인하기 위하여, 2015년 5월 경남 사천의 한 측사에 시스템을 구축하였다. 구축한 시스템을 시험 가동한 결과 효과적으로 한우의 소리를 취득 및 발정기를 탐지함을 확인하였다.

- Tilted-downward view로 획득된 영상 정보에서 optical flow에 의해 계산된 움직임 벡터의 크기와 방향 정보를 이용하여 승가 탐지가 가능함을 확인하였다. 그러나 optical flow 자체가 가지고 있는 에러에 의한 승가 탐지 오류 가능성을 확인하였다. 또한, Tilted-downward view로 획득된 영상 정보에서 움직임 벡터와 SVDD를 이용하여 승가 탐지가 가능함을 확인하였다. 그러나 보다 정확한 판단을 위해서는 학습에 필요한 다수의 승가 영상이 필요하지만 tilted-downward view로 획득

된 승가 영상이 충분치 않아 더 이상의 정확도 개선을 확인하지는 못하였다. 특히 tilted-downward view로 획득된 영상 정보를 이용하면 축사의 바닥면과 소의 색깔이 유사하여 발생하는 어려움과 카메라 축을 향하여 걸어오는 경우와 카메라를 바라보며 승가하는 경우를 구분하기 어려운 한계가 있음을 확인하였다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 side view로 획득된 영상 정보를 이용하는 방법을 검증하였다. Side view로 획득된 영상 정보에서 축사내 복잡한 구조물의 영향을 최소화하기 위하여 카메라의 높이 및 위치를 도출하였고, 획득된 측면 영상에서 upward/downward 모션 벡터의 크기를 활용하면 승가 탐지가 가능함을 확인하였다. Side view로 획득된 영상 정보에서 GMM(Gaussian Mixture Model) 기법을 적용하면 전경과 배경을 구분할 수 있고 이 정보를 추가로 사용하면 승가 탐지의 정확도가 개선됨을 확인하였다. 또한, side view로 획득된 영상 정보에서 소의 승가 행위 움직임과 카메라 앞을 걸어가는 사람의 움직임이 유사함을 확인하였고, 이에 대한 구분을 하기 위해 컬러 히스토그램 기법을 통해 얻은 소의 털 색상 모델을 이용하면 승가 탐지의 정확도가 개선됨을 확인하였다. 마지막으로, side view로 획득된 영상 정보에서 Motion History Image(MHI) 기법을 적용하면 움직임의 과거 정보를 축적하여 활용함으로써 축사 내 울타리와 같은 구조물에 의한 객체 가림 현상이 있을 때의 승가 탐지 정확도가 획기적으로 개선됨을 확인하였다. 복수의 카메라를 측면에 설치하고 MHI 기법을 적용하면 승가 행위가 축사 시설물이나 다른 승가 행위에 가려진 경우(occlusion)도 탐지할 수 있음을 확인하였다. 만약 승가 행위를 한 소를 추적해야 하는 필요성이 있는 경우에 side view로 획득된 영상 정보를 이용하면 occlusion의 문제 때문에 많은 어려움이 존재한다. 이러한 어려움을 해결하기 위하여 tilted-downward view로 획득된 깊이 정보(키넥트 등 깊이 카메라 이용)를 이용한 실험을 수행하였다. 추가 실험 결과, tilted-downward view로 획득된 깊이 정보를 이용하면 통상의 영상 카메라를 이용할 경우 발생하는 여러 어려움이 일시에 제거되고 매우 정확한 승가 탐지가 가능함을 확인하였다.

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

가. 연구성과

1. 특허출원(등록)을 통한 지식재산권 확보

- IR센서기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발에서는 다음과 같이 특허출원하였음

[출원특허명칭] 승가허용행위 정보를 이용한 소 발정 감지 장치 및 방법

- 출원번호 : 10-2014-0068364

- 출원일자 : 2014. 06. 05

- 영상처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발에 대하여 다음과 같이 특허출원하였음

[출원특허명칭] 깊이 정보를 이용한 동물의 머리 탐지 시스템 및 그 탐지 방법

- 출원번호 : 10-2014-0061328

- 출원일자 : 2014. 5. 22

[출원특허명칭] 윽티컬 플로우와 가우시안 혼합 모델을 이용한 동물들의 승가 행위 탐지 시스템 및 그 탐지 방법

- 출원번호 : 10-2014-0077303

- 출원일자 : 2014. 6. 24

[출원특허명칭] Cattle Monitoring System using Depth Information

- 출원번호 : 10-2014-0061328(PCT)

- 출 원 일 : 2014. 12. 1

[등록특허명칭] 윽티컬 플로우와 가우시안 혼합 모델을 이용한 동물들의 승가 행위 탐지 시스템 및 그 탐지 방법

- 등록번호 : 10-1556751

- 등록일자 : 2015. 9. 23

○ 음성처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발에 대하여 다음과 같이 특허를 출원 및 등록하였음

[출원특허명칭] 특징 벡터 생성 알고리즘을 적용한 가축의 발정기 소리 탐지 장치 및 방법

- 출원번호 : 10-2012-0132621

- 출원일자 : 2012. 11. 21

[등록특허명칭] 특징 벡터 생성 알고리즘을 적용한 가축의 발정기 소리 탐지 장치 및 방법

- 등록번호 : 10-1367418

- 등록일자 : 2014. 2. 19

[등록특허명칭] 오디오 데이터 식별 장치와 그 방법 및 오디오 데이터 식별을 이용한 방법 시스템

- 등록번호 : 10-1213085

- 등록일자 : 2012. 12. 11

[등록특허명칭] 소음이 있는 실내 환경에서의 소리 끝점 추출 프로그램

- 등록번호 : C-2014-012624

- 등록일자 : 2014. 5. 15

2. 논문 발표를 통한 지식재산권 확보

[국내논문] Algorithm for Detecting Estrus in Hanwoo Cows. Journal of Agriculture & Life Science. 49(3). pp.123-131. (2015) - KSCI

[국내논문] 움직임 벡터와 SVDD를 이용한 영상 감시 시스템에서 한우의 특이 행동 탐지. 정보처리학회 논문지: 소프트웨어 및 데이터 공학. 2(11). (2013) - KSCI

- [국제논문] Automatic Detection of Cow's Oestrus in Audio Surveillance System. AJAS(Asian-Australasian Journal of Animal Sciences). 26(7). pp. 1030-1037. (2013) - SCIE
- [국제논문] Automatic Detection and Recognition of Pig Wasting Diseases Using Sound Data in Audio Surveillance Systems. Sensors 2013,13,12929-12942;doi:10.3390/s131012929. (2013) - SCI
- [국제논문] Automated Detection of Cattle Mounting using Side-View Camera. TIS. 9(8). (2015) - SCI
- [국내학술대회] 한우 발정기 발생음의 특징 벡터 생성. 한국정보처리학회 추계학술발표대회. 19(2). pp. 1154-1157. (2012)
- [국내학술대회] 소리 정보를 이용한 한우의 발정기 탐지. 한국정보과학회 춘계학술대회. pp. 1438-1439. (2013)
- [국내학술대회] 한우 발정기 탐지를 위한 소리 특징 선택. 한국정보과학회 춘계학술대회. pp. 1432-1434. (2013)
- [국내학술대회] 소음이 있는 축사 내에서의 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로세스. 한국정보과학회 추계학술대회. pp.640-642. (2013)
- [국내학술대회] 가축 감시 카메라 환경에서 승가 검출. JCCI. (2013)
- [국내학술대회] 한우사에서 승가 검출을 위한 카메라 위치. 정보처리학회 추계학술대회. (2013)
- [국내학술대회] 비디오 감시 시스템에서 한우의 특이 행동 탐지. 정보과학회 추계학술대회. (2013)
- [국내학술대회] 깊이 정보를 이용한 승가하는 소의 머리 탐지. 정보처리학회 춘계학술대회. (2014)
- [국내학술대회] 가축 감시 카메라 환경에서 Motion History Image 기법을 이용한 승가 상황 검출. 정보처리학회 춘계학술대회. (2014)
- [국내학술대회] 소리 주파수 특성을 이용한 한우의 발정기 탐지. 한국인터넷정보학회 추계학술대회. pp.323-324. (2014)
- [국내학술대회] 다중 키넥트 환경에서 승가 탐지를 위한 깊이 정보 보정. 전자공학회 하계학술대회. (2015)
- [국외학술대회] Automated Detection of Mounting in Cattle Monitoring Application. ICCCT. (2013)
- [국외학술대회] Formant-based Acoustic Features for Cow's Estrus Detection in Audio Surveillance System. IEEE International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS). pp. 236-240. (2014)
- [국외학술대회] Automated Detection of Cattle Mounting using Motion and Color Information. ICCTAI. (2014)
- [국외학술대회] Automated Detection of Cattle Mounting with Motion History Image Method. ICONI. (2014)

3. 프로그램 등록을 통한 지식재산권 확보

[등록프로그램명칭] 소음이 있는 실내 환경에서의 소리 끝점 추출 프로그램

- 등록번호: C-2014-012624

- 등록일자: 2014. 05. 30

나. 성과활용 계획

- 특허출원(등록)된 기술 중에 “승가허용행위 정보를 이용한 소 발정 감지 장치 및 방법”을 참여기업인 ㈜텔레비트에 2015년 중에 기술이전과 사업화를 할 계획임
- 연구결과물 중에 현재까지 논문으로 게재되지 않은 결과물들을 차후 2015년과 2016년 중에 논문으로 작성한 후 투고하여 게재할 계획임
- 신문 등의 언론매체(연합뉴스, 경남신문, 농민신문, 국제신문, 일요신문, 뉴스타운, 뉴시스, 한국대학신문, DiCDeO 등)를 통해 개발기술에 대하여 이미 13건 이상 홍보를 하였으며, 앞으로도 계속 적극적으로 홍보할 계획임

뉴스스 뉴스

경상대 장흥희 교수, 한우 방목감지 시스템 개발
연합뉴스



경상대 장흥희 축산생명학과 교수 '한우 방목 감지 시스템' 개발
경상대 장흥희 교수, 한우 방목감지 시스템 개발
한우 방목 감지 시스템



- 한우협회 및 지자체 등과의 협조를 통하여 시범을 실시함으로써 제품의 판매 및 보급을 확대해갈 계획임
- 농축산기계박람회 등에 적극적으로 참여하여 개발제품을 홍보할 계획임
- 참여기업이 주도적으로 축산관련 잡지를 이용하여 홍보할 계획임
- 각종 축산농가교육에 적극적으로 참여하여 연구결과를 교육하고 지도할 계획임

SUMMARY

- Early detection of cow's oestrus is an important issue in the management of group-housed livestock. In particular, failure to detect oestrus in a timely and accurate way can become a limiting factor in achieving efficient reproductive performance. Although a rich variety of methods has been introduced for the detection of oestrus, a more accurate and practical method is still required.
- There are numerous controlled breeding protocols for beef and dairy cattle, with hormone-based protocols considered to be the most commonly used in the world. To be able to breed with the highest reproductive efficiency, estrus cattle should be properly detected and inseminated at an exact period of time. However, recently there is an increasing estrous detection failure due to incomplete manifestation of signs of estrus leading to inability to recognize estrus and also some management factors. This often results to wrong timing of artificial insemination and thus low reproductive efficiency. Thus there is an increasing need to develop a detection system that will be more efficient in the detection of estrus for optimal utilization of artificial insemination and thus greater profits economically. In the current study, we preferentially chose distinct estrus behavioral patterns as bawling and bellowing shortly before standing estrus, walking activity secondary to restlessness and mounting attempts among estrus or non-estrus cattle. In addition, we made a decision parameter for cattle estrus and proper time point of artificial insemination. From this study, we documented the cattle behavior of 50 estrus and 100 non estrus cattle in 2 Korean native cattle farm using video. All estrus cattle showed audible estrus signals but all non - estrus cattle did not. It was found that walking counts between estrus and non-estrus cattle were considered not significant. In the mounting behavior analysis, all 50 estrus cattle (100%) showed the mounting or mounted behavior, but only 5 of 100 non estrus cattle (5%) showed the mounting or mounted behavior. To evaluate the success rate of artificial insemination using the following behavioral parameters, we determine the pregnancy rate in the tested farm. Pregnancy rate reached up to (48%) of which 24 out of 50 estrus cattle got pregnant. From this result, we collected the behavioral information of 70 cattle in 3 Korean native cattle farms using video, and 51 of 70 cattle showed estrus bawling and bellowing. In addition, we were able to pinpoint the ideal artificial insemination time using behavioral analysis of estrus cattle. From this behavioral analysis, we determined that 16 h past the time from the first estrus bellowing or first mounting or mounted behavior would be the best time for artificial insemination that resulted to a higher reproductive efficiency.

- The major limiting factor of the reproductive performance on many farms is the failure to detect estrus in a timely and accurate manner. The estrus detection for Hanwoo cows (*Bos taurus coreanae*) is generally performed by the visual observation which is estimated at about 40 % detection rate only. This recurring problem among farmers has motivated the development of various estrus detection aids. The mounting event duration threshold, standing heat event frequency threshold, estrus detection algorithm and so on, are necessarily needed in order to detect the estrus of Hanwoo cows accurately when using some automatic devices. However, they are not yet investigated for Hanwoo cows. Therefore, the objective of this study was to establish a mounting event duration threshold and standing heat event frequency threshold more specifically for Hanwoo breed by discriminating the duration of standing heat mounting from shorter duration spurious mountings which routinely occur in cattle herds. One hundred and fifty Hanwoo cows with an age between 2 to 5 years were used in this study. Cows that were expected to come into estrus within 3 days were randomly assigned to each compartment for the estrus group (EG). The heated cows were video recorded for about 24 hours until after post estrus. The results showed that Hanwoo cows can be considered on estrus when it stand immobile during mounted by any other cow in more than or equal to 3.15 s and 3.22 s in chest-tail head mount (CTM) and head-above back mount (HBM) and that occurs consecutively at least three times within 876.4 s interval. The algorithm was also developed using the thresholds of the mount duration, mount interval and consecutive occurrence number.

- The subject of experiment was 50 anestrus cows and 50 estrus cows. The wireless acceleration sensor is attached on body of Hanwoo to detect the mounting activity. When the acceleration sensor detects the mounting action, it transmits a signal to the main device. When the acceleration value is considered as stating value by main device, the timer start measuring sustainment time(1 signal : > 3 sec sustainment time). When the signal is continuously detected three times(only interval between signals is within 876 seconds), it is considered as estrus. And main device sends the message about estrus information in real time to the administrator. As a result of experiment, the estrus detection rate was almost 94%. As a result of the artificial insemination after 16 hours from the first estrus detection time, the conception rate was about 75%.

- The cow's estrus detection system using IR sensor (CEDSIRS) was composed of IR sensors, a controller, a CPU, a mobile, and so on. If total COUNT numbers per hour was above 1 and it was maintained more than 7 hours, we determined that a cow was in estrus and 16 h past the time from the first estrus detection was regarded as optimum AI time. The 55 of 57 estrus cows (96.5 %) were detected to estrus. Only 5 of 57 cows detected to estrus (8.8%) were decided to weak estrus and 2 of them were not detected. The total conception rate was 85.7%. The estimated price of CEDSIRS is

3,000,000 Won. Therefore, CEDSIRS will improve largely the average conception rate and economic benefits of Hanwoo cow farms in South Korea.

- We propose two efficient cow's oestrus detection systems using sound information. We extracted the mel frequency cepstrum coefficients from sound data with a feature dimension reduction, and use the support vector data description as an early anomaly detector. Our experimental results show that this method can be used to detect oestrus both economically (even a cheap microphone) and accurately (over 94% accuracy), either as a standalone solution or to complement known methods. Primarily, we found that there exist the differences between non-sound and cow vocalization in a frequency of Korean native cow vocalization, and this important finding initiated us to introduce a frequency based cow sound acquisition algorithm. We obtained the real cow vocalization area from audio sound for the detection of Korean native cow's oestrus. Finally, performance evaluation was conducted using real sound data in an audio surveillance system, in which the average detection accuracy is very stable performance, when our oestrus detector based on frequency analysis was used as a detector. In addition, we have implemented a fully automatic and real-time cow oestrus detection prototype system using sound information.

- We have verified that a mounting activity can be detected by applying the optical flow technique to input images captured with a tilted-downward view camera. Due to the restrictions of the optical flow technique, however, there were some possibilities of detection error. We also have verified that a mounting activity can be detected by using SVDD(Support Vector Data Description) technique. However, SVDD technique requires more training data for accurate detection. Especially, it is difficult to segment the body of a Korean native cow from an input scene captured with a "tilted-down" camera because the color of the cow's body in the scene is similar to the color of the background (*i.e.*, ground). For some occlusion cases, it is a challenge to identify mounting and non-mounting activities. For example, because of the occluding cow, it is difficult to distinguish the "actual" forward walking from the "possible" forward mounting of the occluded cow. Because of these difficulties, we need to check the estrus detection captured with a side view camera.

- To minimize the effect of the complex fence structure captured with a side view camera, we have derived the optimal position of the side view camera. Then, we have verified that a mounting activity can be detected by analyzing the magnitudes of upward/downward motion vectors. Also, a foreground captured with a side view camera can be detected and the final detection of estrus can be improved by using GMM(Gaussian Mixture Model) technique. We have found that a motion of people walking and a motion of mounting are similar with a side view camera and the color histogram technique can distinguish these similar motions. Finally, we have applied the Motion History Image(MHI) technique to the images captured with a side view camera.

Because MHI can represent the history of any motion, it can detect the mounting occluded by a fence structure.

- When we need to track each mounting cow continuously, there are many difficulties due to the possible occlusion with a side view camera. To solve these problems, we need to consider the depth information captured with a tilted-downward view camera. Recently, cheap depth cameras such as Kinect have been released, and we have verified these cameras in detecting the mounting activity. We have developed several calibration techniques for the depth camera, and verified that the depth information captured with a tilted-downward view camera can be used in detecting the mounting activity without many problems caused by both a tilted-downward view color camera and a side view color camera.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	18
Chapter 2. Status of technology development at home and abroad	23
Chapter 3. Contents and results of performed study	25
Section 1. Development of estrus detection algorithm for hanwoo and field performance evaluation of estrus detection system	25
Section 2. Development of estrus detection algorithm for hanwoo using IR-sensor and acceleration sensor	36
Section 3. Development of estrus detection system using acceleration sensor	42
Section 4. Production of a trial product for estrus detection system using IR-sensor for hanwoo	50
Section 5. Development of estrus detection system using button-bell for hanwoo	58
Section 6. Production of finished product for estrus detection system using IR-sensor for hanwoo and field performance evaluation	65
Section 7. Development of estrus detection system for hanwoo using estrus sound	78
Section 8. Development of estrus detection system for hanwoo using image processing technology	100
Chapter 4. Achievement of objectives and contribution to related fields	140
Chapter 5. Results and application plans	143
Chapter 6. Foreign science and technology information collected in research process	149
Chapter 7. Status of research facility and equipment	150
Chapter 8. Performance result of safety management at laboratory	151
Chapter 9. Reference	153

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	18
제 2 장	국내외 기술개발 현황	23
제 3 장	연구개발 수행 내용 및 결과	25
1절.	한우 번식우 발정 감지 알고리즘 개발 및 발정 감지 시스템의 현장 성능평가	25
2절.	IR센서와 가속도센서를 이용한 한우 번식우 발정 감지를 위한 알고리즘 개발	36
3절.	가속도센서를 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발.....	42
4절.	IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 시제품 개발	50
5절.	개체인식을 위한 벨 버튼 이용 한우 발정 감지 시스템 개발.....	58
6절.	IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 완제품 개발 및 현장 성능 평가.....	65
7절.	발정음 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템의 개발	78
8절.	영상처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발.....	100
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	140
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	143
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	149
제 7 장	연구시설·장비 현황	150
제 8 장	연구실 안전관리 이행실적	151
제 9 장	참고문헌	153

제 1 장 연구개발과제의 개요

1절. 연구개발의 필요성

가. 한우 사육현황

- 축산업의 연간 총생산액은 약 12조 5,000억원(2010년 농림수산식품부)에 달하며, 그 중에서 한육우산업의 생산액이 약 5조 원에 달하고 있다<그림 1>.



<그림 1> 국내 한육우산업의 연간 총 생산액 추이 (2010년 농림수산식품부)

- 한우산업은 <그림 2>와 같이 2007년 188만 여두에서 2010년 276만 여두로 꾸준히 증가하고 있으며, 소규모 사육농가는 급격히 감소하는 반면에 중·대규모 사육농가는 급격히 증가하고 있다(농림수산식품부, 2010).



<그림 2> 우리나라의 연도별 한우 사육규모 (2011년 농림수산식품부)

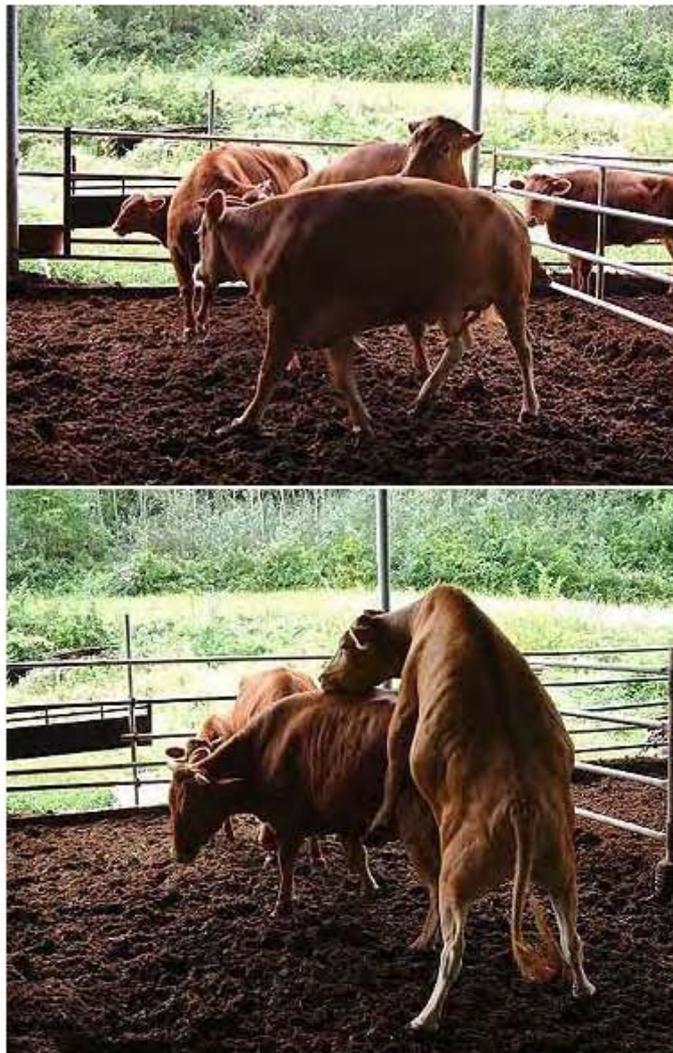
- 한우농가의 규모가 전업화·기업화·대형화됨에 따라 작업자가 관리해야 할 한우 두수의 증가로 인하여 한우 번식우에 대한 세밀한 관리와 관찰이 어려운 실정이다. 이로 인하여 발정 감지 가능성이 과거보다 낮아진 것으로 판단된다.

나. 한우 번식우 발정 발현과 관찰

- 한우 번식우에 있어서 사양관리의 가장 큰 비중을 차지하는 것은 바로 발정의 적시 관찰과 적기 수정이다.
- 번식우가 발정이 오게 되면 다음과 같은 발정징후를 보이게 되는데, 이때의 관찰이 번식우 사양관리의 초점이 된다. 정확한 발정파악을 통하여 번식간격을 이상적으로 유지할 수 있고 성공적인 번식우 사양관리가 가능해진다. 먼저 발정이 온 번식우의 외관적인 현상을 살펴보면, 발정 전(6~10시간)에는 다른 소의 냄새를 맡고 활아 대며, 다른 소에게 승가를 허용하고 승가하게 된다. 이때 승가하는 소를 훨씬 관찰하기가 쉽지만 승가하는 소보다 승가당하는 소가 발정이 왔을 확률이 약 65~98% 정도로서 높은 것이 특징이다. 또 다른 특징으로는 음순이 축축하게 젖고 붉게 충혈이 되며 약간 부풀어 오르며 붉은 빛을 띤다. 그러나 출혈이 있게 되면 이미 발정이 지나가고 약 2~3일 정도가 지난 것으로 판단하여야 한다. 또한 발정기는 약 18시간 정도 지속이 되는데, 이때의 특징은 다른 소에게 승가를 허용하고 활동량이 증가하고 자주 울부짖으며<그림 3>, 불안한 모습을 하고 사람이 다가서면 느리게 피하고 눈치를 보며 먹이를 먹지 않는다(Houpt, 1991). 또한 대음순이 더욱 축축하게 되고 붉어지며 음순에서 맑은 점액이 흘러나오고 안구가 약간 충혈이 되기도 한다. 발정이 지나간 소는 약 10시간 동안 지속적으로 승가를 하지 않고 음순에서 맑은 점액이 흐르기도 한다. 이상과 같은 특징들을 보편적인 발정의 상태로 파악을 하면 질 점액의 흐름이 초기에는 분비량이 가장 많고 발정기 말기로 갈수록 줄어들게 되는 것으로 판단할 수 있고, 또한 자주 배뇨를 하고, 신경질적이 되며, 불안해하고, 식욕이 줄어들며 다른 소의 승가를 허용하고 보행수가 평소보다 약 2~4배 증가하며, 큰 소리로 울고 다른 소에 기대거나, 활는 것으로 파악할 수 있다.
- 영양수준이 적정할 경우 발정발견이 용이해지며, 배란된 난자의 수명은 6~10시간 정도이므로 수정적기를 발견하는 것이 매우 중요하다. 이러한 한우 암소의 발정주기는 평균 21일로서 한번 발정이 지나가면 다시 21일을 기다려야하고 이로 인한 번식간격은 길어질 수밖에 없으므로 농가에서 발정파악을 정확히 하는 것이 번식우를 성공적으로 사양하는 지름길이다.
- 번식우가 발정이 오면 보통은 발정의 발현이 지속되는 시간은 평균 18~21시간으로서 이 시기 동안 발정을 정확하게 관찰하여야 하는데, 가장 합리적인 발정 관찰 주기는 1일 2회 관찰(새벽과 저녁시각)하는 방법이다. 특히 밤 12시부터 새벽 6시까지 사이에 약 43%의 발정이 집중되므로 야간의 발정발견이 중요한 관건이다.
- 번식우의 개체파악과 적절한 번식기록 및 섬세한 관찰은 바로 번식우를 올바르게 사양관

리하는 방법이 된다. <표 1>은 한우 번식우의 발정발견 방법 및 발현시각에 대하여 나타내고 있다. <표 1>에서와 같이 1일 2회 관찰하는 방법이 매우 바람직한 방법으로 약 90%까지 발정을 파악해낼 수 있는 장점이 있다. 또한 송가하는 소와 송가당하는 소를 비교하여 발정 파악을 하는 것이 유리하다. 일반 농가의 경우 집과 한우사가 붙어있는 경우의 번식우 사육농가는 24시간 번식우의 상태를 파악하기가 용이하기 때문에 거의 100%에 가까운 발정파악을 할 수 있다.

- 아울러 대단위 목장의 경우에는 일일이 발정파악을 하기 어려울 수 있는데 이때는 시정모우(Teaser bull)를 활용하는 것도 좋은 방법이다. 시정모우는 비거세수소나 거세수소를 사용하는데 흔히 비거세수소를 외과적으로 수술하여 사용하는 것이 발정발현 발견률이 높아 많이 이용된다. 번식우와 시정모우의 합사는 98%까지의 발정파악이 가능하여 대단위 목장에서 사용할 만한 가치가 있는 것으로 판단된다.



<그림 3> 한우 발정우가 다른 소에게 송가를 허용하는 모습

<표 1> 한우의 발정 발견 방법 및 발현시각

발견방법	발견율(%)	비고
자세관찰	77	
시정모우(Teaser bull)	98	
일반관리시 관찰	56	
1일 2회 관찰	81~90	12시간 간격
1일 3회 관찰	81~91	
24시간 관찰	98~100	
승가하는 소	36~37	
승가당하는 소	65~98	

(자료 : 농협중앙회 한우개량사업소, 2010. <http://www.limc.co.kr/hanwooinfo/>).

다. 한우 번식우의 수정 적기

- 번식우의 발정 지속시간은 평균 18~20 시간으로써 발정개시 후 18시간 전후가 수정적기가 된다.
- 일반적으로 배란되는 시기는 발정이 종료된 후 약 8~11시간(발정~배란까지는 약 29~30시간)이고, 배란된 난자가 수정 능력을 보유하는 시간은 배란 후 5~6시간(최장 12~24시간)으로 알려져 있다. 또한 정자가 수정 능력을 유지하는 시간은 약 24~40시간(최장 30~50시간)이다.
- 따라서 발정이 온 번식우의 수정적기는 발정이 발현된 후 약 18시간 전후(발정말기)가 최적기으로써 결과적으로 발정발현발견 후 약 11~14시간 뒤 인공 수정하는 것이 가장 바람직하다.
- 농가에서는 다음과 같은 방법(Thumb rule)으로 교배를 하는 것이 좋다. 즉, 새벽에 발정이 와서 발견이 될 경우 오후에 수정하고, 오전에 발정을 발견할 경우는 저녁 늦게 수정하는 것이 좋다. 또한 오후에 발정을 발견하면 다음날 아침에, 밤늦게 발정을 발견하면 다음날 오전 중에 수정을 하는 것이 좋다.

라. 발정 감지 실패에 따른 경제적 손실

- 한우 미발정우는 평균적으로 하루에 뉘젖은 3.3kg 정도, 농후사료는 4.2kg 정도 섭취한다.
- 뉘젖의 가격은 1kg당 130원 정도 하며, 농후사료는 1kg당 409원이다<그림 4>.
- 1회 인공수정비는 지역마다 다르지만 일반적으로 40,000원 정도 한다.
- 한우 번식우 1두에 대하여 한 번 발정 감지에 실패하면 21일 동안 사료를 허비하게 되

제 2 장 국내외 기술개발 현황

가. 국내외의 발정관찰 방법과 수정 적기 판단의 문제점

- 한우 번식우의 수태율을 향상시키기 위해서 가장 중요한 것은 발정 시작 시각을 정확하게 판단하는 것이다.
- 그러나 앞에서 설명한 바와 같이 발정이 밤 12시부터 새벽 6시 사이에 집중되어 시작되는 점과 주로 육안으로 발정을 관찰하는 점 등을 고려해 볼 때, 관리자가 한우 번식우의 발정 자체를 감지하기 어려울 뿐 아니라 발정 시작 시각을 정확하게 판단하기 매우 어려운 실정이다<표 2>. 이처럼 발정 시작 시각을 정확하게 판단하지 못하게 되면, 수정 적기를 정확하게 예측하기 힘들고 이로 인하여 수태율이 저하되고 공태기간이 길어짐으로 인하여 한우농가의 경제적 손실이 지대하게 된다.

<표 2> 국내외적으로 활용되고 있는 발정 감지방법의 장·단점

기존 방법	장 점	단 점
1. 일반 육안관찰법	○ 발정 진단을 위한 추가 시설비 미발생	○ 발견율이 매우 낮음 (56% 이하) ○ 수정적기 판단 곤란 ○ 수태 성공률이 낮음 ○ 큰 경제적 피해 초래
2. 보수계 사용	○ 가장 저렴하게 시스템 구축 가능	○ 탈·부착의 번거로움 ○ 한우에 의한 잦은 고장
3. 발색제(카마르, 크레용 등) 사용 	○ 원거리에서도 관찰 가능	○ 탈·부착 또는 표식을 해야 하는 번거로움 ○ 승가 한우 : 낮은 발정 발견율 (50% 이하만 발정우에 해당) ○ 바닥이 미끄러울 경우 승가나 승가허용 횟수가 현저히 감소하기 때문에 다른 보조수단이 필수적으로 필요함
4. DIMS	○ 전산으로 개체 관리 및 교배계획서 배부	○ 관리 소홀 시 정확한 교배기간 예측 불가능
종합의견	발정 감지 성공률을 높이기 위하여 발정 특이음, 활동량 증가 및 승가허용행동 등을 복합적으로 자동 측정함으로써 작업자의 번거로움을 최소화하고 발정을 감지할 뿐만 아니라 수정적기를 정확히 예측할 수 있는 자동화 시스템의 개발이 절실함	

나. 국내외의 연구현황

- 소의 발정기를 자동으로 탐지하기 위하여 가속도계 센서 등의 부착 센서를 이용한 방법은 국내외에서 발표되었으나, 본 과제에서 수행한 IR센서(비접촉 센서)를 축사 내 우방기둥에 설치하여 소의 발정을 감지하는 방법을 제대로 감지해내는 기술이 부족한 실정이다.
- 소의 발정기를 자동으로 탐지하기 위하여 가속도계 센서 등의 부착 센서를 이용한 방법은 국내외에서 발표되었으나, 본 과제에서 수행한 실제 축사에 설치한 소리 센서(비접촉 센서)에서 취득한 소리 정보를 기반으로 소의 발정기를 자동으로 탐지한 방법은 국내외에서 발표된 적이 없다.
- 승가 행위를 자동으로 탐지하기 위하여 가속도계 센서 등의 부착 센서를 이용한 방법은 국내외에서 발표되었으나, 본 과제에서 수행한 비접촉 센서(영상 카메라, 깊이 카메라)를 승가 행위 탐지에 적용한 방법은 국내외에서 발표된 적이 없다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

1절. 한우 번식우 발정 감지 알고리즘 개발 및 발정 감지 시스템의 현장 성능평가

1. 미발정 한우, 발정 한우 및 기타(카테고리)별 음성, 활동량 및 승가허용행동에 대한 자료 수집
 - 미발정우 : 50두에 대하여 2시간 동안 캠코더를 이용하여 녹화
 - 발정 한우 : 50두에 대하여 2시간 동안 캠코더를 이용하여 녹화
(발정 유부 및 수정적기의 확인은 육안관찰, 촉진 및 호르몬 농도 측정 등을 통하여 확인)
 - 기타 : 50두에 대하여 2시간 동안 캠코더를 이용하여 녹화
2. 유효 파라미터를 이용하여 한우 번식우 수정적기 판단 기준 규명
 - 한우 번식우 50두 대상
 - 최초 발정음 발생 시각과 수정적기간의 관계 규명
 - 활동량 증가 시점 시각과 수정적기간의 관계 규명
 - 최초 승가허용 시각과 수정적기간의 관계 규명
 - 수정적기 판단 기준 제시
3. u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템의 현장 성능평가
 - 한우 번식우 50두 대상
 - u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템의 발정 감지 성공률을 확인하기 위한 발정 유무 확인
 - u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템의 수정적기 판단 성공률을 확인하기 위한 수정적기 확인
 - 예측된 수정적기에 인공수정
 - 임신 여부 확인
 - 기타

가. 미발정 한우, 발정 한우 및 기타(카테고리)별 음성, 활동량 및 승가허용행동에 대한 자료 수집을 위하여, 경남도내 한우농가 2곳을 방문하여 각 개체에 대한 행동양식을 캠코더를 이용하여 수집함.

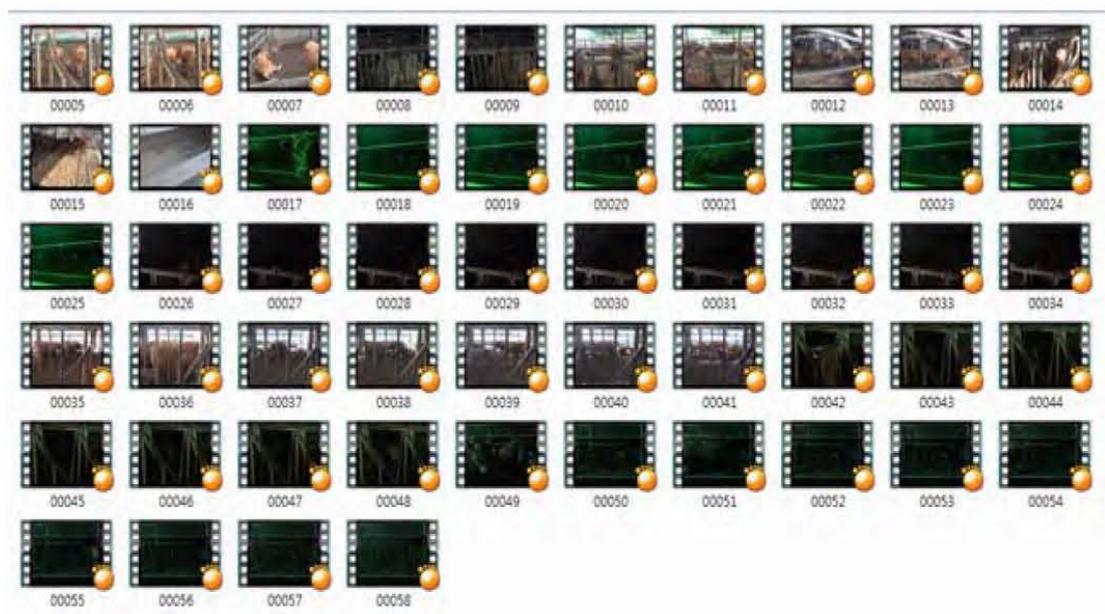
(1) 자료 수집기간: 2012년 9월-2014년 1월 (17개월)

(2) 자료수집 대상: 발정우 100두, 발정우 70두

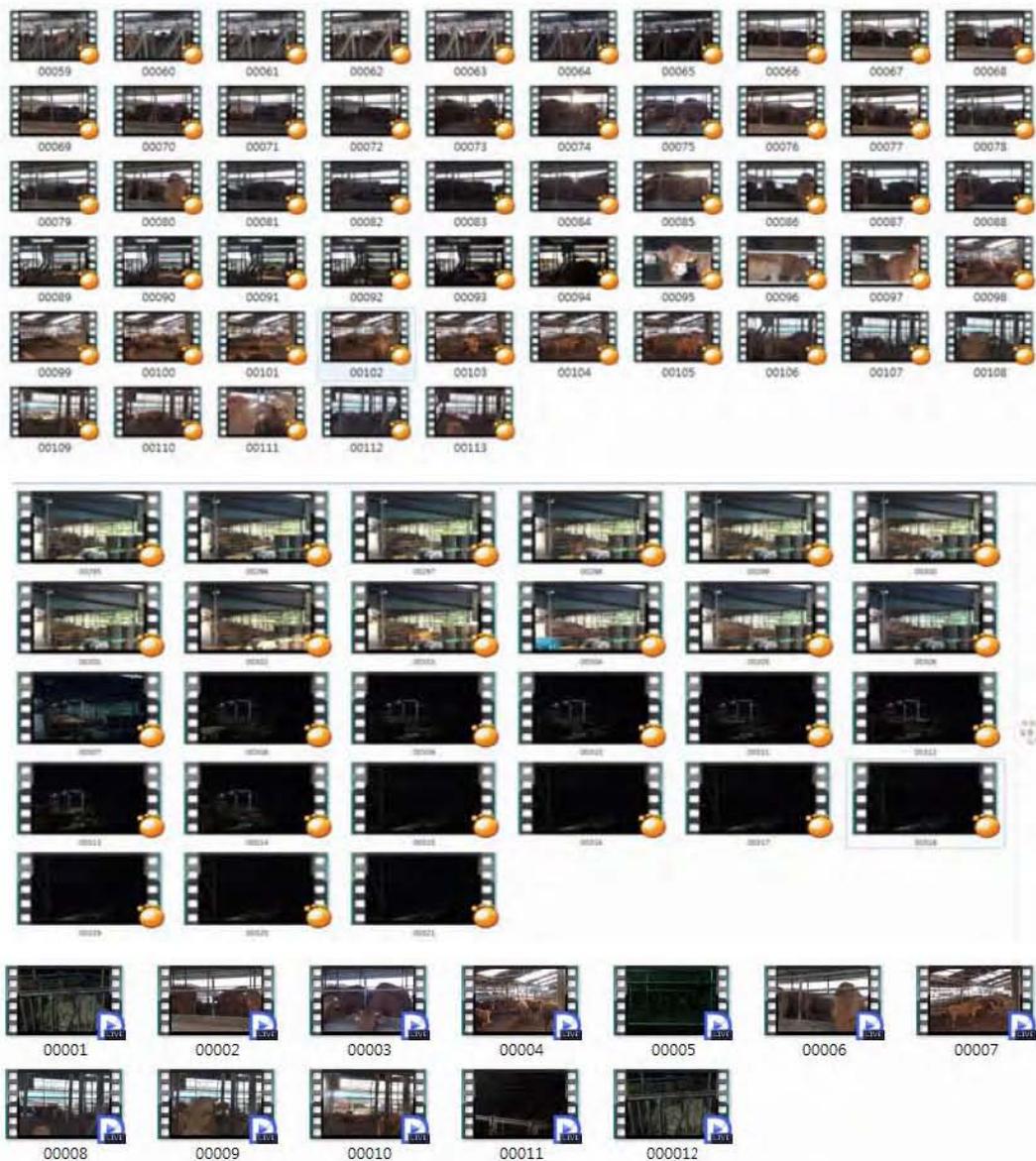
(3) 자료 수집시간: 발정예상 우방 24시간 녹화



<그림 1> 한우농가 전경



<그림 2> 미발정 한우 자료 수집



<그림 3>발정 한우 자료 수집

(4) 발정 한우 자료의 특성 분석

(가) 발정음: 발정우의 울부짖음에 대한 평가 수행

(나) 보행수: 비발정우의 움직임보다 활발한 보행수를 평가

(다) 승가 및 승가허용: 발정우의 승가 및 승가허용 평가

<표1> 발정우의 특성분석

개체번호	발정행동			임신여부	비고
	발정음	보행수 증가	승가허용/승가		
A01	-	-	+	+	
A02	-	-	+	-	
A03	-	-	+	+	
A04	+	-	+	-	
A05	+	-	+	+	
A06	+	-	+	-	
A07	-	-	+	+	
A08	+	-	+	-	
A09	-	-	+	-	
A10	-	-	+	+	
A11	+	-	+	+	
A12	+	-	+	-	
A13	-	-	+	-	
A14	+	-	+	-	
A15	+	-	+	-	
A16	-	-	+	+	
A17	-	-	+	-	
A18	+	-	+	+	
A19	+	-	+	+	
A20	+	-	+	-	
A21	+	-	+	-	
A22	+	-	+	+	
A23	+	-	+	+	
A24	+	-	+	+	
A25	+	-	+	-	
A26	+	-	+	-	
A27	+	-	+	-	
A28	+	-	+	+	
B01	+	-	+	-	
B02	-	-	+	+	
B03	+	-	+	+	
B04	+	-	+	-	
B05	-	-	+	+	
B06	+	-	+	-	
B07	-	-	+	+	
B08	-	-	+	+	
B09	+	-	+	+	
B10	+	-	+	-	
B11	+	-	+	-	
B12	+	-	+	-	
B13	+	-	+	+	
B14	+	-	+	-	
B15	+	-	+	+	
B16	+	-	+	-	
B17	+	-	+	+	
B18	-	-	+	-	
B19	+	-	+	-	
B20	+	-	+	+	
B21	+	-	+	-	
B22	-	-	+	+	
계	35/50	0/50	50/50	24/50	

<표2> 비발정우의 특성분석

개체번호	발정행동			임신여부	비고
	발정음	보행수 증가	승가허용/승가		
AN01	-	-	-	-	
AN02	-	-	-	-	
AN03	-	-	-	-	
AN04	-	-	-	-	
AN05	-	-	-	-	
AN06	-	-	+	-	
AN07	-	-	-	-	
AN08	-	-	-	-	
AN09	-	-	-	-	
AN10	-	-	-	-	
AN11	-	-	-	-	
AN12	-	-	-	-	
AN13	-	-	+	-	
AN14	-	-	-	-	
AN15	-	-	-	-	
AN16	-	-	-	-	
AN17	-	-	-	-	
AN18	-	-	-	-	
AN19	-	-	+	-	
AN20	-	-	-	-	
AN21	-	-	-	-	
AN22	-	-	-	-	
AN23	-	-	-	-	
AN24	-	-	-	-	
AN25	-	-	-	-	
AN26	-	-	-	-	
AN27	-	-	-	-	
AN28	-	-	-	-	
AN29	-	-	-	-	
AN30	-	-	-	-	
AN31	-	-	-	-	
AN32	-	-	-	-	
AN33	-	-	-	-	
AN34	-	-	-	-	
AN35	-	-	-	-	
AN36	-	-	-	-	
AN37	-	-	-	-	
AN38	-	-	-	-	
AN39	-	-	-	-	
AN40	-	-	-	-	
AN41	-	-	-	-	
AN42	-	-	-	-	
AN43	-	-	-	-	
AN44	-	-	-	-	
AN45	-	-	-	-	
AN46	-	-	-	-	
AN47	-	-	-	-	
AN48	-	-	-	-	
AN49	-	-	-	-	
AN50	-	-	-	-	
BN01	-	-	-	-	
BN02	-	-	-	-	
BN03	-	-	-	-	
BN04	-	-	-	-	
BN05	-	-	-	-	

BN06	-	-	-	-	
BN07	-	-	-	-	
BN08	-	-	-	-	
BN09	-	-	-	-	
BN10	-	-	-	-	
BN11	-	-	-	-	
BN12	-	-	+	-	
BN13	-	-	-	-	
BN14	-	-	-	-	
BN15	-	-	-	-	
BN16	-	-	-	-	
BN17	-	-	-	-	
BN18	-	-	-	-	
BN19	-	-	-	-	
BN20	-	-	-	-	
BN21	-	-	+	-	
BN22	-	-	-	-	
BN23	-	-	-	-	
BN24	-	-	-	-	
BN25	-	-	-	-	
BN26	-	-	-	-	
BN27	-	-	-	-	
BN28	-	-	-	-	
BN29	-	-	-	-	
BN30	-	-	-	-	
BN31	-	-	-	-	
BN32	-	-	-	-	
BN33	-	-	-	-	
BN34	-	-	-	-	
BN35	-	-	-	-	
BN36	-	-	-	-	
BN37	-	-	-	-	
BN38	-	-	-	-	
BN39	-	-	-	-	
BN40	-	-	-	-	
BN41	-	-	-	-	
BN42	-	-	-	-	
BN43	-	-	-	-	
BN44	-	-	-	-	
BN45	-	-	-	-	
BN46	-	-	-	-	
BN47	-	-	-	-	
BN48	-	-	-	-	
BN49	-	-	-	-	
BN50	-	-	-	-	
계	0/100	0/100	5/100	0/100	

나. 영상자료 분석

(1) 캠코더로 촬영한 영상을 토대로, 발정우의 발정음, 보행수 증가 증가허용 및 증가 여부를 판단해 본 결과 총 70두 중 51두 (72.9%)의 소에서 발정음이 관측되었으며, 보행수의 경우 화면영상으로 미발정우와의 차이가 거의 나타나지 않아, 보행수 증가로 판정할 기준 마련이 되지 않았음. 또한 증가여부를 분석한 결과 발정우 70두중 70두(100%) 모두에서 증가가 확인되어, 한우의 발정여부를 판단하는데 중요한 기준이 될 것으로 판명함 (표1). 아울러, 발정우로 판명난 개체에 대한 인공수정을 수행 한 후 수태율을 분석해 본 결과 70두 중 38두 (54.3%)가 임신이 된 것으로 나타났음

<표1> 발정우의 특성분석

개체번호	발정행동			임신여부	비고
	발정음	보행수 증가*	증가허용/증가		
A01	-	ND	+	+	
A02	-	ND	+	-	
A03	-	ND	+	+	
A04	+	ND	+	-	
A05	+	ND	+	+	
A06	+	ND	+	-	
A07	-	ND	+	+	
A08	+	ND	+	-	
A09	-	ND	+	-	
A10	-	ND	+	+	
A11	+	ND	+	+	
A12	+	ND	+	-	
A13	-	ND	+	-	
A14	+	ND	+	-	
A15	+	ND	+	-	
A16	-	ND	+	+	
A17	-	ND	+	-	
A18	+	ND	+	+	
A19	+	ND	+	+	
A20	+	ND	+	-	
A21	+	ND	+	-	
A22	+	ND	+	+	
A23	+	ND	+	+	
A24	+	ND	+	+	
A25	+	ND	+	-	
A26	+	ND	+	-	
A27	+	ND	+	-	
A28	+	ND	+	+	
B01	+	ND	+	-	
B02	-	ND	+	+	
B03	+	ND	+	+	
B04	+	ND	+	-	
B05	-	ND	+	+	
B06	+	ND	+	-	
B07	-	ND	+	+	
B08	-	ND	+	+	
B09	+	ND	+	+	
B10	+	ND	+	-	

B11	+	ND	+	-	
B12	+	ND	+	-	
B13	+	ND	+	+	
B14	+	ND	+	-	
B15	+	ND	+	+	
B16	+	ND	+	-	
B17	+	ND	+	+	
B18	-	ND	+	-	
B19	+	ND	+	-	
B20	+	ND	+	+	
B21	+	ND	+	-	
B22	-	ND	+	+	
C1	+	ND	+	+	
C2	+	ND	+	-	
C3	+	ND	+	+	
C4	+	ND	+	-	
C5	+	ND	+	+	
C6	-	ND	+	-	
C7	-	ND	+	+	
C8	+	ND	+	+	
C9	+	ND	+	+	
C10	+	ND	+	+	
C11	+	ND	+	+	
C12	+	ND	+	-	
C13	+	ND	+	+	
C14	+	ND	+	+	
C15	-	ND	+	+	
C16	+	ND	+	-	
C17	+	ND	+	+	
C18	+	ND	+	+	
C19	-	ND	+	-	
C20	+	ND	+	+	
계	51/70	0/70	70/70	38/70	

* 녹화된 화면으로 보행수의 증가를 판단하기가 매우 곤란하였으며, 비 발정우와의 차이점이 인정되지 않았음 (ND; Not decided)

다. 영상자료 분석을 통한 수정적기 기준 제시

(1) 발정음 발생 시각과 수정적기간의 상관관계 규명: 영상 자료 분석 결과 총 70두 중 51두 (72.9%)의 소에서 발정음이 관측되었으며, 각 개체별 처음 관측 후 인공수정 시기와 수태율을 분석해본 결과, 처음 발정음이 관측 된 51두에 대하여 12±1시간 후 인공수정을 한 개체수는 10두였으며, 이 중 임신한 개체수는 3두(30%) 였고, 14±1시간 후 인공수정 한 개체수는 7두였으며, 이 중 임신한 개체수는 4(59%)두 였고, 16±1시간 후 인공수정을 한 개체수는 8 두였으며, 이 중 임신한 개체수는 5두 (62%)였고, 18±1시간 후 인공수정을 한 개체수는 15 두였으며, 이 중 임신한 개체수는 7두 (46%)였고, 20시간 이상 경과 후 인공수정을 한 개체수는 11 두였으며, 이 중 임신한 개체수는 6 (54.5%)두에서 임신이 확인 되었음.

발정음 관측 개체번호	인공 수정시기	임신여부	발정음 관측 개체번호	인공 수정시기	임신여부
A04	관측 후 약 12시간	-	B12	관측 후 약 18시간	-
A05	관측 후 약 16시간	+	B13	관측 후 약 16시간	+
A06	관측 후 약 14시간	-	B14	관측 후 약 16시간	-
A08	관측 후 약 20시간	-	B15	관측 후 약 16시간	+
A11	관측 후 약 18시간	+	B16	관측 후 약 18시간	-
A12	관측 후 약 12시간	-	B17	관측 후 약 22시간	+
A14	관측 후 약 14시간	-	B19	관측 후 약 20시간	-
A15	관측 후 약 18시간	-	B20	관측 후 약 18시간	+
A18	관측 후 약 20시간	+	B21	관측 후 약 18시간	-
A19	관측 후 약 14시간	+	C1	관측 후 약 14시간	+
A20	관측 후 약 18시간	-	C2	관측 후 약 14시간	-
A21	관측 후 약 12시간	-	C3	관측 후 약 12시간	+
A22	관측 후 약 14시간	+	C4	관측 후 약 16시간	-
A23	관측 후 약 18시간	+	C5	관측 후 약 12시간	+
A24	관측 후 약 20시간	+	C8	관측 후 약 16시간	+
A25	관측 후 약 12시간	-	C9	관측 후 약 20시간	+
A26	관측 후 약 18시간	-	C10	관측 후 약 18시간	+
A27	관측 후 약 12시간	-	C11	관측 후 약 12시간	+
A28	관측 후 약 20시간	+	C12	관측 후 약 18시간	-
B01	관측 후 약 16시간	-	C13	관측 후 약 22시간	+
B03	관측 후 약 18시간	+	C14	관측 후 약 18시간	+
B04	관측 후 약 20시간	-	C16	관측 후 약 16시간	-
B06	관측 후 약 18시간	-	C17	관측 후 약 18시간	+
B09	관측 후 약 16시간	+	C18	관측 후 약 14시간	+
B10	관측 후 약 12시간	-	C20	관측 후 약 12시간	+
B11	관측 후 약 20시간	-			

(2) 보행수 및 활동량 증가 시점 시각과 수정적기간의 관계 규명: 본 과제를 통해 발정우의 발정행동을 분석해 본 결과 촬영된 모든 개체에서 보행수 및 활동량 증가시점을 구분하기가 상당히 어려웠으며, 특히, 발정우 및 미 발정우의 행동이 멈추는 (사료섭취, 되새김 및 휴식 등) 시점이 다수 발견되었고, 정상우와 비교하여 큰 차이점을 보이지 않는 것으로 판단되어, 본 보행수 및 활동량 증가 시점과 수정적기간의 관계를 규명하는 것을 불가능 한 것으로 판단 하였음.

(3) 승가허용/승가와 수정적기간의 상관관계 규명: 영상 자료 분석 결과 총 70두 중 70두 (100%)의 소에서 승가행위가 관측되었으며, 각 개체별 처음 관측 후 인공수정 시기와 수태율을 분석해본 결과, 처음 승가행위가 관측 된 70두에 대하여 12±1시간 후 인공수정을 한 개체수는 14두였으며, 이 중 임신한 개체수는 7두(50%) 였고, 14±1시간 후 인공수정 한 개체수는 14두였으며, 이중 임신한 개체수는 8(57%)두 였고, 16±1시간 후 인공수정을 한 개체수는 17 두였으며, 이중 임신한 개체수는 11두 (65%)였고, 18±1시간 후 인공수정을 한 개체수는 16 두였으며, 이중 임신한 개체수는 8두 (50%)였고, 20시간 이상 경과 후 인공수정을 한 개체수는 8 두였으며, 이중 임신한 개체수는 5 (63%)두에서 임신이 확인 되었음.

승가행위 관측 개체번호	인공 수정시기	임신여부	발정음 관측 개체번호	인공 수정시기	임신여부
A01	관측 후 약 16시간	+	B08	관측 후 약 18시간	+
A02	관측 후 약 12시간	-	B09	관측 후 약 16시간	+
A03	관측 후 약 14시간	+	B10	관측 후 약 12시간	-
A04	관측 후 약 12시간	-	B11	관측 후 약 20시간	-
A05	관측 후 약 14시간	+	B12	관측 후 약 18시간	-
A06	관측 후 약 14시간	-	B13	관측 후 약 16시간	+
A07	관측 후 약 18시간	+	B14	관측 후 약 14시간	-
A08	관측 후 약 14시간	-	B15	관측 후 약 16시간	+
A09	관측 후 약 20시간	-	B16	관측 후 약 18시간	-
A10	관측 후 약 12시간	+	B17	관측 후 약 20시간	+
A11	관측 후 약 18시간	+	B18	관측 후 약 18시간	-
A12	관측 후 약 12시간	-	B19	관측 후 약 20시간	-
A13	관측 후 약 14시간	-	B20	관측 후 약 18시간	+
A14	관측 후 약 14시간	-	B21	관측 후 약 18시간	-
A15	관측 후 약 14시간	-	B22	관측 후 약 12시간	+
A16	관측 후 약 16시간	+	C1	관측 후 약 14시간	+
A17	관측 후 약 18시간	-	C2	관측 후 약 12시간	-
A18	관측 후 약 18시간	+	C3	관측 후 약 12시간	+
A19	관측 후 약 14시간	+	C4	관측 후 약 16시간	-
A20	관측 후 약 18시간	-	C5	관측 후 약 12시간	+
A21	관측 후 약 10시간	-	C6	관측 후 약 16시간	-
A22	관측 후 약 14시간	+	C7	관측 후 약 12시간	+
A23	관측 후 약 18시간	+	C8	관측 후 약 16시간	+
A24	관측 후 약 20시간	+	C9	관측 후 약 20시간	+
A25	관측 후 약 12시간	-	C10	관측 후 약 16시간	+
A26	관측 후 약 16시간	-	C11	관측 후 약 12시간	+
A27	관측 후 약 12시간	-	C12	관측 후 약 18시간	-
A28	관측 후 약 18시간	+	C13	관측 후 약 22시간	+
B01	관측 후 약 16시간	-	C14	관측 후 약 16시간	+
B02	관측 후 약 12시간	+	C15	관측 후 약 14시간	+
B03	관측 후 약 18시간	+	C16	관측 후 약 16시간	-
B04	관측 후 약 16시간	-	C17	관측 후 약 16시간	+
B05	관측 후 약 14시간	+	C18	관측 후 약 14시간	+
B06	관측 후 약 16시간	-	C19	관측 후 약 18시간	-
B07	관측 후 약 16시간	+	C20	관측 후 약 22시간	+

라. 결론

- (1) 경남지역 한우농가 3곳에서 발정우 70두에 대해 캠코더로 촬영하여 특성을 분석 수행
- (2) 발정우 70두 중 51두에서 발정음이 나오는 것으로 확인되어 약 73%의 발정우가 발정음을 내는 것으로 확인 되었으나, 비발정우 100두 모두에서는 확인되지 않았음
- (3) 보행수 증가는 비발정우에서도 보행이 이루어지고, 또한 대부분의 소가 사료 섭취 기간 이외에는 누워있거나 보행 없이 서있는 경우가 많았기 때문에, 정확한 보행수에 대한 기준설정이 어려웠음. 이에 따라 주관적 판단에 의하면 발정우의 보행수가 비발정우의 보행수에 비해 많다고 보기 어려웠음

- (4) 승가허용 및 승가 행동의 경우 발정우 70두 모두가 승가허용 또는 승가 행동을 나타내었음.
- (5) 발정우에 대한 임신여부 (재귀발정 및 수의사 소견)를 확인해본 결과 두농장 모두에서 총 50두 중 24두만이 임신에 성공한 것으로 판단되어 약 48%의 수정률을 보였는데, 이는 발정시작시각을 정확히 예측하지 못함으로 인하여 수정적기를 부정확하게 판단함으로써 나타난 것으로 판단됨
- (6) 본 시험에 공시된 발정우 70두 중 38두가 임신한 것으로 판명되어, 이들 개체에 대한 발정음 발생 시점을 기준으로 인공수정 시간별 수정적기 분석을 수행해 본 결과, 최초의 발정음 발생 후 약 16시간 지난 시점에서 인공수정을 수행했을 때 가장 높은 62%의 수태율을 보여 최초 발정음 이후 16시간 전후가 최적의 수정 적기인 것으로 판단 됨. 또한 승가행위에 기초한 인공수정 시간별 수정적기 분석을 수행 해 본 결과, 발정음과 유사하게 최초 승가 후 16시간 지난 시점에서 약 65%의 수태율을 보여, 최초 승가 후 약 16시간 전후가 최적의 수정 적기인 것으로 판단 함.

2절. IR센서와 가속도센서를 이용한 한우 번식우 발정 감지를 위한 알고리즘 개발

가. 재료 및 방법

- 발정우 50두와 미발정우 100두를 대상으로 행동을 분석하였음
- 모든 통계처리는 PASW Statistics 18(SPSS Inc)을 이용하여 수행하였으며, 평균간 비교는 일원배치법으로 하였음
- 특히 여러 행동 중에서 승가시간(승가를 당하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간, 승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간), 한 방 내에서 승가를 하는 간격, 동일우가 승가를 허용하는 간격 등을 중심으로 분석하였음

나. 결과

- 표 1에서와 같이 승가를 당하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간이 발정우와 미발정우 간에 통계적으로 유의적 차이가 있었으며, 발정우는 승가를 허용하고 미발정우는 승가를 허용하지 않고 피하기 때문에 발정우의 시간이 미발정우의 시간보다 길게 나타났음
- 따라서 발정우와 미발정우를 판별하기 위한 기준 자료로 승가를 당하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간을 이용할 수 있을 것으로 판단하였음

표 1. 승가를 당하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간 (단위 : s)

발정우	미발정우	유의확률
5.2±2.17*	3.8±2.01	0.000

* : Mean ± SD

- 표 2에서와 같이 승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간이 발정우와 미발정우 간에 통계적으로 유의적 차이가 있었으며, 발정우는 승가를 허용하고 미발정우는 승가를 허용하지 않고 피하기 때문에 발정우의 시간이 미발정우의 시간보다 길게 나타났음
- 따라서 발정우와 미발정우를 판별하기 위한 기준 자료로 승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간을 이용할 수 있을 것으로 판단하였음

표 2. 승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간 (단위 : s)

발정우	비발정우	유의확률
5.4±2.18*	3.9±2.11	0.000

* : Mean ± SD

- 발정우와 비발정우를 판별하기 위한 기준 자료로 이용하기 위하여 승가를 당하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간에 대한 백분위수를 분석하였는데, 그 결과는 표 3과 같음

표 3. 승가를 당하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간에 대한 백분위수

(단위 : s)

백분위수 (%)	발정우	비발정우
5	2.3400	1.4850
10	2.5500	1.8350
15	3.1450	2.0000
20	3.5000	2.2000
25	3.7350	2.3700
30	3.8900	2.4150
35	4.2300	2.5950
40	4.4600	2.7700
45	4.5600	2.9875
50	4.7900	3.1550
55	5.0100	3.5825
60	5.2000	3.9100
65	5.3800	4.0650
70	5.8800	4.4500
75	6.4700	4.5075
80	6.8700	4.9400
85	7.6350	5.1175
90	8.8600	7.6650
95	9.3850	8.6900

- 발정우와 비발정우를 판별하기 위한 기준 자료로 이용하기 위하여 승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간에 대한 백분위수를 분석하였는데, 그 결과는 표 4와 같음

표 4. 승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간에 대한 백분위수 (단위 : s)

백분위수 (%)	발정우	비발정우
5	2.4850	0.9850
10	2.7100	1.8350
15	3.2200	2.0700
20	3.6000	2.2100
25	3.8900	2.5425
30	4.0800	2.5950
35	4.3450	2.7450
40	4.5800	2.9500
45	4.7800	3.2325
50	4.9800	3.4200
55	5.1850	3.7275
60	5.3500	4.1200
65	5.5350	4.2425
70	6.0100	4.6150
75	6.6050	4.6850
80	7.0100	5.0600
85	7.8550	5.3575
90	8.9900	7.8350
95	9.5400	8.8700

- 표 5는 동일우가 승가를 허용하거나 승가를 당하는 시간 간격을 나타내며, 발정우와 비발정우 간의 통계적으로 유의적 차이가 없었음
- 따라서 개체별로 활동량과 방향 전환 횟수를 측정하여 이를 기준으로 발정우와 비발정우를 판별하기는 어려울 것으로 판단하였음

표 5. 동일우가 승가를 허용하거나 승가를 당하는 시간 간격 (단위 : s)

발정우	비발정우	유의확률
301.0±346.44*	249.9±229.25	0.3800

* : Mean ± SD

- 표 6은 한 방 내에서의 승가 시간 간격을 나타내며, 발정우와 비발정우 간의 통계적으로 유의적 차이가 없었음
- 따라서 개체별로 활동량과 방향 전환 횟수를 측정하여 이를 기준으로 발정우와 비발정우를 판별하기는 어려울 것으로 판단하였음

표 6. 한 방 내에서의 승가 시간 간격 (단위 : s)

발정우	비발정우	유의확률
260.0±256.58*	341.7±375.21	0.2130

* : Mean ± SD

- 발정우와 비발정우를 판별하기 위한 기준 자료로 이용하기 위하여 한 방 내에서의 승가 시간 간격에 대한 백분위수를 분석하였는데, 그 결과는 표 7과 같음

표 7. 한 방 내에서의 승가 시간 간격에 대한 백분위수 (단위 : s)

백분위수 (%)	발정우	비발정우
80	383.4000	512.0000
85	446.4000	660.3500
90	590.0000	1215.5000
95	876.4000	1354.8000

- 위에서 분석한 결과를 토대로 발정을 감지할 수 있는 기준을 만들기 위하여 승가허용 동일 발정우 기준 백분위수와 연속 출현 횟수를 발정 감지 성공률과 비교하였는데, 그 결과는 표 8 및 9와 같음
- 승가허용 동일 발정우 기준 승가를 허용하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간의 백분위수 15%인 3.15초 이상(승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간 3.22초 이상)이고 이것이 3회 이상 연속 출현하는 경우가 발정우 100% 그리고 비발정우 1%이기 때문에 이를 기준으로 하여 발정시작시각을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 수정적기를 판단할 수 있을 것으로 판단됨

표 8. 승가허용 동일 발정우 기준 백분위수의 연속 출현 횟수와 발정우 해당비율간의 관계 (단위 : %)

백분위수 (%)	기준		연속 출현 횟수		
	승가를 허용하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간 (s)	승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간 (s)	1회	2회	3회
5	2.34 이상	1.49 이상	100	100	100
10	2.55 이상	1.84 이상	100	100	100
15	3.15 이상	3.22 이상	100	100	100
20	3.50 이상	3.60 이상	100	100	90

표 9. 승가허용 동일 발정우 기준 백분위수의 연속 출현 횟수와 비발정우 해당비율간의 관계 (단위 : %)

백분위 수 (%)	기준		연속 출현 횟수		
	승가를 허용하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소 의 가슴이 접촉 하고 있는 시간 (s)	승가를 하는 소 의 머리가 등보 다 높게 있는 시 간 (s)	1회	2회	3회
5	2.34 이상	1.49 이상	5	4	3
10	2.55 이상	1.84 이상	5	3	3
15	3.15 이상	3.22 이상	5	2	1
20	3.50 이상	3.60 이상	5	1	1

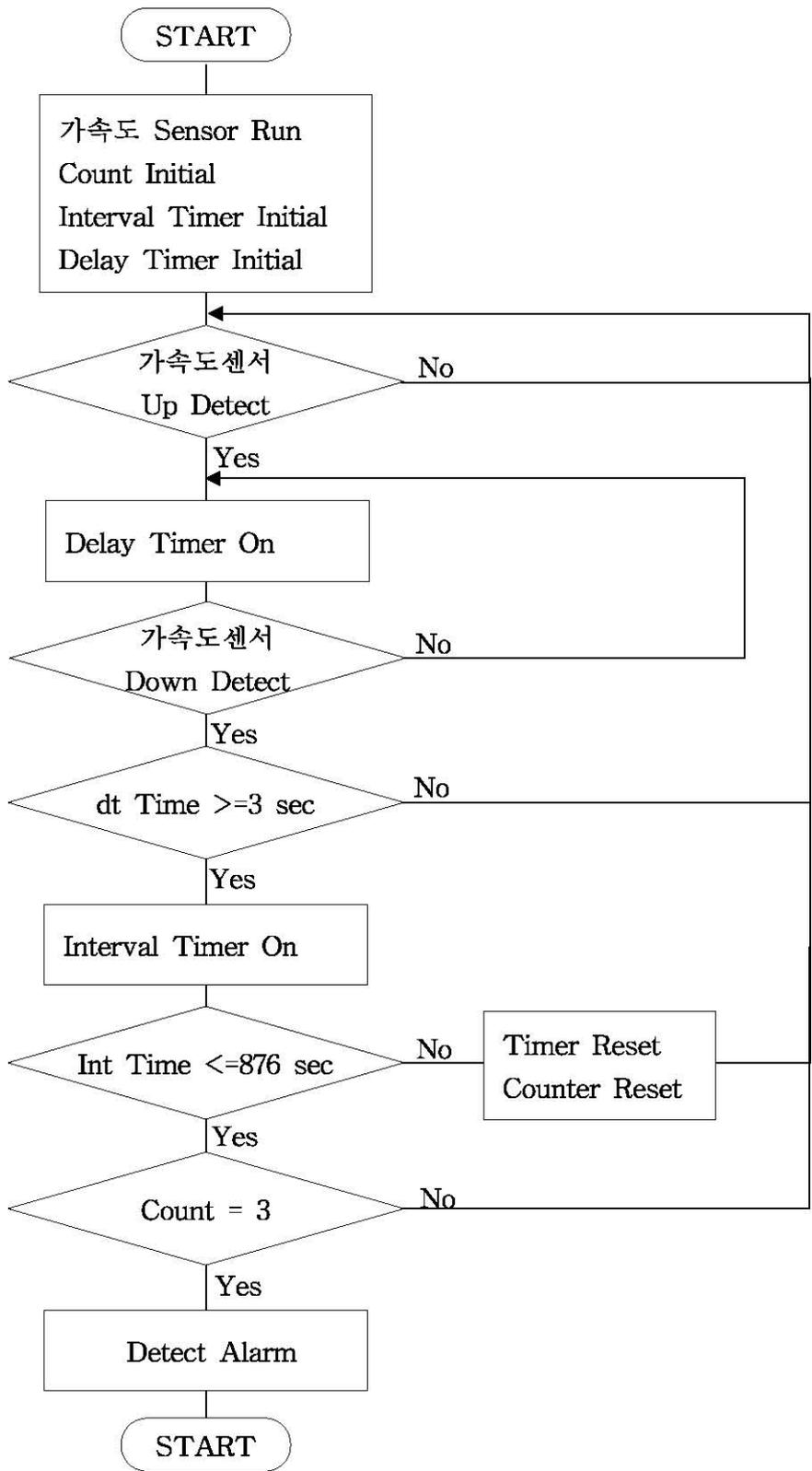
다. 결론

- 승가를 허용하는 소의 꼬리뼈와 승가를 하는 소의 가슴이 접촉하고 있는 시간이 3.15초 이상 (승가를 하는 소의 머리가 등보다 높게 있는 시간이 3.22초 이상) 지속되고 이들의 연속 출현 횟수가 3회 이상이면 발정우로 판단할 수 있음 (3회 중 최초 시각을 발정시작시각으로 판단)
- 또한 3회 연속성 측정 시 발정우의 한방 내 승가허용간격 기준 백분위수 95%인 876.4초 이상인 경우에는 처음부터 다시 3회 연속성을 측정하면 될 것으로 판단됨

3절. 가속도센서를 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발

가. 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 알고리즘

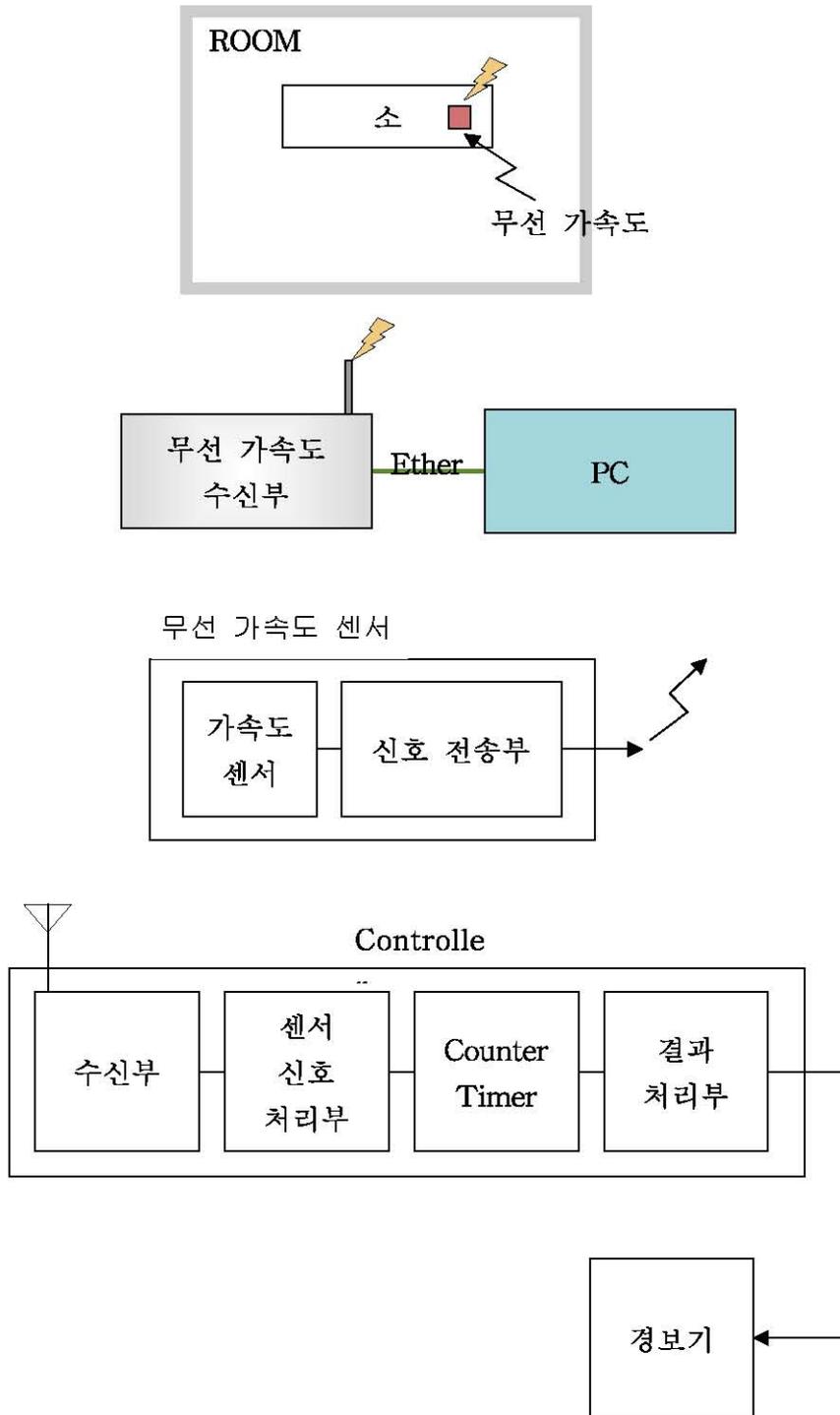
- 한우 미발정우 50두와 발정우 50두를 대상으로 조사 분석하였음
- 가속도 센서를 이용한 한우 발정 감지 알고리즘은 <그림 1>과 같음
- 소의 승가 감지를 위하여 무선 가속도 센서를 소에 부착하고, 소의 움직임에 따라 가속도 센서 값을 무선으로 전송하도록 하였음
- 수신된 가속도 값은 제어부에서 경계값 처리에 의해 승가 시작과 끝 신호를 감지하도록 하였고, 경계값은 반복 시험에 의해 아날로그 값으로 계측하여 설정하였음
- 승가 감지를 위해 가속도 값이 승가 시작시의 값으로 감지되면 타이머에 의해 시간을 측정 시작하고, 승가 종료 값이 감지되면 측정된 타이머 값을 비교하여 3초 이상이면 카운팅 하도록 하여, 3회 이상 감지되면 승가로 판단하여 관리자에게 신호를 전송하도록 하였다. 이때 감지와 다음 감지까지의 시간이 876초 이내에 다시 감지되어야 하며, 그 이상 시간이 지연 되면 카운팅을 다시 처음부터 하도록 하였음



<그림 1> 가속도 센서를 이용한 한우 발정 감지 알고리즘

나. 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성도

- 무선 가속도 발신부를 소에 부착하고 무선 가속도 수신부를 PC와 연결하여 승가(허용) 시 발생하는 가속도 변화를 측정하여 발정을 감지 할 수 있도록 하였음



<그림 2> 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성도

다. 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 주요 구성품

○ 무선 가속도 발신부 <그림 3>

- 계측 거리 : 1000m
- 가속도 Range : $\pm 10G$
- Type : Wireless Triaxial Accelerometer
- Streaming Packet Mode : 5KSPS
- 슬립모드에서 소비전류 : $<45\mu A$
- Axis : 3축 (X,Y,Z)
- 전원 : 자체 Battery



<그림 3> 무선 가속도 발신부 외형

○ 무선 가속도 수신부 <그림 4>

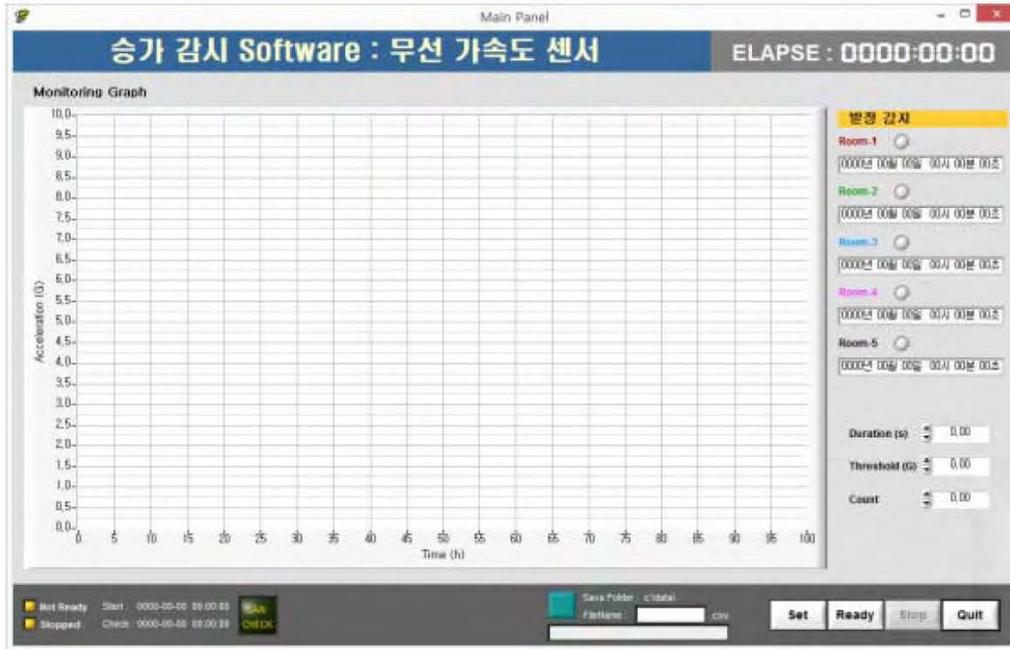
- 입력 전원 : 220V AC
- Wireless Protocol stack : IEEE 802.15.4
- Link Protocol with a server : TCP/IP/UDP/DNS/DHCP
- Radio range : 70m~1km



<그림 4> 무선 가속도 수신부 외형

○ Software <그림 5>

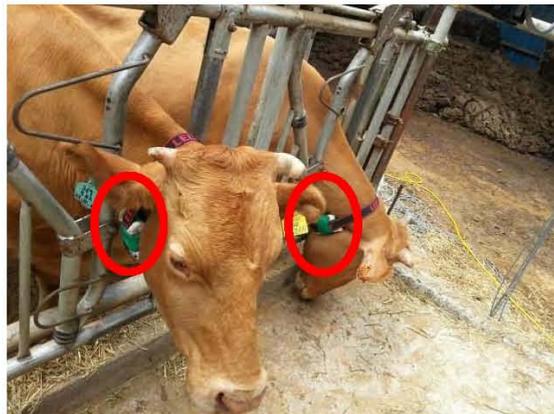
- Language : LabWindows/CVI, National Instrument
- Type : GUI
- OS : Windows 기반
- 기능 : PLC Ethernet 통신, 그래프 Display, Data Save, 발정 감지
- Software 설명
 - + Elapse : 프로그램 시작후 경과시간
 - + 그래프 : 각 Room 별 시간에 따른 감지 상태를 그래프로 표시
 - + 발정감지 : 감지 상태를 Lamp에 적색으로 표시, 감지 시간을 연월일 시분초로 표시
 - + Threshold (G), Duration (s), Count : Duration 시간내에 Threshold 값 이상 값이 감지된 횟수가 Count 값 이상 감지되면 발정 감지 판단
 - + Not Ready/Ready : 통신 초기화 상태 표시
 - + Run/Stopped : 프로그램 실행, 정지 상태 표시
 - + Save Folder : Data 저장 경로 표시
 - + File Name : 저장 Data File Name 표시
 - + 저장 버튼 : 녹색 저장 버튼을 On 상태로 하면 Data 저장이 시작
 - + Set : 통신 및 경로, Sampling Rate 설정
 - + Ready : 통신 초기화 및 프로그램 계속 시작
 - + Stop : 계속 정지
 - + Quit : 프로그램 종료



<그림 5> 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 Software

라. 가속도 센서 이용 한우 승가허용 판단 기준 확립

- 한우의 목에 가속도 센서를 설치하였음 <그림 6>



<그림 6> 가속도 센서의 설치 모습

- 한우농가에 설치한 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템 시작품의 모습은 <그림 7>과 같음



<그림 7> 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 시작품

- 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템을 이용하여 1초 단위로 가속도를 측정한 예는 <그림 8>과 같음

	A	B	C	D	E
1	날자	시간	x축 (전후)	y축 (상하)	z축 (좌우)
2	2014-06-04	18:34:44	-0.2477	-0.7663	-0.6164
3	2014-06-04	18:34:45	-0.2468	-0.6664	-0.6155
4	2014-06-04	18:34:46	-0.2357	-0.7644	-0.6263
5	2014-06-04	18:34:47	-0.2276	-0.7553	-0.5964
6	2014-06-04	18:34:48	-0.2668	-0.6444	-0.6223
7	2014-06-04	18:34:49	-0.1001	-0.7427	-0.7231
8	2014-06-04	18:34:50	-0.1102	-0.7427	-0.7331
9	2014-06-04	18:34:51	-0.1101	-0.7437	-0.7232
10	2014-06-04	18:34:52	-0.1201	-0.7425	-0.7231
11	2014-06-04	18:34:53	0.0116	-0.7591	-0.6848
12	2014-06-04	18:34:54	0.0117	-0.7681	-0.6958
13	2014-06-04	18:34:55	0.0115	-0.7588	-0.6866
14	2014-06-04	18:34:56	0.0102	-0.7592	-0.6847
15	2014-06-04	18:34:57	-0.4495	-0.6936	-0.6735
16	2014-06-04	18:34:58	-0.4455	-0.6866	-0.6635
17	2014-06-04	18:34:59	-0.4595	-0.6956	-0.6733
18	2014-06-04	18:35:00	-0.4496	-0.6933	-0.6555
19	2014-06-04	18:35:01	-0.5345	-0.7553	-0.3877
20	2014-06-04	18:35:02	-0.5347	-0.6552	-0.3787

<그림 8> 가속도 측정의 일례 (단위 : G)

- <그림 9>와 같이 디지털 카메라를 설치하여 디지털 카메라의 시간과 가속도 측정용 PC의

시간을 동일하게 설정한 다음 디지털 카메라로 동영상을 촬영한 후 한우의 승가(허용)행동과 시간대별 가속도 값을 비교하였음



<그림 9> 동영상 촬영용 디지털 카메라 모습

- 미발정우 50두와 발정우 50두를 대상으로 각각 8시간씩 가속도를 1초 간격으로 측정한 후 승가허용 시 3초 동안의 3축(x, y, z) 가속도 절대값 합계가 미승가허용 시 3초 동안의 이동 3축(x, y, z) 가속도 절대값 합계보다 높게 나타났으며, 승가허용 시 3초 동안의 3축(x, y, z) 가속도 절대값 합계는 4.7962 ± 0.3349 G이었으며 미승가허용 시 3초 동안의 3축(x, y, z) 가속도 절대값 합계는 4.3282 ± 0.4231 G이었음
- 따라서 3초 동안의 3축(x, y, z) 가속도 절대값 합계가 $4.4613(=4.7962 - 0.3349)$ G 이상이고 이러한 값이 876초 간격 이내에 3회 연속 출현하면 발정으로 간주하였음 (<그림 1>의 알고리즘 참조)

마. 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 발정 감지 성능과 수태율

- 한우 미발정우 50두 및 발정우 50두를 대상으로 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 성능을 평가한 결과, 94%의 발정 감지 성능을 나타내었으며, 최초 발정 감지 시각을 발정 시작 시각으로 간주하고 이를 기준으로 16시간 정도 후 인공수정을 한 결과 수태율이 75%로 나타났음

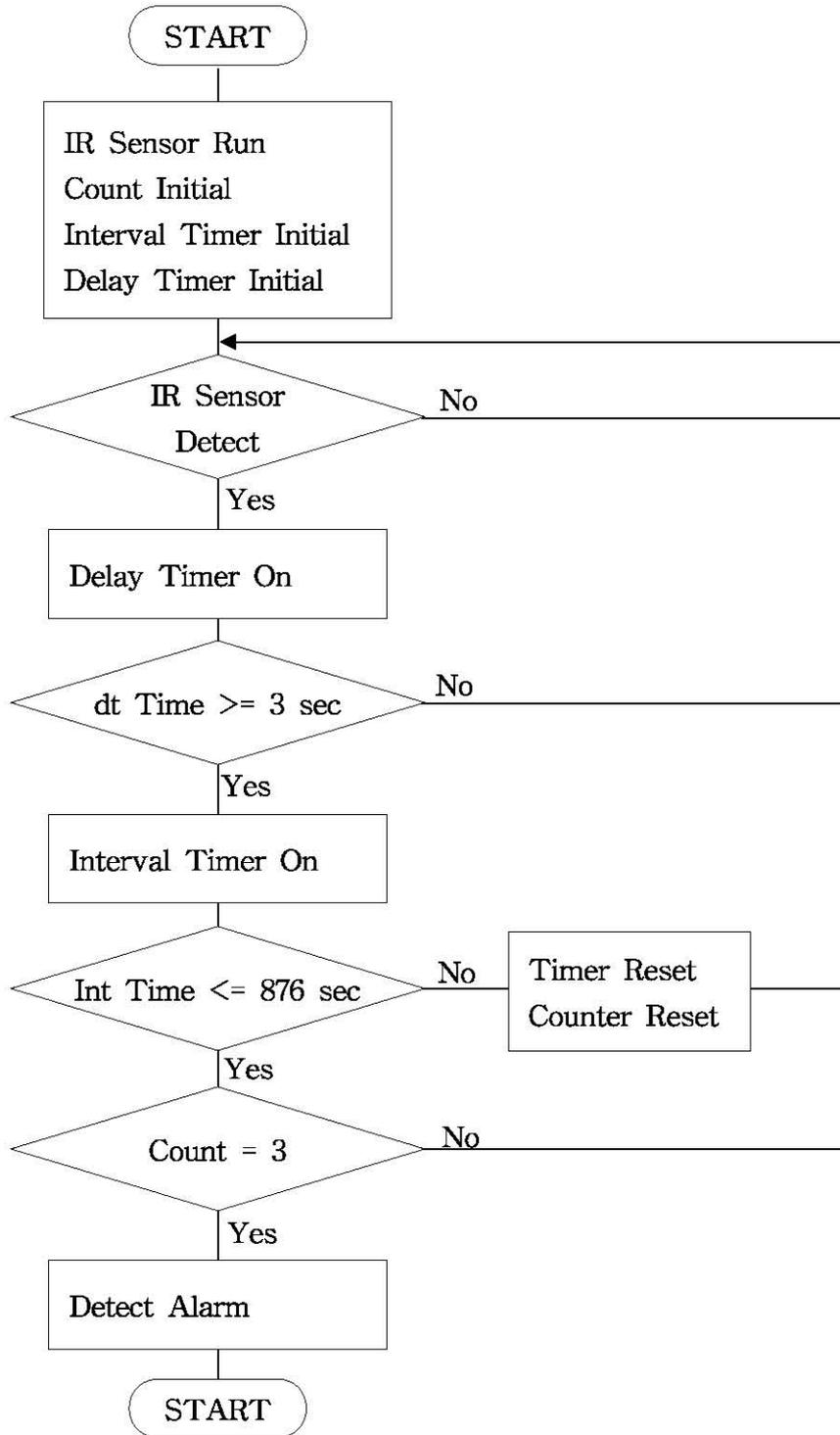
바. 결론

3초 동안의 3축(x, y, z) 가속도 절대값 합계가 $4.4613(=4.7962 - 0.3349)$ G 이상이고 이러한 값이 876초 간격 이내에 3회 연속 출현하면 발정으로 간주하였다. 한우 미발정우 50두 및 발정우 50두를 대상으로 가속도 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 성능을 평가한 결과에 의하면, 94%의 발정 감지 성능을 나타내었으며, 최초 발정 감지 시각을 발정 시작 시각으로 간주하고 이를 기준으로 16시간 정도 후 인공수정을 한 결과 수태율이 75%로 나타났음

4절. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 시작품 개발

가. IR 센서 이용 한우 발정 감지 알고리즘

- 한우 미발정우 50두와 발정우 50두를 대상으로 조사 분석하였음
- IR (Infrared) 센서 이용 한우 발정 감지 알고리즘은 <그림 10>과 같음
- 소의 승가 감지를 위하여 Pulse type IR 센서를 사용하였음
- IR 센서를 Pulse 신호로 송신하여 수신부에 감지하도록 하고, 송수신부 사이에 물체가 감지되면 동작을 감지하도록 하였음
- 센서는 승가 시 소의 몸이 높아지는 위치인 160cm 높이에 설치하여 소가 승가위치에서 감지되면, 신호를 전송하도록 하였음
- 감지된 센서 신호는 Controller에 전송되어, 3초 이상 감지되었는지를 계측하고, 3초 이상 감지되면 카운팅 하도록 하여, 3회 이상 감지되면 승가로 판단하여 관리자에게 신호를 전송 하도록 하였음
- 이때 감지와 다음 감지까지의 시간이 876초 이내에 다시 감지되어야 하며, 그 이상 시간이 지연되면 카운팅을 다시 처음부터 하도록 하였음

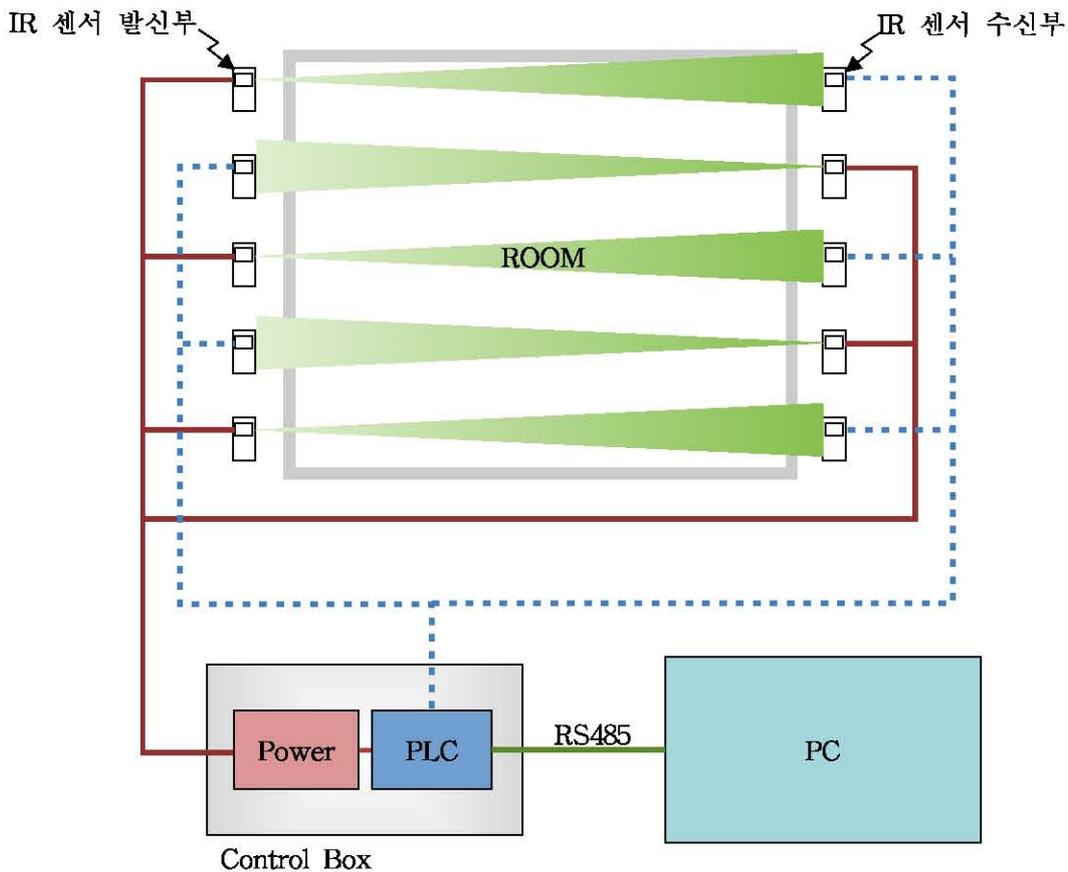


<그림 10> IR 센서 이용 한우 발정 감지 알고리즘

나. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성

○ IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성도는 <그림 11>과 같음

- Control Box에서 IR 센서 발신부와 수신부에 전원을 공급하면, 발신부에서 IR을 반대편 수신부로 전송하고, 수신부에서 그 신호를 입력 받아 PLC에서 취합함
- 취합된 신호는 PLC에서 PC로 통신에 의해 전송하면, PC에서 신호를 분석하여 발정을 판정할 수 있도록 구성하였음

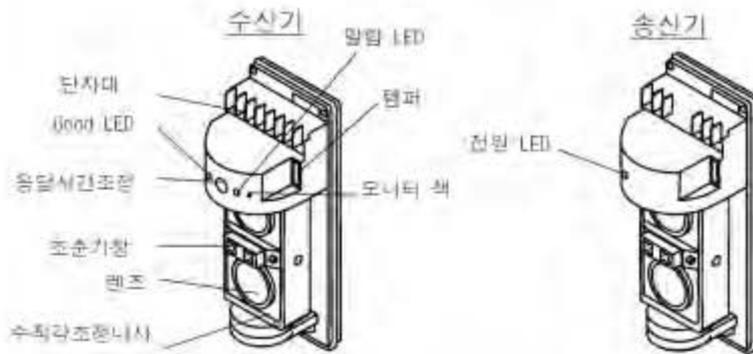


<그림 11> IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성도

다. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성품

- IR 센서 <그림 12>
 - 계측 거리 : 60m
 - 감지방법 : 근적외선 광 차단 방식
 - 적외선광 : IR LED
 - 응답속도 : 50~500ms

- 전원전압 : 10~24V DC
- 신호출력 : Dry contact relay output 1C (COM/NC/CO_
- 사용온도 : -25℃~60℃



<그림 12> IR 센서 구성도

○ Power <그림 13>

- 입력 전원 : 220V AC
- 출력 전원 : 24V DC
- TYPE : SMPS (Switching Mode Power Supply)
- 용도 : IR 센서 전원 공급, PLC 전원 공급, 감지 신호 전원



<그림 13> SMPS 외형

○ PLC <그림 14>

- Programmable Logic Controller
- 전원 : 24V DC
- Input : DC 24V, 8ch
- Output : Dry Contact, 8ch
- Communication : RS232 1ch, RS485 1ch

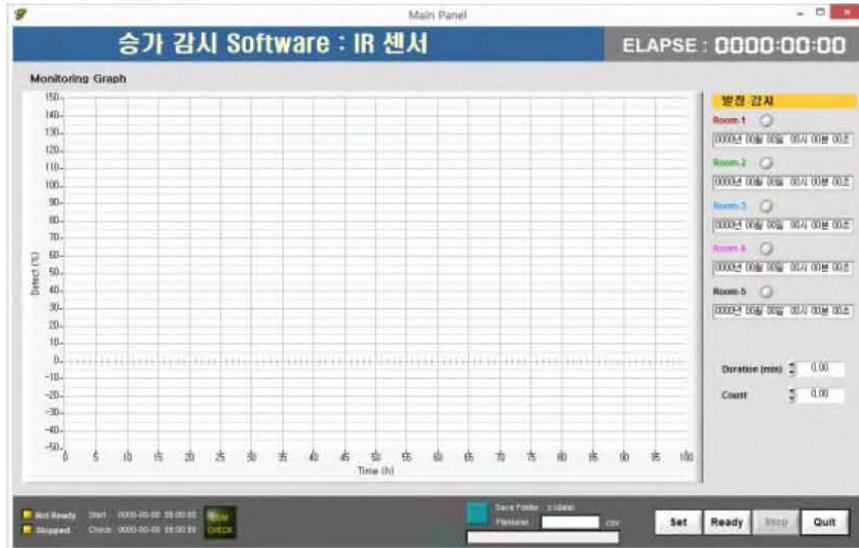
- 용도 : IR 센서 신호 수집 및 Data 전송



<그림 14> PLC 외형

○ Software <그림 15>

- Language : LabWindows/CVI, National Instrument
- Type : GUI
- OS : Windows 기반
- 기능 : PLC RS 통신, 그래프 Display, Data Save, 발정 감지
- Software 설명
 - + Elapse : 프로그램 시작후 경과시간
 - + 그래프 : 각 Room 별 시간에 따른 감지 상태를 그래프로 표시
 - + 발정감지 : 감지 상태를 Lamp에 적색으로 표시, 감지 시간을 연월일 시분초로 표시
 - + Duration (min), Count : Duration 시간 동안 Count 회수 이상 감지시 발정 감지 판단
 - + Not Ready/Ready : 통신 초기화 상태 표시
 - + Run/Stopped : 프로그램 실행, 정지 상태 표시
 - + Save Folder : Data 저장 경로 표시
 - + File Name : 저장 Data File Name 표시
 - + 저장 버튼 : 녹색 저장 버튼을 On 상태로 하면 Data 저장이 시작
 - + Set : 통신 및 경로, Sampling Rate 설정
 - + Ready : 통신 초기화 및 프로그램 계측 시작
 - + Stop : 계측 정지
 - + Quit : 프로그램 종료



<그림 15> IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 Software

라. IR 센서 이용 한우 승가허용 판단 기준 확립

- 한우사에 IR 센서를 설치한 모습은 <그림 16>과 같음
- IR 센서는 우방 바닥으로부터 160cm 높이에 설치하였음
- IR 센서들간의 간격은 각각 80cm이었음



<그림 16> IR 센서의 설치 모습

○ 한우농가에 설치한 IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템 시작품의 모습은 <그림 17>과 같음



<그림 17> IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템 시작품

○ IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템을 이용하여 승가허용행동을 측정 한 예는 <그림 18>과 같음

○ <그림 10>의 알고리즘에 의한 결과임

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Date	Time	Sensor-1	Sensor-2	Sensor-3	Sensor-4	Sensor-5	승가허용 여부 영상 확인	승가허용 시간(초)	승가 간격 시간 (초)	발정 시작 시각	
2	2014-06-04	18:27:26	0	0	0	0	0					
3	2014-06-04	18:27:27	0	100	100	0	0	o	7		2014년 06월 04일 18시 27분 27초	
4	2014-06-04	18:27:28	0	100	100	0	0	o				
5	2014-06-04	18:27:29	0	0	100	0	0	o				
6	2014-06-04	18:27:30	0	0	100	0	0	o				
7	2014-06-04	18:27:31	0	0	100	0	0	o				
8	2014-06-04	18:27:32	0	0	100	0	0	o				
9	2014-06-04	18:27:33	0	0	100	0	0	o				
10	2014-06-04	18:27:34	0	0	0	0	0					
11										439		
12			중간 생략									
13												
14	2014-06-04	18:34:45	0	0	0	0	0		4			
15	2014-06-04	18:34:46	0	100	0	0	0	o				
16	2014-06-04	18:34:47	0	100	0	0	0	o				
17	2014-06-04	18:34:48	0	100	0	0	0	o				
18	2014-06-04	18:34:49	0	100	0	0	0	o				
19	2014-06-04	18:34:50	0	0	0	0	0					
20										196		
21			중간 생략									
22												
23	2014-06-04	18:38:1	0	0	0	0	0		3			
24	2014-06-04	18:38:2	0	0	0	100	0	o				
25	2014-06-04	18:38:3	0	0	0	100	0	o				
26	2014-06-04	18:38:4	0	0	100	100	0	o				
27	2014-06-04	18:38:5	0	0	0	0	0					
28												

<그림 18> IR 센서 이용 승가허용행동과 발정시작시각 측정의 일례

- <그림 19>와 같이 디지털 카메라를 설치하여 디지털 카메라의 시간과 IR 센서 측정용 PC의 시간을 동일하게 설정한 다음 디지털 카메라로 동영상 촬영한 후 한우의 승가(허용)행동과 시간대별 IR 센서 측정값을 비교하였음



<그림 19> 동영상 촬영용 디지털 카메라 모습

마. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 발정 감지 성능과 수태율

- 한우 미발정우 50두와 발정우 50두를 대상으로 IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 성능을 평가한 결과, 100%의 발정 감지 성능을 나타내었으며, 최초 발정 감지 시각을 발정 시작 시각으로 간주하고 이를 기준으로 16시간 정도 후 인공수정을 한 결과 수태율이 96%로 나타났음

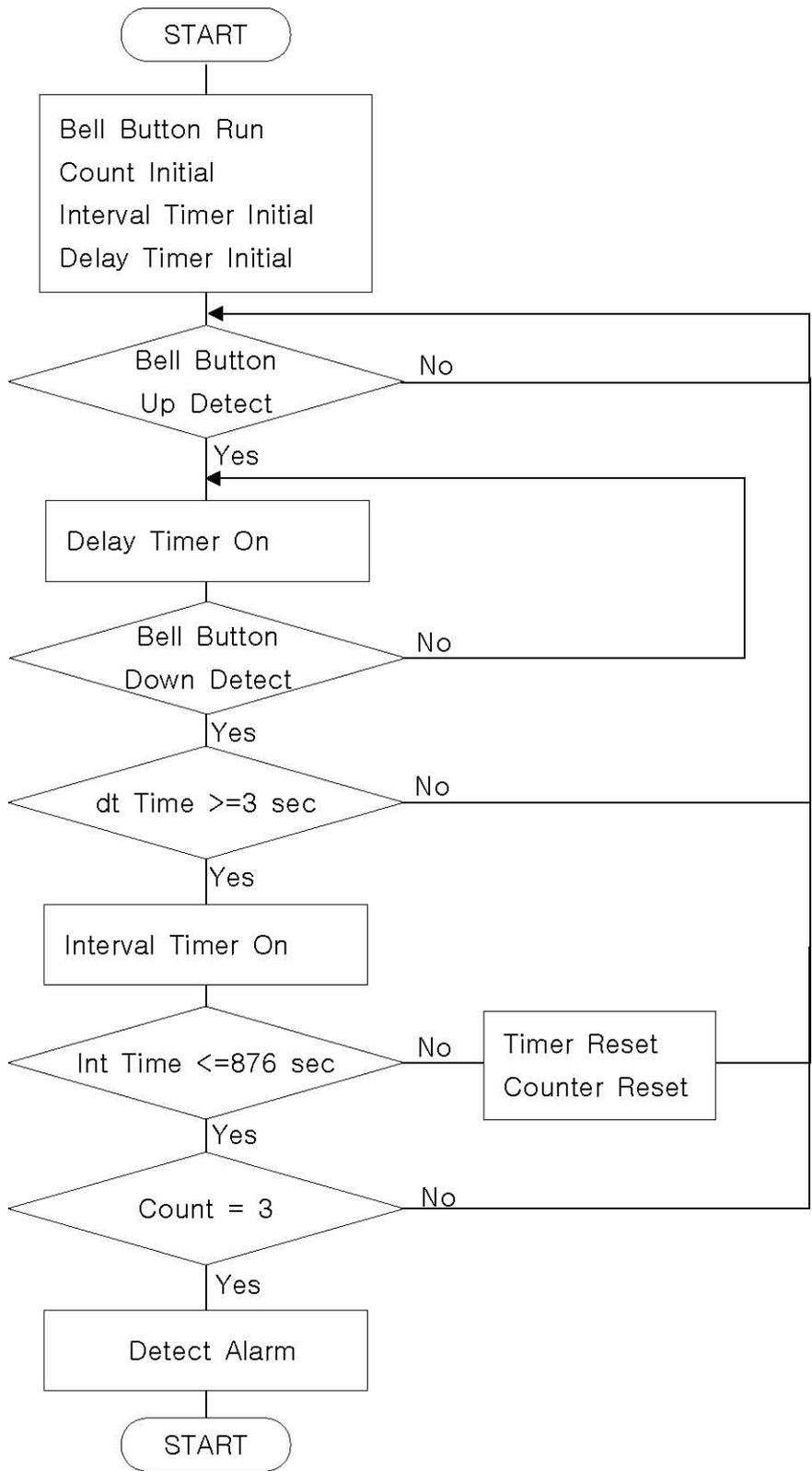
바. 결론

승가행동이 3초 이상 감지되면 카운팅 하도록 하고 3회 이상 감지되면 승가로 판단하여 관리자에게 신호를 전송하도록 하였다. 이때 감지와 다음 감지까지의 시간이 876초 이내에 다시 감지되어야 하며, 그 이상 시간이 지연되면 카운팅을 다시 처음부터 하도록 하였다. 한우 미발정우 50두와 발정우 50두를 대상으로 IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 성능을 평가한 결과, 100%의 발정 감지 성능을 나타내었으며, 최초 발정 감지 시각을 발정 시작 시각으로 간주하고 이를 기준으로 16시간 정도 후 인공수정을 한 결과 수태율이 96%로 나타났음

5절. 개체인식을 위한 벨 버튼 이용 한우 발정 감지 시스템 개발

가. 벨 버튼 이용 한우 발정 감지 알고리즘

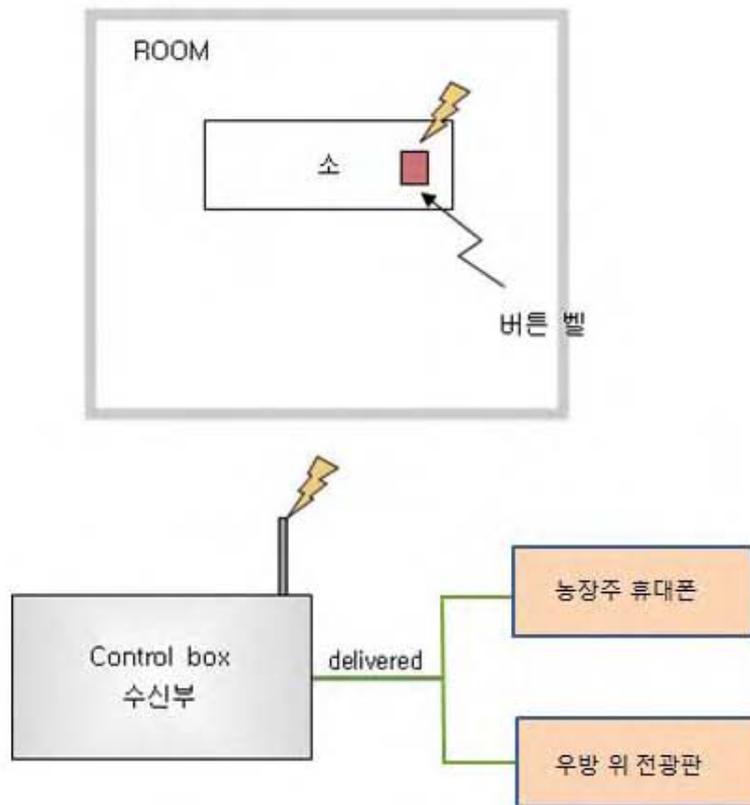
- (1) 벨 버튼 이용한 한우 발정 감지 알고리즘은 <그림 1>과 같다
- (2) 소의 승가 감지를 위하여 벨트를 제작하여 소의 요각골 부위에 벨 버튼을 부착하고, 소가 승가 허용 할 시 다른 소가 승가할 탈 때 버튼이 눌러져 신호를 전달하도록 하였다
- (3) 승가 감지를 위해 버튼 벨 신호가 승가허용 시 신호 값이 감지되면 3회 이상 감지되면 승가로 판단하여 관리자에게 신호를 전송하도록 하였다.
- (4) 이때 감지와 다음 감지까지의 시간이 876초 이내에 다시 감지되어야 하며, 그 이상 시간이 지연되면 카운팅을 다시 처음부터 하도록 하였다



<그림 1> 벨 버튼을 이용한 한우 발정 감지 알고리즘

나. 벨 버튼 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성

- (1) 벨 버튼을 소의 요각골 부위에 부착하고 승가허용 할 때 요각골에 설치된 벨 버튼이 눌러지면 Control box 내부 CPU에 승가(허용) 시 발생신호를 받아 발정이 확정 되면 농장주에게 문자 메시지로 정보가 전달되며, 각각의 우방 위에 설치된 벨 버튼 수신전광판에 발정개체 번호가 표시되도록 하였다.



<그림 2> 벨 버튼 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성도

다. 벨 버튼 이용 한우 발정 감지 시스템의 주요 구성품

(1) 벨 버튼 <그림 3>

- 모델명 : ST-200
- 크기 : W59 x L59 x H8mm
- 무게 : 20g

- 사용전원 : CR 2025 2EA (코인배터리)
- 색상 : REDBLACK
- 주파수 : FM 447.8625 MHz



<그림 3> 무선 벨 버튼 외형

(2) 무선 벨 버튼 수신 전광판 <그림 4>

- 입력 전원 : DC 12V
- DOT : 32 x 256
- 단색 : 3색
- 제어 : RS 485

- 크기(cm) : 55.6 x 7.5



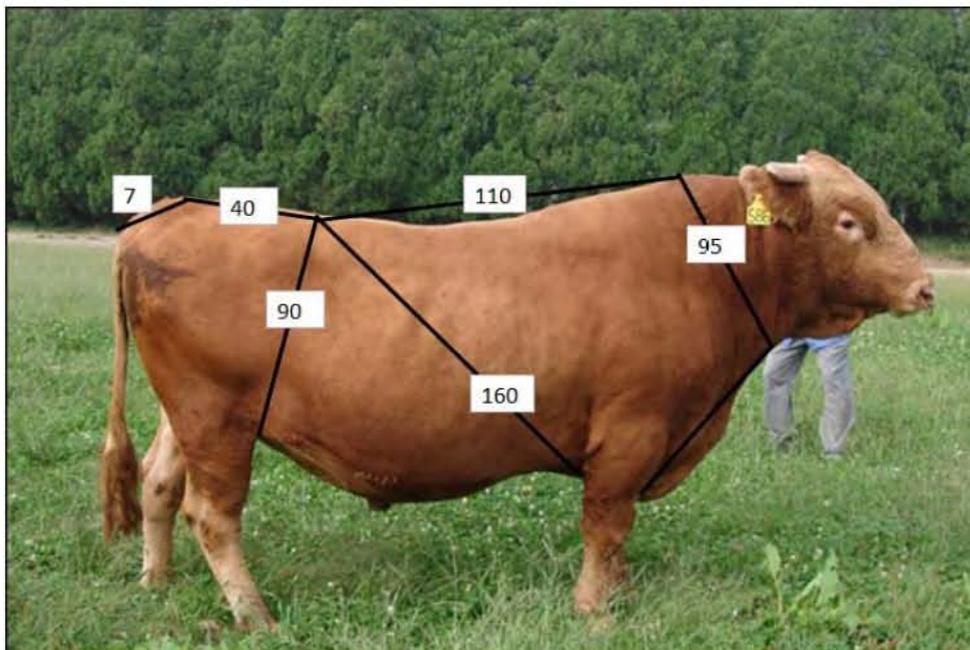
<그림 4> 무선 벨 버튼 수신부 외형

(3) 벨 버튼을 한우의 요각골에 장착하기 위한 제작 벨트 <그림 5>



<그림 5> 벨 버튼을 한우의 요각골에 장착하기 위한 제작 벨트

(4) 벨 버튼을 한우 요각골에 장착하기 위해 측정한 사이즈는 <그림 6> 과 같음



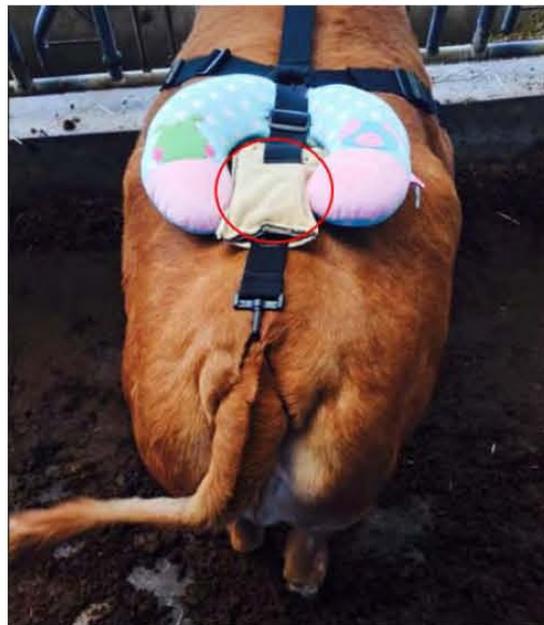
<그림 6> 벨트 제작을 위해 부분별 길이 측정

라. 한우에 벨 버튼 착용

(1) 한우의 요각골에 벨 버튼을 착용하였음 <그림 7> <그림 8>



<그림 7> 벨 버튼의 설치 모습



<그림 8> 요각골 부분 벨 버튼의 설치 모습

마. 벨 버튼을 이용한 발정감지장치의 문제점

- (1) 벨트를 착용 시킬 때 소가 스트레스를 많이 받고 착용 후에도 적응이 되지 않아 다른 소들에게 공격성을 보임<그림 9>



<그림 9> 벨 버튼을 부착한 소가 스트레스를 받는 모습

- (2) 소가 발정시기가 다가올 때 특히 예민해져 벨트를 착용 시킬 때 위험성이 높고 번거로움이 많음
- (3) 현실적으로 농가 입장에서 번거롭고 위험하면 잘 사용하지 않을 것이라 판단함
- (4) 그로인해 실험도중 실험 중단하였음

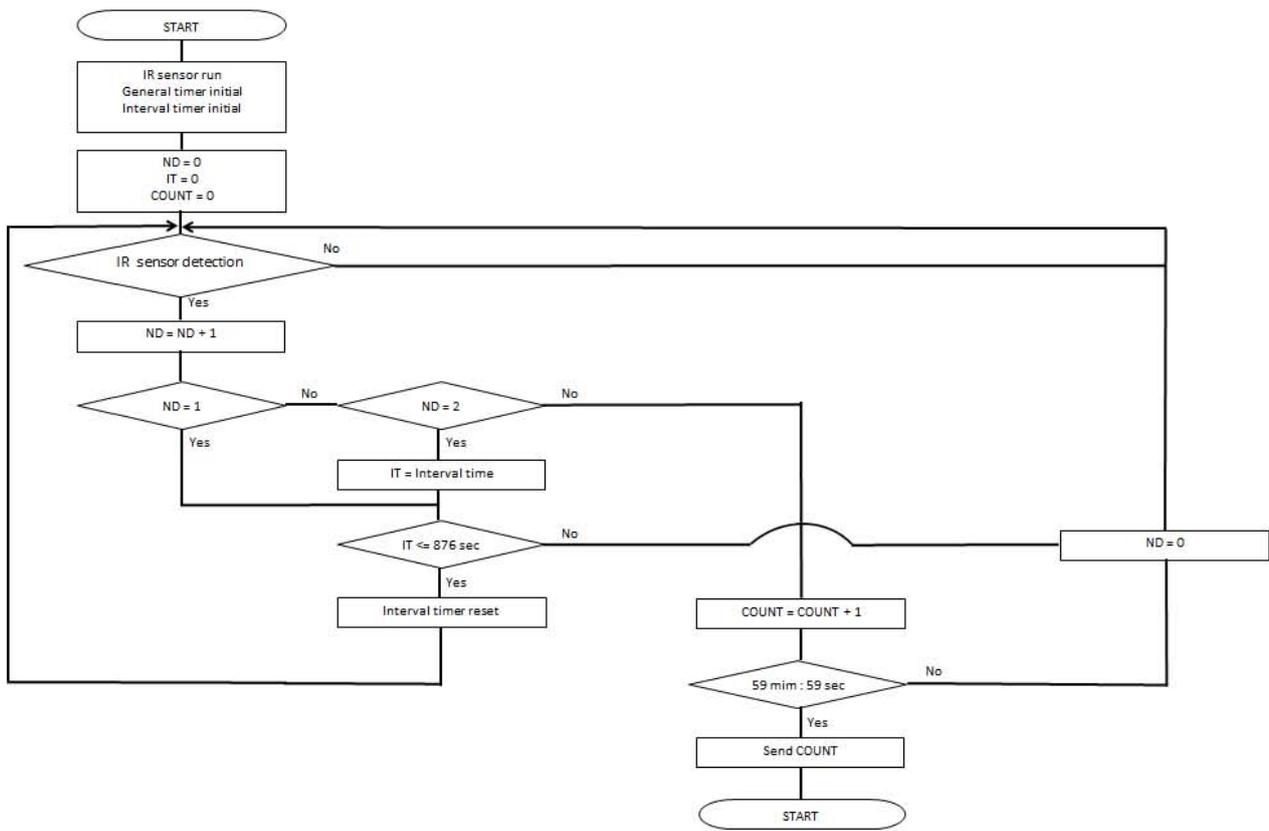
바. 결론

벨 버튼 벨트를 착용시킬 때 소가 스트레스를 많이 받고 착용 후에도 적응이 되지 않아 다른 소들에게 공격성을 보이고, 특히 소가 발정시기가 다가올 때 예민해져 벨트를 착용 시 위험성이 높고, 현실적으로 농가 입장에서 번거롭고 위험하면 잘 사용하지 않을 것이라 판단되었다. 이에 따라 연구 도중에 연구를 중단하였음

6절. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 완제품 개발 및 현장 성능 평가

가. IR 센서 이용 한우 발정 감지 알고리즘 개발

- (1) 한우 발정우 56두와 비발정우 120두를 대상으로 조사 분석하였다.
- (2) IR (LX-402) 센서 이용 한우 발정 감지 알고리즘은 <그림 1>과 같음
- (3) 소의 승가 감지를 위하여 Pulse type IR 센서를 사용하였음
- (4) IR 센서를 양쪽 펜스에 설치하여 IR 센서 범위에 잡히면 센서가 감지하도록 하였음
- (5) 센서는 승가 시 소의 몸이 높아지는 위치인 210cm 높이에 설치하여 소의 승가위치에서 감지되면, 신호를 전송하도록 하였음
- (6) 876초 이내의 간격으로 연속 3회 감지되면 발정이 온 것으로 판단하여 COUNT를 1만큼 증가시키는 방식으로 COUNT 횟수를 측정하였으며, 매 시간 마다 1시간 동안의 총 COUNT 횟수를 관리자에게 문자로 전송하도록 하였음
- (7) 이때 876초 이내에 다시 감지되지 않으면 카운팅을 다시 처음부터 하도록 하였음
- (8) 또한 실시간으로 승가 행위를 확인 가능하도록 영상통화 기능이 있는 휴대폰을 설치하였으며, 실시간으로 영상통화로 농장내부 상황을 확인할 수 있도록 하였음



<그림 1> IR 센서 이용 한우 발정감지 알고리즘

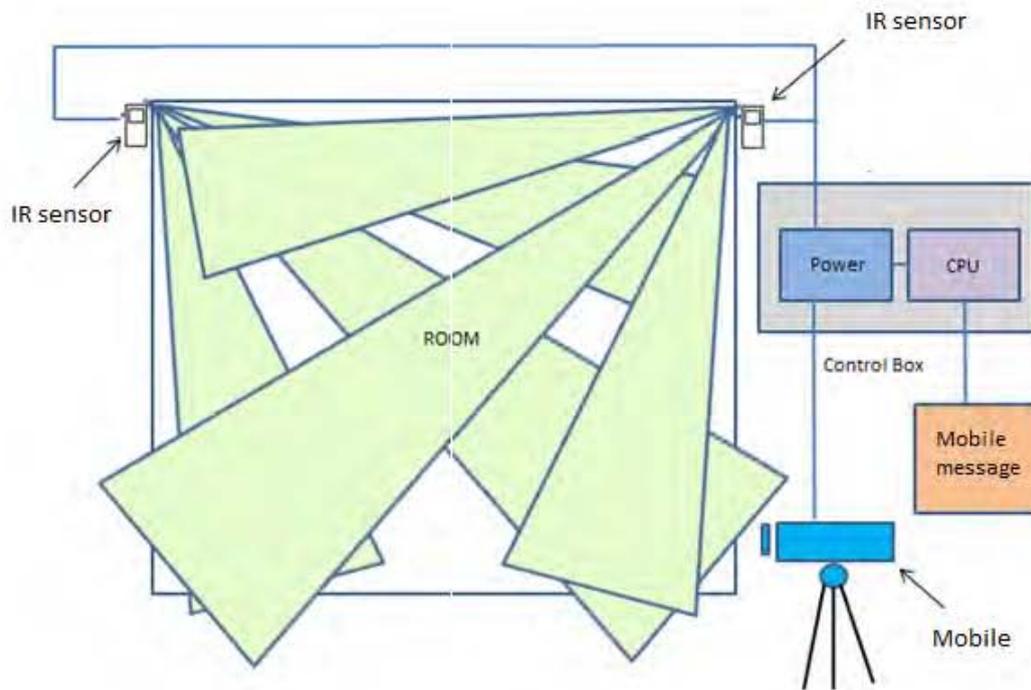
나. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성

(1) IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성도는 <그림 2>와 같음

(2) Control Box에서 IR 센서에 전원을 공급하고, IR센서에 감지된 신호는 CPU에서 취합함

(3) 취합된 신호는 CPU에서 분석하여 발정으로 판정되면 1시간 동안 발정 감지된 횟수를 카운팅 하여 매 시간 마다 농장주에게 휴대폰으로 문자 메시지로 전송하도록 구성하였음

(4) 이때 농장주는 실시간으로 농장 상황을 확인 할 수 있도록 영상통화 기능이 있는 휴대폰을 설치하였음



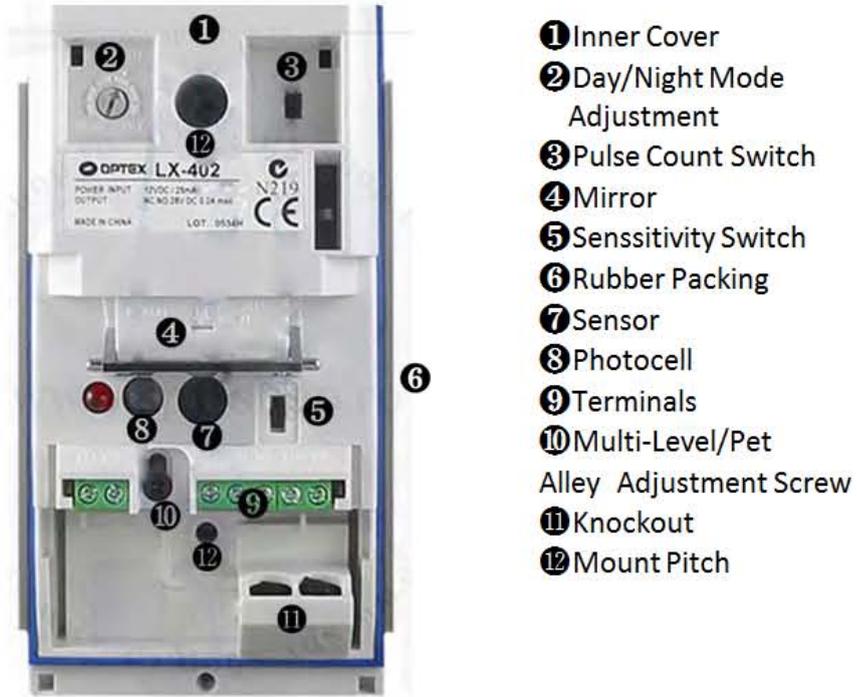
<그림 2> IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성도

다. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 구성품 특성

(1) IR 센서 <그림 3>

- 모델: LX-402
- 감지 범위: 12m x 15m 120° Wide
- 감지 Zone Mulit Level: 40zone
 Pet Alley : 18zone
- 민감도: 3가지 중 선택 (High / Middle / Low)
- 감지 속도: 0.3m - 1.0m/s
- 입력 전압: DC 10.8 - 13.2V
- 소비 전류: 25mA (max)
- 정보 출력 시간: 2±1초(지연 타이머)
- 정보 출력: N.C / N.O. 28V DC 0.2A 선택 가능
- 템퍼 스위치: 커버 제거시 N.C. Open
- 펄스 카운트: 2(20±5초) 또는 TEST(1펄스)
- Warm-up시간: 약 60초
- LED표시등: 감지시 동작
- 작동 온도: -20°C에서 +50°C
- 주변 습도: 최대 95%
- 설치 높이 Mulit Level: 최대 2.5m
 Pet Alley : 1.2m - 1.5m
- 설치: 벽
- 무게: 170g
- 치수(H x W x D):141mm x 74.8mm x 53.5mm
- 방수: IP54

(2) 본 연구에 사용된 IR센서(LX-402)는 넓은 화각과 광각, 그리고 민감도, 범위 조절, 밤낮 모드를 설정할 수 있음



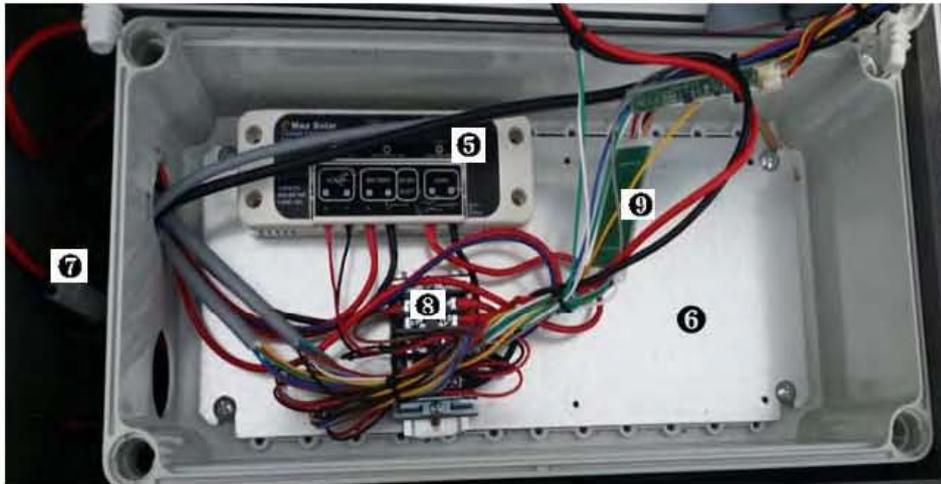
<그림 3> IR센서의 구성도

(3) 휴대폰 및 Control Box 내부 구성 및 기능 <그림 4, 5, 6>

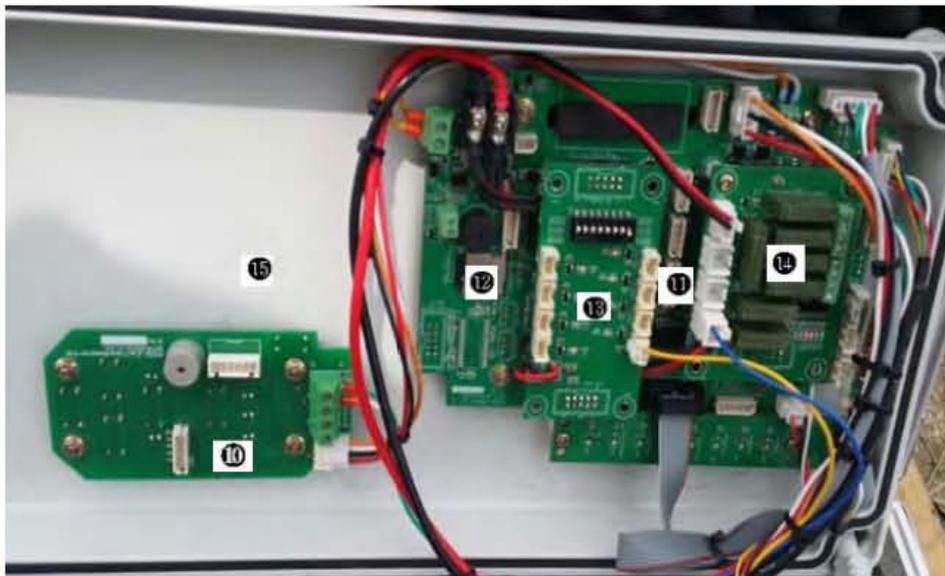
- DM보드: 전화기를 컨트롤하여 메인보드에 연결(핸드폰 컨트롤)
- 휴대폰: 발정감지 신호 수신 후 등록된 휴대폰에 메시지 전달 및 실시간 영상통화
- 조명: LED조명, 야간시간 영상통화로 실시간 확인 시 점등
- 안테나: 신호 수신을 높여줌
- 솔라 컨트롤러: 전원제어 (батери 방전 방지)
- батери: 전원관리(충전)
- 솔라 컨트롤러: 전원제어 (батери 방전 방지)
- батери: 전원관리(충전)
- 충전기: 충전
- 커넥트: 선 연결
- DCDC컨버터: 외부 전광판 전원컨트롤러(안정기 역할, 전압 낮춰 주는 변압기 역할)
- ⑩ 리모컨(컨트롤러) : 모드변경, 카메라 방향조절, 볼륨 등
- ⑪ 메인보드: 각종 소프트웨어 제어
- ⑫ 마이크로SD: 음성 내보내는 역할, 로그파일 저장
- ⑬ 외부 입력 커넥션 보드: 외부 인체 감지
- ⑭ 릴레이보드: 외부전광판, 조명제어
- ⑮ 핸드폰 전원보드: 휴대폰 전원관리



<그림 4> 휴대폰 사진



<그림 5> Control Box 내부 Power 사진



<그림 6> Control Box 내부 CPU 사진

(4) 한우발정감지 및 감지결과 전송의 순서

IR센서(①)→DM보드(②)→매립된 핸드폰(③)→ 등록된 휴대폰에 메시지 전송(④)→ 수신자 발
정 확인(⑤)

라. IR 센서 이용 한우 승가허용 판단 기준 확립

(1) 한우사에 IR 센서를 설치한 모습은 <그림 7>과 같음

(2) IR 센서는 우방당 총 2개로 우사의 기둥에 우방 바닥으로부터 210cm 높이에 설치하였음



<그림 7> IR 센서의 설치 모습

(4) IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템을 이용하여 승가허용행동을 측정한 예는 <그림 8>과 같음

	0시	1시	2시	3시	4시	5시	6시	7시	8시	9시	10시	11시	12시	13시	14시	15시	16시	17시	18시	19시	20시	21시	22시	23시
07월 13일	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0
07월 14일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
07월 15일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	1	0	1	3	0
07월 16일	4	7	7	10	10	14	12	17	23	13	13	12	13	6	7	10	10	3	4	0	0	0	0	0
07월 17일	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	0	1	0	7	7	0	0	0	0
07월 18일	0	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	0
07월 19일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
07월 20일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
07월 21일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 22일	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
07월 23일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
07월 24일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 25일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
07월 26일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 27일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 28일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 29일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07월 30일	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
07월 31일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
08월 01일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 02일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 03일	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
08월 04일	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
08월 05일	2	0	1	0	0	0	0	3	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
08월 06일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	0	0
08월 07일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 08일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 09일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 10일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 11일	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	1	0	0	0
08월 12일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	1	1	1	3	10	9	1	3	1	0	0	0
08월 13일	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 14일	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

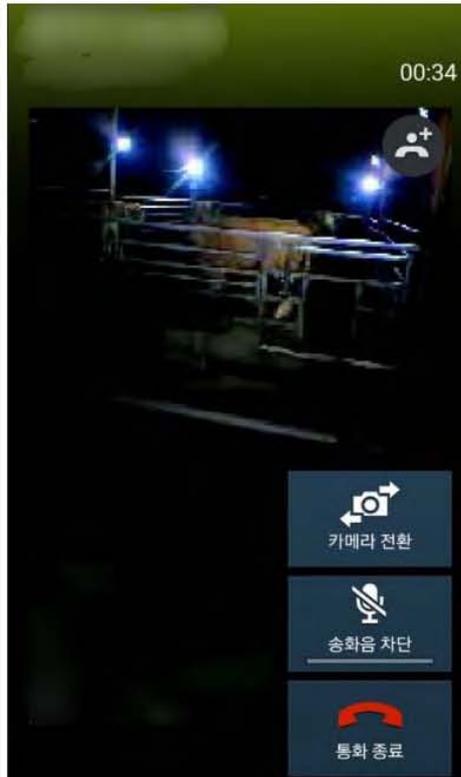
<그림 8> IR 센서 이용 승가허용행동과 발정시작시각 측정의 일례

(6) <그림 9>와 같이 영상통화 기능이 있는 휴대폰을 설치하여 한우의 승가(허용)행동이 IR 센서에 감지되면 휴대폰을 이용하여 한우사에 설치된 휴대폰에 영상통화를 걸어 승가(허용)행동을 보이는지 실시간으로 확인함

(7) 또한 야간에 영상통화를 통해 실시간으로 확인할 때 어두워 잘 보이지 않는 것을 해결하기 위하여 영상통화를 할 때에만 전등에 불이 들어오도록 총 6개의 전등을 설치하였음 <그림 10>



<그림 9> 실시간으로 농장 상황을 확인할 수 있는 휴대폰 하우징과 조명의 사진



<그림 10> 휴대폰을 이용하여 야간에 실시간으로 소 송가 여부를 확인하는 모습

마. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 발정 감지 성능

(1) IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템을 이용하여 한우 미발정우와 발정우를 대상으로 매 시간마다 총 COUNT 횟수를 측정 한 결과는 <그림 11>과 같았음

	0시	1시	2시	3시	4시	5시	6시	7시	8시	9시	10시	11시	12시	13시	14시	15시	16시	17시	18시	19시	20시	21시	22시	23시
07월 13일	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0
07월 14일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
07월 15일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	1	0	1	3
07월 16일	4	7	7	10	10	14	12	17	23	13	13	12	13	6	7	10	10	3	4	0	0	0	0	0
07월 17일	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	0	1	0	7	7	0	0	0	0
07월 18일	0	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	0
07월 19일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
07월 20일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
07월 21일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 22일	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
07월 23일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
07월 24일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 25일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
07월 26일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 27일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 28일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07월 29일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07월 30일	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
07월 31일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
08월 01일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 02일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 03일	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
08월 04일	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
08월 05일	2	0	1	0	0	0	0	3	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
08월 06일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	0	0
08월 07일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 08일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 09일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 10일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 11일	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	1	0	0	0
08월 12일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	1	1	1	3	10	9	1	3	1	0	0
08월 13일	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08월 14일	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
08월 15일	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
08월 16일	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
08월 17일	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0
08월 18일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
08월 19일	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
08월 20일	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	2	0	0	1	0	1	2	0	5	4	0	0	0	0
08월 21일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
08월 22일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
08월 23일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0
08월 24일	1	2	0	0	0	0	2	8	2	2	1	2	1	0	0	1	0	1	2	3	5	0	0	0
08월 25일	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0

<그림 11> 발정우와 미발정우의 시간당 총 COUNT 횟수

- (2) Son 등(Son et al., 2008)에 따르면, 한우 경산우의 발정 지속시간은 경산우가 17.1±9.6시간 이었으며 미경산우는 16.6±6.3시간이었음
- (3) 따라서 미경산우의 최소 발정 지속시간(10.3시간)보다 경산우의 최소 발정 지속시간(7.5시간)이 짧은 것을 감안하여 경산우의 최소 발정 지속시간을 기준으로 시간당 총 COUNT 횟수가 1이상으로 7시간 이상 지속되면 7시간 이상 지속되기 시작한 시각을 발정시작시각으로 판단하였음
- (4) <그림 11>에서와 같이 7월 16일과 8월 12일에는 총 COUNT 횟수가 1이상으로 19시간 동안과 11시간 동안 각각 지속되었으며, 8월 24일에는 총 COUNT 횟수가 1이상으로 7시간 동안 지속되었기 때문에 이때 발정이 온 것으로 판단하였고 발정시작시각은 각각 0시와 11시로 판단하였음

(5) <그림 11>에서 7월 16일과 8월 12일에 발정은 암소의 경우에는 강발정이었고, 8월 24일에 발정은 암소의 경우에는 미약발정이었음

(6) 강발정 암소에 비하여 미약발정의 암소가 짧은 발정 지속시간을 나타내었음

(7) <그림 11>에서 간간히 총 COUNT 횟수가 1이상으로 측정되는 경우가 있는데, 이는 주로 작업자가 작업하는 동안 작업자에 의해 측정된 것이며, 승가행동과는 거의 상관이 없는 것이었음

바. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템에 의해 측정된 발정시작시각에 근거한 수정 후 수태율

(1) 발정시작시각 후 16시간을 수정적기로 판단하고, 최대한 이에 가깝게 인공수정을 실시하였음

(2) 총 57두 중 55두에 대하여 발정감지를 하여 전체 발정 감지율은 96.5%이었음

(3) 그중 강발정이 온 암소는 52두로 발정 감지율이 100%이었는데 반하여 미약 발정이 온 암소는 5두로 발정 감지율이 40.0%이었음

(4) 또한 가능한 한 발정시작시각을 기준으로 16시간 뒤에 인공수정을 시켰는데 전체 수태율은 85.7%로 나타났음

사. IR 센서 이용 한우 발정 감지 시스템의 장치 예상 총 재료비

(1) IR센서를 이용한 한우 발정 감지장치의 주재료는 시스템보드이다. 이 시스템보드는 DCDC 컨버터, 리모컨 컨트롤러, 메인보드, 마이크로DS, 외부입력커넥션보드, 릴레이보드, 핸드폰 전원보드 외 시스템제작으로 구성되어있다. 발정 행위를 IR센서에서 감지하고 그 감지한 데이터를 이 시스템보드에서 발정행위를 감지하고 감지한 데이터를 농장주에게 문자 메시지로 자동 전송하도록 제작 되었으며 농장 상황을 실시간으로 확인할 수 있도록 시스템이 제작되어 있음

(2) <표 1>은 한우 발정 감지 장치에 들어간 예상 총재료비임

표 1. IR센서 이용 한우 발정감지 시스템의 예상 총재료비

순번	명 칭	예상가격(원)	순번	명 칭	예상가격(원)
①	휴대폰	60,000	⑧	бат데리(2개)	200,000
②	DM보드	100,000	⑨	충전기	150,000
③	조명	20,000	⑩	커넥트	100,000
④	안테나	10,000	⑪	내부박스	200,000
⑤	휴대폰 및 키트roller 박스 하우징	100,000	⑫	RF수신모듈	100,000
⑥	솔라컨트롤러	100,000	⑬	시스템보드	1,500,000
⑦	IR센서	150,000			
총재료비					2,790,000

(3) 그러나 이는 본 연구 시 실제로 투입된 것으로써 단가를 낮출 수 있는 방안을 도입 후 산업화하여 대량으로 생산할 경우에는 대당 300만 원 정도의 판매가격이 될 것으로 예상됨

사. 결론

IR센서 이용 한우 발정감지 시스템은 크게 IR센서, control box 내 CPU, 영상통화 기능 휴대폰 등으로 구성되었다. 시간당 총 COUNT 횟수가 1 이상으로 7시간 이상 지속되면 발정이 시작된 것으로 판단하였고 이때 7시간 이상 지속되기 시작한 시각을 발정시작시각으로 여겨 이 발정시작시각 후 16시간을 수정적기로 판단하고 인공수정을 실시하였다. 그 결과, 총 57두 중 55두에 대하여 발정감지를 하여 전체 발정 감지율은 96.5%이었으며, 그중 강발정이 온 암소는 52두로 발정 감지율이 100%이었는데 반하여 미약 발정이 온 암소는 5두로 발정 감지율이 40.0%이었다. 또한 가능한 한 발정시작시각을 기준으로 16시간 뒤에 인공수정을 시켰는데 전체 수태율은 85.7%로 나타났다. 그리고 대당 판매가격이 300만 원 정도로 예상되었음

7절. 발정음 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템의 개발

1. 발정기 탐지 발정음 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정시기 판단 알고리즘 개발에 서는 다음의 3가지 연구 결과들을 도출.

가. MFCC 소리 정보를 이용한 한우의 발정기 탐지

(1) 제안된 시스템은 한우 축사에서 발생하는 소리 정보를 MFCC 특징 벡터로 변환하여 미리 학습된 SVM기반의 발정기 탐지기로 한우 암소의 발정기를 실시간으로 탐지.

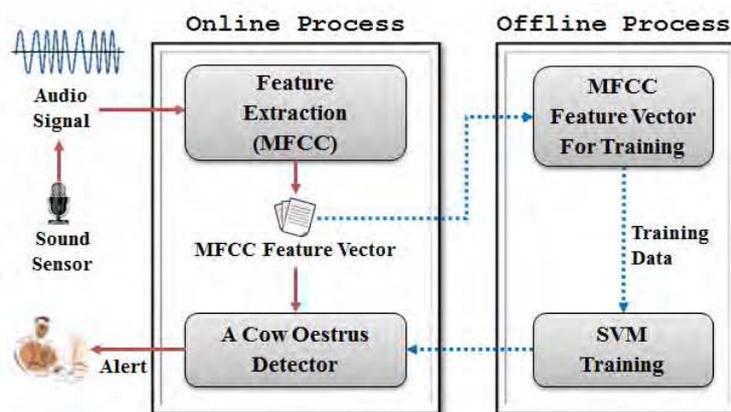
(2) 즉, 이진 분류기인 SVM이 암소의 평상시 발성음과 특이 발정기 발성음을 이진 분류함으 로써 암소의 발정기 여부를 조기 탐지.

(3) 본 연구의 시스템은 크게 offline 모듈과 online모듈로 구성 <그림. 1>

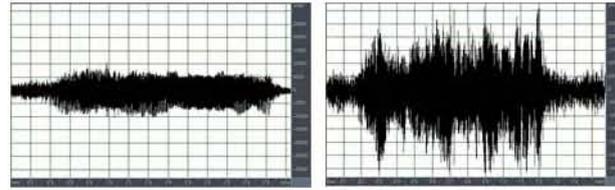
(4) Offline 모듈은 발정기를 탐지하기 위해 미리 SVM의 학습을 수행하여 발정기 탐지기를 구 성

(5) Online 모듈은 실시간으로 입력되는 소리 정보에서 MFCC특징 벡터를 추출하여 암소 발정 기 탐지기에 적용.

(6) 이때 입력된 소리 정보가 발정기라면 탐지기에서 이를 탐지하여 관리자에게 통보함으로써 실시간으로 암소 발정기를 확인.



<그림 1> 소리 기반 한우 발정기 탐지 시스템의 구조



(A) Moo Sound

(b) Oestrus Sound

<그림 2> 비발정기 및 발정기 소 소리 신호 형태

- (6) 비발정기 소리인 음매(moo) 소리는 대체적으로 발정기 소리에 비해 낮은 소리 톤과 신호 진폭의 변화가 상대적으로 크지 않음. <그림. 2>
- (7) 이에 반하여, 발정기 소리는 대체적으로 높은 소리 톤과 신호 진폭의 변화가 매우 크며, 실제 들었을 때 날카로우며, 거칠고 큰 소리를 낸. <그림. 2>
- (8) 암소 발정기 탐지 실험 내용 (표 1)

표 1. 암소 발정기 탐지 실험 내용

구분	내용
반복 횟수	5회
전체 데이터	발정기소리 136개, 정상소리 118개
학습 데이터	발정기 소리의 80%
SVM의 상수(C)	0.1
성능 측정 지표	ODR (Ostrus Detection Rate), FPR (False Positive Rate), FNR(False Negative Rate)

$$ODR = \frac{\sum_{i=1}^m T_i}{\sum_{i=1}^n I_i}, \quad FPR = \frac{\sum_{i=1}^k P_i}{\sum_{i=1}^n N_i}, \quad FNR = \frac{\sum_{i=1}^{n-m} F_i}{\sum_{i=1}^n I_i} \quad (1)$$

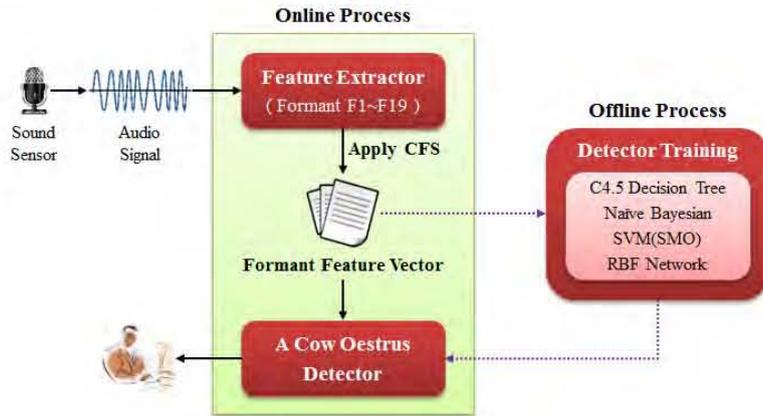
- (9) 위 식에서 I 는 발정기 소리 데이터, T 는 발정기 소리 데이터를 정확히 발정기로 분류한 데이터, N 은 비발정기 소리 데이터, P 는 비발정기 소리 데이터를 발정기로 분류한 데이터, F 는 발정기 소리 데이터를 비발정기로 판단한 데이터를 의미.
- (10) 실험 결과<표 2>에 의하면 본 연구에서 제안한 탐지 방법론이 93.82%라는 높은 발정기 소리 탐지율을 보임을 확인.

표 2. SVM 기반의 발정기 탐지 결과(C=0.1)

	ODR	FPR	FNR
1	95.59%	8.47%	4.41%
2	94.85%	8.47%	5.15%
3	94.85%	9.32%	5.15%
4	94.12%	10.17%	5.88%
5	89.71%	6.78%	10.29%
Avg.	93.82%	8.65%	6.18%

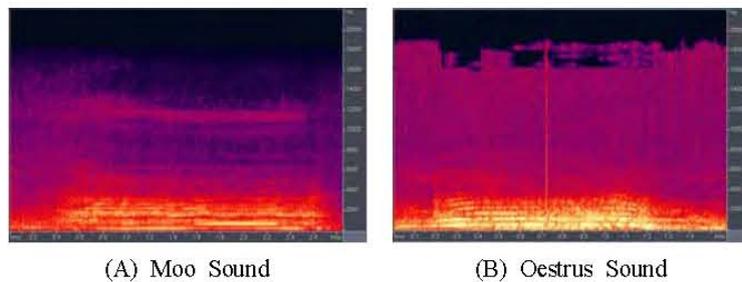
나. 스펙트로그램 전체에서 나타나는 포먼트 정보들을 연구

- (1) 손실 정보 없는 소리 정보의 표현을 위하여 기존의 제한된 영역의 포먼트만을 이용하던 연구에서 벗어나 스펙트로그램 전체에서 나타나는 포먼트 정보들을 적극적으로 이용.
- (2) 또한, 특징 선택 기법인 CFS (Correlation Feature Selection)를 이용하여 낮은 차원의 분별력 있는 포먼트 특징들을 선택
- (3) 실제 측사에서 녹취한 한우 발정기 발성음을 대상으로 제안한 방법의 유효성을 검증하는 실험을 수행.
- (4) 제안한 포먼트 특징 기반의 암소 발정기 탐지 시스템은 크게 Offline과 Online 모듈로 구성 <그림. 3>
- (5) Offline 모듈은 CFS의 수행 결과 선택된 특징 벡터들을 다양한 데이터 마이닝 방법론들 (C4.5, 나이브 베이시안(Naive Bayesian), SVM, RBF (Radial Basis Function) 네트워크)에 적용하여 학습을 수행.
- (6) Online 모듈은 실시간으로 입력되는 소리 정보에서 F1 ~ F19에 해당하는 포먼트를 추출하고, 이를 CFS에 적용하여 선택된 포먼트 특징 벡터만을 학습이 완료된 암소 발정기 탐지기에 입력. 이때 입력된 소리 정보가 발정기라면 탐지기에서 이를 관리자에게 빠르게 통보함으로써 실시간적 대처가 가능.



<그림 3> 소리 센서 환경에서의 발정기 탐지 시스템

- (7) 실험을 위한 데이터는 경상남도 진주에 위치한 상업 용도의 개방 우사(commercial loose barn)에서 24~70개월의 한우로부터 소리를 취득.
- (8) 소리 정보는 소 행동에 어떠한 제약도 없는 상태에서, 울음소리 하나 당 약 1~3초의 소리 정보를 수집하였으며, 발정기인 암소 15마리에서 발정기 소리 163개, 발정기가 아닌 32마리의 소에서 비발정기 소리 140개를 수집.
- (9) 비발정기 소리는 일반적으로 음매(moo)라고 불리는 소리 정보 약 70%와 울부짖는 듯한 (bellow) 소리 30%로 구성.
- (10) 비발정기와 발정기 암소 소리 샘플의 스펙트로그램을 확인한 결과, 그림 4와 같이 비발정기 및 발정기 소리 모두 0 ~ 5,000Hz 대역의 정보가 다른 주파수 영역에 비해 강하게 나타나지만 18,000 ~ 20,000Hz 대역에 걸쳐서 스펙트럼이 골고루 나타나는 것을 확인. 그리고 비발정기의 경우는 약 10,000 ~ 12,000Hz에서 다른 주파수 대역에 비해 강하게 정보가 나타남을 확인. 발정기의 경우에는 저주파수 대역에 비하면 약하지만 고주파수 대역에서 일정량 이상의 스펙트럼이 나타나는 것을 확인.



<그림 4> 비발정기 및 발정기 소리 스펙트로그램의 예

- (11) 소리 특징 벡터를 생성하기 위한 포먼트 특징 후보들은 Praat 5.3.23을 이용하여, 먼저, 0 ~ 21,000Hz 전체 주파수 영역에서 19개의 포먼트를 추출. 입력된 소리에서 0.025s 마다 포먼트들을 추출한 후 각각의 포먼트 평균값을 구하여 해당 소리의 포먼트 정보로 사용.
- (12) 추출된 F1 ~ F19에 해당하는 포먼트를 CFS에 적용한 결과 F1, F2, F8, F9, F14, F16, F19 등 총 7개의 포먼트 특징이 선택되었으며, 이를 포먼트 특징 벡터로 사용.
- (13) 발정기 소리의 학습 및 탐지 테스트는 데이터마이닝 분류 방법들인 C4.5, Naive Bayes, SMO (Sequential Minimal Optimization, SVM), RBF Network을 이용.
- (14) 실험에 사용한 데이터의 개수는 발정기 소리 데이터 163개와 비발정기 소리 140개, 총 303개로 테스트.
- (15) 발정기 탐지 실험 결과 <표 3>
- (16) 실험 1은 0 ~ 5,000Hz의 포먼트 F1 ~ F4만을 특징으로 사용한 결과.
- (17) 실험 2는 본 연구에서 제안한 전체 주파수 영역인 0 ~ 21,000Hz에서 추출한 포먼트 F1~F19를 CFS에 적용한 결과, 선택된 포먼트 특징 벡터(F1, F2, F8, F9, F14, F16, F19)를 사용한 결과임.

표 3. 포먼트 기반 암소의 발정기 탐지 실험 결과(단위:%)

	실험 1			실험 2		
	ODR	FPR	FNR	ODR	FPR	FNR
C4.5	81.6	16.4	18.4	92.0	8.6	8.0
Naive B.	89.0	20.7	11.0	93.3	10.0	6.7
SVM	89.5	25.0	10.5	91.4	7.9	8.6
RBF N.	87.7	18.5	12.3	93.3	10.0	6.7

▷ 실험 결과<표 3>에 의하면, 제안한 특징 벡터를 이용한 실험 2의 결과가 실험 1의 결과보다 전반적으로 탐지 성능이 2 ~ 11% 가까이 향상. 또한, 비발정기를 발정기로 잘못 판단하는 FPR의 경우에는 약 8 ~ 17%이상 감소되는 놀라운 결과를 보임. 이는 기존의 저주파수 대역의 한정된 포먼트를 이용했던 방법이 중·고주파수 대역에서 나타나는 포먼트를 사용하지 않음으로써 정보의 누락이 있었음을 간접적으로 보여주는 실험 결과임.

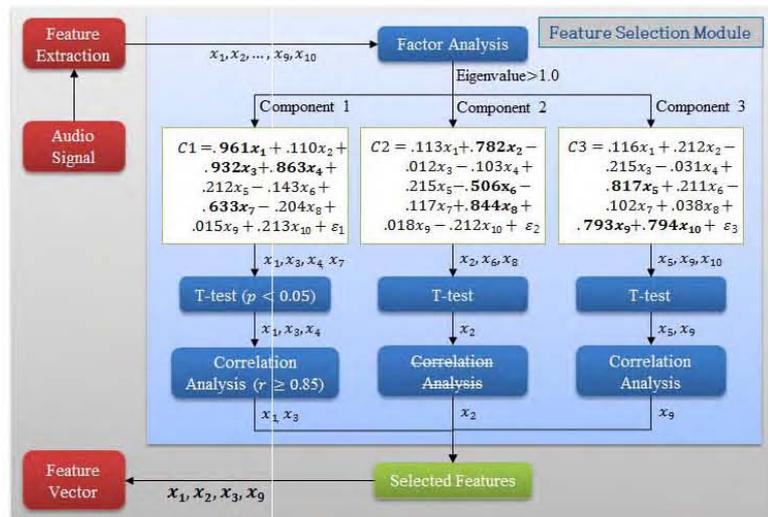
다. 발정기 발성음의 특징 벡터 생성에 초점을 맞춘 연구

(1) 발정기 발성음의 특징 벡터 생성에 초점을 맞춰 연구를 진행.

(2) 본 연구에서는 통계학에 기초한 체계적인 특징 벡터 생성에 관한 알고리즘을 제안.

(3) 실제 측사에서 녹취한 한우 발정기 발성음을 대상으로 특징 벡터의 차원 축소에 관한 연구를 진행. 또한, 이상상황 탐지기로 잘 알려진 단일 클래스 SVM의 대표 모델인 SVDD를 탐지기로 설정하여 생성된 특징 벡터의 암소 발정기 탐지 분별력을 실험적으로 검증.

(4) 제안하는 발성음의 특징 벡터 생성 알고리즘(그림 5 참조).



<그림 5> 특징 벡터 생성 과정의 예

(가) 소리에서 다양한 주파수 특징 변수들(x_1, x_2, \dots, x_{10})을 추출하여 후보 집합을 설정.

(나) 인자분석으로 각각의 컴포넌트에서 영향력이 높은 특징 변수들을 각 컴포넌트의 대표 특징으로 결정.

(다) 각 컴포넌트 내에서 T-test를 수행하여 통계학적으로 유의미한 특징들만을 선택.

(라) 각 컴포넌트 내에서 상관분석을 수행하여 상관관계가 높은(중복된 정보를 갖는) 특징들을 제거.

(마) 각 컴포넌트 내에서 선택된 특징 정보로 최종 특징 벡터를 구성.

(5) 본 연구에서는 이상상황 탐지기로 잘 알려진 단일 클래스 SVM의 대표 모델인 SVDD를 탐지기로 설정하여 암소의 발정기 발성음 특징 벡터의 분별력을 실험적으로 검증.

(6) SVDD 기반의 소 발정기 탐지는 소리 센서로부터 실시간으로 유입되는 소리 신호가 암소의 발정기 범주에 포함되는지를 빠르게 판단하고, 발정기 소리 범주에 포함되면 이를 관리

자에게 통보.

- (7) 본 연구에서는 단일 클래스 SVM의 가장 대표적인 방법론인 SVDD를 이용하여 발정기 소리 여부를 신속하게 판단.
- (8) 실험을 위한 데이터는 경상남도 진주에 위치한 축사에서 한우를 대상으로 함. 발정기인 암소 15마리에서 발정기 소리 136개, 발정기가 아닌 32마리의 소에서 비발정기 소리 108개를 수집. 취득한 소리 정보는 소 행동에 어떠한 제약도 없는 상태에서, 울음소리 하나 당 약 1~3초의 소리를 수집. 총 15개의 발성음 주파수 특징 정보를 취득.<표. 4>
- (9) 암소의 발정기 및 비발정기를 구분할 수 있는 효과적인 주파수 특징 벡터를 생성하기 위한 실험은 아래와 같이 수행.

<표 4> 암소 발정기 발성음 주파수 특징들의 인자분석 결과

Feature	Component		
	1	2	3
RMS	.961	-.039	.196
Power	.934	-.008	.183
Intensity	.929	-.094	.204
Energy	.903	.018	.130
Abs. Extremum	.875	-.068	.148
Shimmer_local	-.334	.878	.011
Shimmer_dB	-.258	.878	.020
Shimmer_apq5	-.260	.856	-.002
Jitter_ppq5	.271	.835	.326
Jitter_rap	.272	.829	.328
Jitter_local	.293	.822	.319
mean_Pitch	.380	.261	.855
median_Pitch	.416	.241	.789
minimum_Pitch	-.070	.003	.777
maximum_Pitch	.301	.228	.476

(가) 인자분석: 수행 결과 3개의 컴포넌트로 축약되었으며, 암소 발정기 발성음 주파수 특징들의 인자분석<표 4>

(나) T-test 수행: 수행 결과 각각의 컴포넌트에서 $p < 0.05$ 인 특징들을 선택. <표 5>
(발정기 및 비발정기 데이터의 평균, 표준편차, p -value 값을 표현)

<표 5> 1번 컴포넌트 특징들에 대한 T-test 결과

	RMS	Abs. Extremum	Intensity	Energy	Power
Non- oestrus	0.0758 ±0.238	0.327 ±0.119	71.16 ±2.71	0.0875 ±0.006	0.0063 ±0.004
Oestrus	0.3814 ±0.122	1.005 ±0.118	85.09 ±3.14	0.2099 ±0.140	0.1604 ±0.940
p-value	0.001	0.305	0.016	0.001	0.001

(다) 상관분석 수행: 각각의 컴포넌트에 속한 특징들의 상관분석을 수행하여 (RMS, Jitter_local, Shimmer_apq5, mean_Pitch, minimum_Pitch)을 선택하였으며, 이를 최종 암소의 발정기 발성음 주파수 특징 벡터로 구성. <표 6>은 1번 컴포넌트의 RMS 특징과 다른 특징들 사이의 상관관계를 확인한 결과임. 상관분석 결과, 중복된 정보를 갖는 Intensity, Energy, Power 특징들을 제거하고 RMS를 선택.

<표 6> 1번 컴포넌트의 RMS와 다른 특징들에 대한 상관분석 결과

		RMS	Intensity	Energy	Power
RMS	Pearson 상관계수	1	.962	.878	.973

- (10) 암소의 발정기 탐지 실험은 5회에 걸쳐 반복적으로 136개의 발정기 소리 데이터 중 무작위로 추출한 발정기 소리 데이터의 80%인 109개만으로 SVDD를 학습.
- (11) 테스트 데이터는 발정기 소리 데이터 136개와 비발정기 소리 108개, 총 244개로 테스트.
- (12) 성능 측정을 위한 지표로는 발정기 소리 탐지율(detection rate) 및 FPR(False Positive Rate) 과 FNR(False Negative Rate)을 사용. 실험 결과는 <표. 7> 참조.

<표 7> 소 발정기 소리 탐지 실험 결과($\sigma=0.25$)

No.	ODR	FPR	FNR
1	94.85%	0%	5.15%
2	96.32%	0%	3.68%
3	97.79%	0%	2.21%
4	98.53%	0%	1.47%
5	94.85%	0%	5.15%
Avg.	96.47%	0%	3.53%

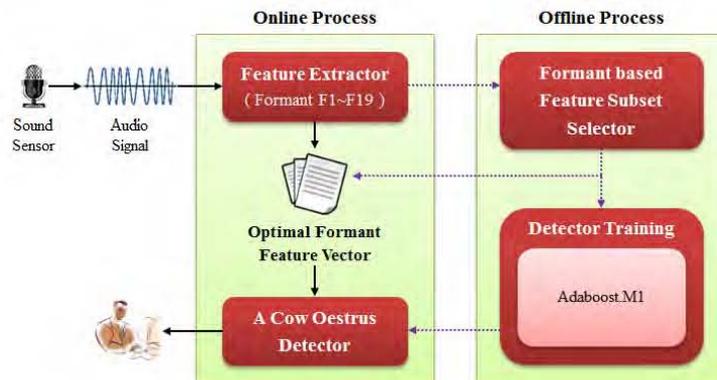
다. 음성인식기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발

(1) 본 연구에서는 앞서 개발한 알고리즘의 고도화 및 시스템화 그리고 실제 축사에서 발생한 소리를 실시간 및 자동으로 취득하기 위한 연구를 진행함.

(가) 음성인식기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지를 위한 중요한 소리 특징 선택 및 고도화된 소 발정기 탐지 시스템 개발

① 고도화된 소 발정기 탐지 시스템 개발

제안한 포먼트 특징 기반의 소 발정기 탐지 시스템은 크게 Offline과 Online 모듈로 구성됨. Offline 모듈은 발정기 탐지 시스템을 위하여 먼저 수행하는 부분으로써, 두 가지 기능을 포함함. i) 특징 선택: 주파수 전체 대역폭에서 추출 가능한 포먼트 특징들 중 발정기 탐지에 최적인 포먼트 특징 벡터를 찾아내고, 그 결과를 Online 모듈에 반영시킨다; ii) 탐지 알고리즘 학습: 발정기 탐지를 위하여, 선택된 특징 벡터를 데이터 마이닝 방법론 중 하나인 Adaboost.M1에 적용하여 학습을 수행하고, 그 결과를 토대로 암소 발정기 탐지기를 구성한다. Online 모듈은 실시간으로 입력되는 소리 정보에서 Offline 모듈에서 미리 설정한 포먼트 특징 벡터를 추출한 뒤, 소 발정기 탐지에 해당 소리 벡터를 입력한다. 이때 입력된 소리 정보가 발정기라면 탐지기에서 이를 탐지하여 관리자에게 바로 통보함으로써 실시간으로 소 발정기에 대해서 빠르게 대처할 수 있다. <그림 6>.

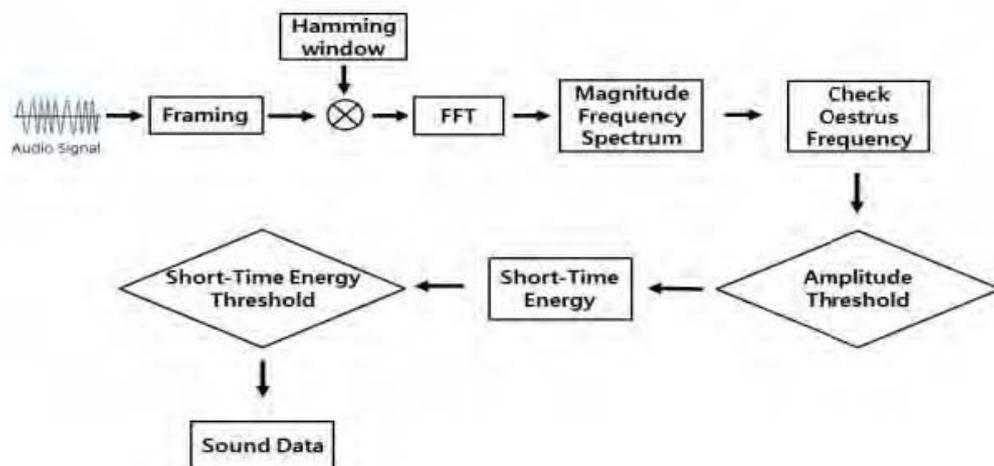


<그림 6> 소리 기반 소 발정기 탐지 시스템

② 본 연구에서는 소리 센서 환경에서 성공적으로 소 발정기를 탐지하기 위하여, 먼저, 소리 특징정보(Formant F1~F19)를 추출 하였다. 이러한 특징들 중 한우 발정기 탐지에 알맞은 특징을 선택하기 위하여, 본 연구에서 제안한 Formant-based feature subset selection 알고리즘을 이용하여 {F1, F2, F4, F7, F14, F19}가 중요한 특징임을 확인 하였다. 실제 Adaboost.M1 탐지기를 이용하여 한우 발정기 탐지 가능 여부를 확인한 결과 97.5%의 높은 탐지 성능을 기록 하였다.

(나) 소음이 있는 측사에서 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로세스

- ① 본 연구에서는 실시간 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로세스 알고리즘을 제안.
- ② 시스템 요구 사항으로는 소음이 있는 실제 측사 내에서의 소 소리 획득 프로세스임을 감안하여 소음과 소리 분별 능력이 강인하고 실시간 시스템을 위한 빠르고 가벼운 알고리즘이 필요.
- ③ 이를 위하여 소 소리 획득 프로세스의 새로운 프로토타입 시스템을 제안.
- ④ 또한 본 연구에서 제안하는 소리 획득 프로세스는 발정기 탐지를 위한 전처리 과정의 프로세스로서 비교적 저렴한 장비인 마이크를 사용하여 소리를 취득한 후 잡음을 제거한 소리 구간을 추출하여 발정기를 탐지.
- ⑤ 본 연구에서 제안하는 실시간 소 소리 획득 및 발정기 탐지 시스템은 <그림 7>와 같다.



<그림 7> 실시간 소 소리 획득 및 발정기 탐지 시스템 구성도

시스템은 amplitude 값을 추출하는 모듈, 발정기 탐지 모듈, 소로부터 발생된 소리인지를 구별하는 모듈로 구성, 1) amplitude 값을 추출하는 모듈은 오디오 센서로부터 입력되는 신호의 magnitude frequency spectrum을 추출하는 모듈. 2) 발정기 탐지모듈은 다른 소리에 비해 발정기 시 특정 주파수 대역의 amplitude 값이 크기 때문에 해당 주파수 대역의 임계 값을 초과하는 빈도를 계산하는 모듈. 3) 소로부터 발생된 소리인지를 구별하는 모듈은 short-time energy를 추출하여 소로부터 발생된 소리인지 노이즈인지를 구분하는 모듈.

- ⑥ 입력되는 오디오 신호로부터 magnitude frequency spectrum을 구하기 위해 오픈소스로 제공되는 FFTw 사용.

- ⑦ 소의 소리 발생 시 큰 변화를 보이는 주파수 대역의 amplitude 값을 구하여 임계치보다 클 경우 해당 구간의 short-time energy를 계산.
- ⑧ short-time energy와 magnitude frequency spectrum을 구할 때 사용되는 window function은 Hamming window를 사용. Hamming window는 frame 경계로 갈수록 신호의 크기가 작아지는 함수로써 신호 복원 시 frame 양 끝에서의 불연속성을 막거나 주파수 스펙트럼의 왜곡을 막기 위해 사용.
- ⑨ 연속된 시간영역의 신호를 1024 frame 단위로 FFT를 사용하여 주파수 영역으로 변환하며 shift size는 512 frame으로 설정.

$$sd(k) = \left[\frac{1}{2M+1} \sum_{m=-M}^M \left(\frac{|S(k+m)|}{|S(k)|} - \frac{|W(m)|}{|W(0)|} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

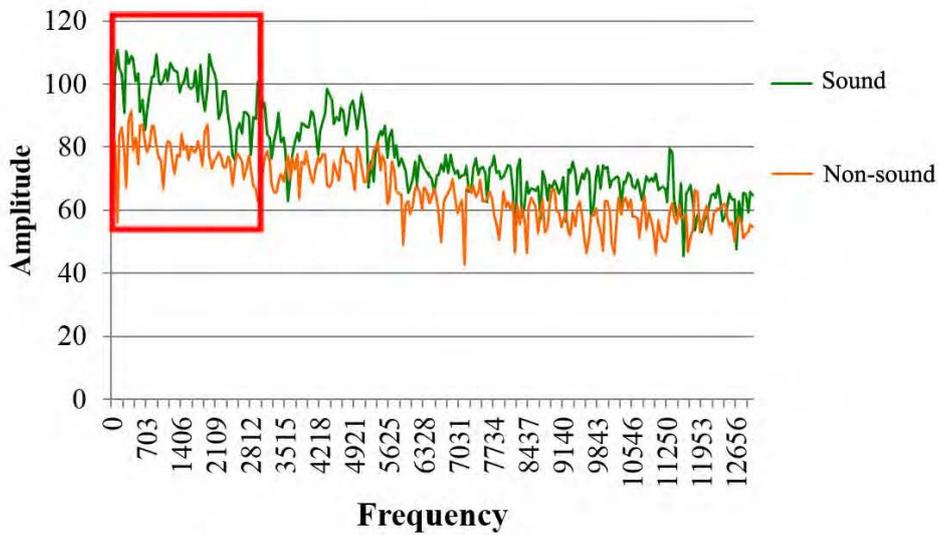
- ⑩ $sd(k)$ 는 magnitude frequency spectrum의 주파수간 거리 값을 나타내며, 주파수 지점 k 와 주변 M 개 지점들 간의 거리를 계산.
- ⑪ $W(m)$ 은 window function을 나타냄.
- ⑫ 신호 값의 제곱으로 구할 수 있는 energy는 시간 변화에 따른 energy변화를 확인 할 수 없지만 short-time energy는 신호의 제곱에 window를 곱함으로써 시간에 따른 energy변화를 확인 가능.

$$E_n = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x^2(m)h(n-m)$$

- ⑬ 실험에는 경상남도 진주시의 한 축사로부터 비디오/오디오 센서를 설치하여 취득한 축사 데이터를 사용.
- ⑭ 축사에서 발생하는 소리는 소 소리가외에도 쇠 부딪히는 소리와 바람 소리 같은 잡음이 섞인 상태로 존재.
- ⑮ 소리 발생 시 주파수 간의 거리가 가장 큰 대역을 구하기 위해 sine-distance calculation으로 전체 주파수 대역의 약 14%인 1 ~ 3,014 Hz 대역을 발견.
- ⑯ 발정기 소리의 경우 430 Hz, 818 Hz, 1,335 Hz 주파수 대역이 다른 소리에 비해 amplitude 값이 120 이상으로 나타나기 때문에 임계값을 설정하여 발정기를 구분.

⑰ 소음과 소 소리를 구별하기 위한 short-time energy 임계값은 1,580,000으로 설정하였음.

<그림 8>



<그림 8> 목음과 소리 발생 시의 magnitude frequency spectrum

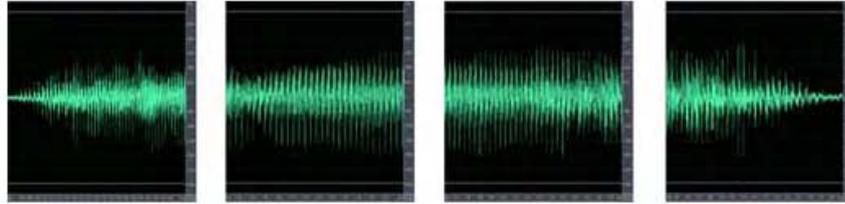
⑱ 성능 평가를 위해 소 소리가 녹음된 오디오 데이터를 선별하여 실험 데이터 셋으로 구성. 발정기 데이터 150개, 비발정기 데이터 167개 사용.

⑲ 시스템의 성능 비교를 위하여 zero-crossing rate와 energy를 사용한 방법, Jančovič 등이 제안한 방법과 본 논문에서 제안하는 방법의 실험 비교 결과를 표 7에 정리.

⑳ 추출된 오디오 데이터의 waveform은 <그림 9>에 정리.

표 7. 실험 결과 성능 비교표

	Bachu 등의 방법	Jančovič등 의 방법	제안한 방법
total detect sound	142	407	145
cow sound	70	34	34
other sound	72	373	111
oestrus detection	N/A	N/A	95.5%



(a) Bachu 등이 제안한 소리 취득 기반으로 취득한 소리 waveform예제



(b) Jančovič and Kördler의 알고리즘을 기반으로 취득한 소리 waveform예제



(c) 제안한 소리 취득 알고리즘을 기반으로 취득한 소리 waveform예제

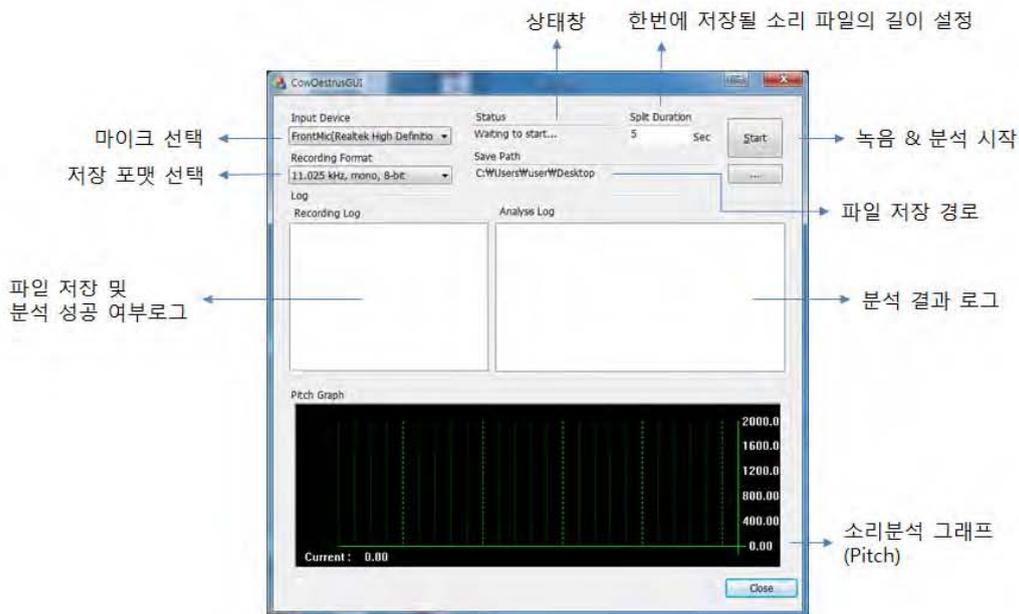
<그림 9> 각 방법에 의해 추출된 소리의 waveform

- ① 사용된 데이터는 소음이 제거 되지 않은 실제 측사 환경에서 수집된 데이터로써, 소음환경에 약한 zero-crossing rate와 energy를 사용한 방법의 경우는 소리 구간 데이터를 여러 번 나누어 추출하는 문제가 발생.
- ② 본 연구에서는 소음이 있는 실제 측사 내에서의 소의 소리를 검출하여 발정기를 탐지하는 새로운 프로토타입 시스템을 제안. 제안된 시스템은 소음과 소리 분별 능력이 강인하고 빠르고 가벼운 실시간 시스템을 위한 알고리즘.
- ③ 경상남도 진주시의 한 측사로부터 추출된 실험 데이터를 대상으로 제안한 시스템의 우수성을 실험적으로 검증.

(2) u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능 평가

- 본 연구에서는 앞서 3-①, 3-②에서 개발한 알고리즘 및 시스템을 활용한 통합 번식우 발정 감지 시스템을 GUI환경의 프로그램으로 구현. GUI환경에서 처리 결과를 보여주며 사용자가 보다 편리하게 사용가능.
- 2015년 5월, 경남 사천시의 한 농장에 시스템을 설치하여 평가함.

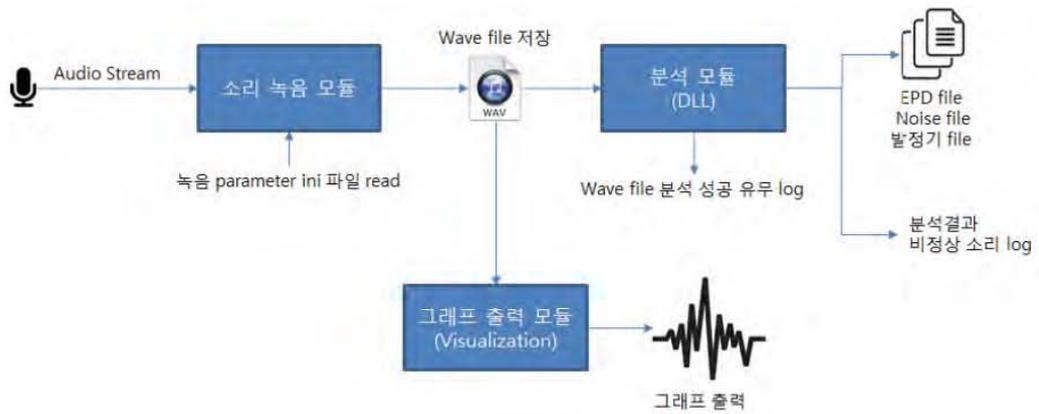
(가) 소음이 있는 환경에서 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로그램 구현 <그림 10>



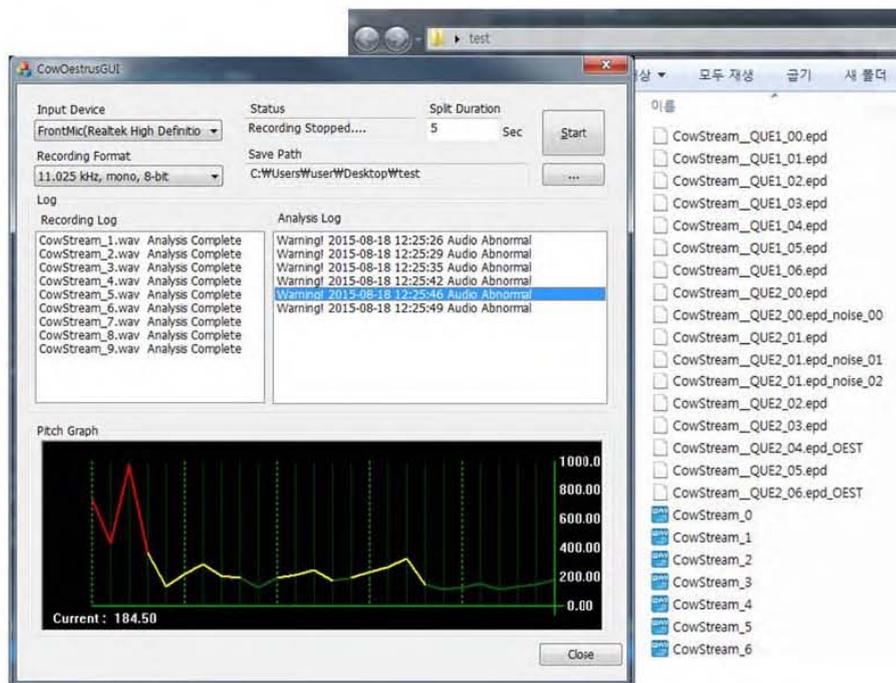
<그림 10> 실시간 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로그램 GUI

- ① 앞서 3-②에서 구현한 라이브러리를 활용하여 실시간으로 유입되는 소리 정보에서 소음을 필터링하고 발정음을 탐지 해내는 GUI환경 프로그램 개발.
- ② 소리 입력 장치(마이크) 및 저장 포맷에 구애받지 않는 일반화된 기능 추가.
- ③ 상태창을 통해서 현재 녹음 상태 및 분석 유무를 표시 <그림 10>
- ④ 파일의 저장 및 분석의 성공 유무를 로그로 표시 <그림 10> <그림 12>
- ⑤ 소의 울음 소리를 분석하여 발정기 상황인 경우 로그 표시 <그림 10> <그림 12>
- ⑥ 실시간으로 입력되는 소리 스트림의 pitch를 그래프 형식으로 출력 <그림 10> <그림 12>

- ⑦ 분석 결과를 .EPD (End Point Detection) 파일 형태로 출력. <그림 12>
- ⑧ 소 소리 이외의 노이즈의 경우 Noise 부분을 .EPD 형태로 출력. <그림 12>
- ⑨ 소의 발정기 상태 울음 소리의 경우 발정기 부분을 .EPD 형태로 출력. <그림 12>
- ⑩ 프로그램의 플로우 차트 <그림 11>

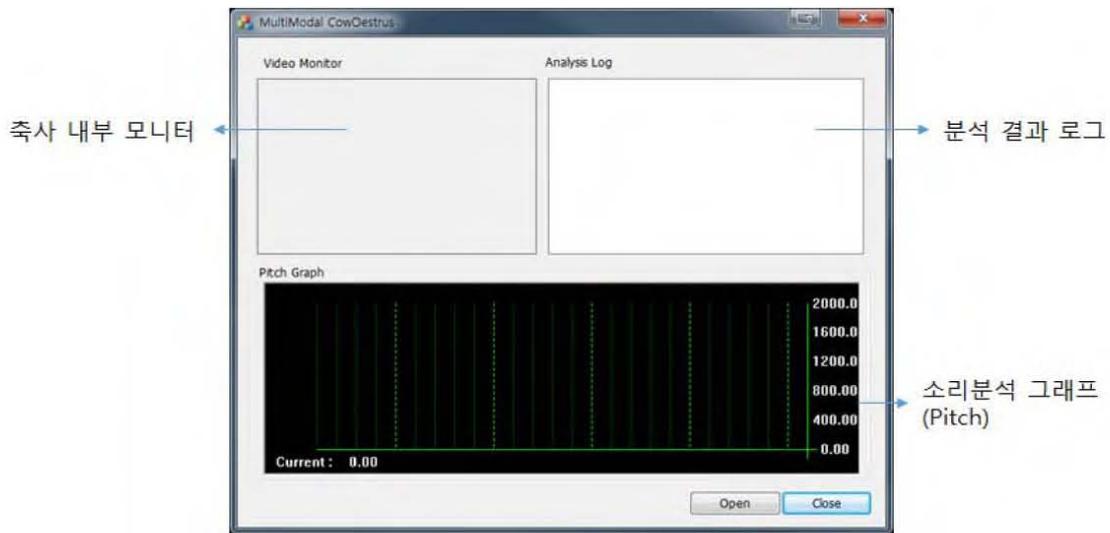


<그림 11> 실시간 소 발정기 분석 프로그램의 플로우 차트



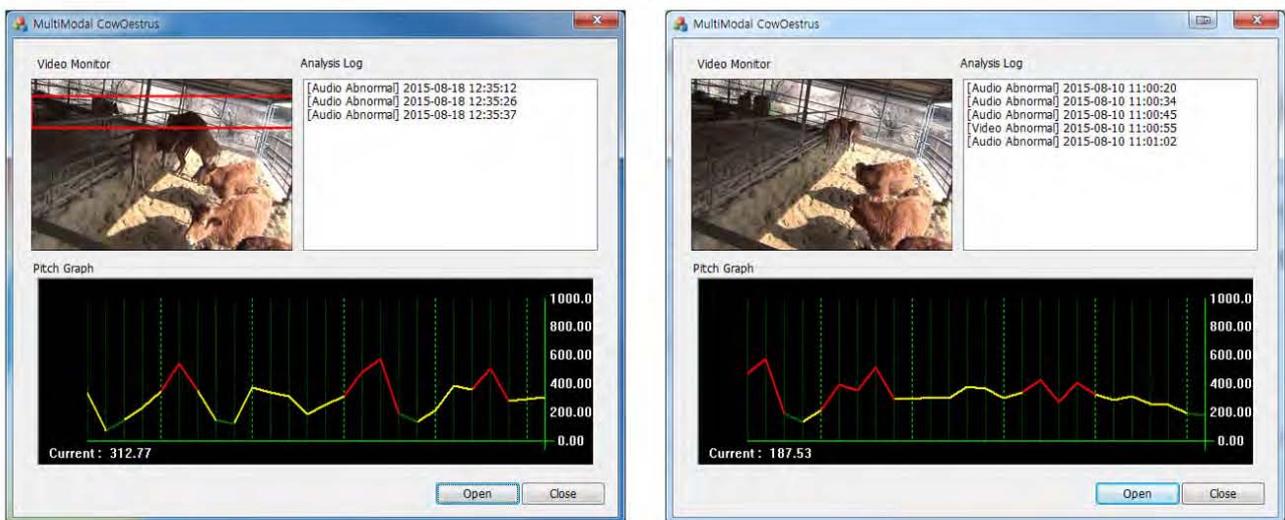
<그림 12> 실시간 소 발정기 분석 프로그램의 결과 및 결과 파일

(나) 제2 협동 과제 팀과 공동으로 소리 및 영상 기반의 u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 데모 프로그램 구현 <그림 13> <그림 14>



<그림 13> 비디오/오디오 센서를 함께 활용한 승가 및 발정음 탐지 프로그램 GUI

- ① 축사 내부의 모니터링 뷰어를 제공 <그림 13> <그림 14>
- ② 축사 내부 환경을 촬영하며 승가 상황 발생 시 모니터링 뷰어에 표시 및 로그 표시 <그림 13> <그림 14>
- ③ 축사 내부의 소리를 입력으로 하여 발정기 소리일 경우 로그로 표시 <그림 14>
- ④ 축사 내부의 소리의 pitch를 그래프 형식으로 출력 <그림 14>



<그림 14> 승가 상황 발생 시 모니터에 표시(좌), 비디오/오디오 센서를 활용한 프로그램 결과 화면(우)

(다) 2015년 5월 경남 사천시의 한 농장에 소리/영상 기반 발정기 탐지 시스템을 설치하여 평가함.

- ① 세부 연구에서 구축한 프로그램이 실제 축사에서 운용이 되는지 확인하기 위하여, 2015년 5월 경남 사천시의 한 농장에 소리/영상 기반 발정기 탐지 시스템을 설치하여 평가함.
- ② 그림 17은 소리/영상 센서를 설치 및 발정기를 탐지하기 위한 현장 테스트를 진행한 경남 사천 축사의 모습임.



<그림 15> 소 발정기 시스템의 현장 평가를 진행한 경남 사천의 축사

- ③ 그림 18은 소리/영상 센서에서 취득한 정보를 저장 및 분석을 수행하기 위하여, 경남 사천 축사에 설치한 컴퓨터의 모습임.



<그림 16> 센서 정보를 수집 및 분석하기 위해 설치한 컴퓨터

④ 그림 19는 소리 및 영상 센서를 경남 사천 축사의 천장에 설치한 모습임.



<그림 17> 경남 사천 축사의 천장에 설치한 센서

⑤ 본 연구에서 제안한 센서 기반의 소 발정기 시스템을 실제 축사에서 운영한 결과, 효과적으로 정보를 수집 및 발정기를 탐지함을 확인하였음.

라. 음성처리기술 이용 한우 번식우 발정 감지 시스템의 장단점

기존 방법들	제안하는 방법
<p>① 축사 내의 가축들을 모니터링하고 평소와 다른 이상 징후가 탐지되면 이를 관리자에게 알리는 비교적 단순한 형태의 가축 점검 시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> - 단순히 축사를 모니터링 하고, 발정기 외의 비정상 상황도 탐지하는 비교적 단순한 형태의 시스템 <p>② RFID(Radio Frequency Identification)를 이용하여 가축의 정보 및 생산 이력 등을 효율적으로 관리하는 방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - RFID 칩을 모든 소에 대해서 부착 후 관리해야하므로 많은 경제적 비용이 부담 <p>③ 암소의 호르몬 변화로 발정기의 특이 행동 들 또는 신체 정보의 변화를 이용하여 발정기를 탐지하는 방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 호르몬의 변화를 주기적으로 점검해야하며, 신체 정보의 변화를 고려하고 있어야 한다는 단점. <p>④ 젖소의 일반적인 외견상 발정징후를 통해 발정기 탐지</p> <ul style="list-style-type: none"> - 일반적으로 발정 암소의 경우 거동이 불안정하고, 울어대며 꼬리를 흔드는 경우와, 턱을 다른 소의 허리에 대고 휴식하는 행위 - 이러한 움직임을 통하여 암소의 발정기를 탐지 - 하지만 이 방법은, 주로 야간에 일어나는 발정 및 승가 행위를 탐지하기 어려운 문제점이 있음. <p>⑤ 만보계를 통해 걸음걸이 패턴 변화를 파악하여 발정기 파악</p>	<p>① 방법1: MFCC 소리 정보를 이용한 한우의 발정기 탐지</p> <ul style="list-style-type: none"> - 소리를 이용하여 탐지하므로 축사 내 각 개체에 대해서 관리할 필요 없이 축사 전체를 관리할 수 있음. - 약 93.82%의 탐지율을 보임 <p>② 방법2: 스펙트로그램에서 나타나는 전체 포먼트 정보를 통한 발정기 탐지</p> <ul style="list-style-type: none"> - 발정기를 탐지한 결과 다른 방법들에 비해 오탐지율이 8~17% 이상 감소되는 뛰어난 결과를 보임. <p>③ 방법3: 소음이 있는 축사에서의 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로세스</p> <ul style="list-style-type: none"> - 소음이 있는 실제 축사 내에서의 소의 소리를 검출하여 발정기를 탐지하는 새로운 프로토 타입 시스템을 제안. - 실제 소리를 추출하는 방법에 대한 다양한 알고리즘을 적용한 결과 제안하는 방법이 소의 발정기와 소음을 가장 잘 분리하였고, 발정기 탐지율도 매우 안정적인 탐지 성능(약 97%)을 보임. - 실제 실시간 발정기 탐지 프로토타입 프로그램으로 구현함. <p>종합 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 각 개체에 대한 관리가 아닌 축사 내의 소리를 이용한 발정기 탐지. - 따라서 각 개체에 대한 칩을 부착할 필요가 없으므로 경제적으로 이득. - 또한, 현재 출시되어 있는 시제품(약 100만원 이상)에 비해 마이크와 컴퓨터, 소프트웨어만으로 구성되기 때문에 상대적으로 저렴(70~80만원대)

<ul style="list-style-type: none"> - 발정기, 비발정기의 모든 소에 대해서 만보계를 장착하고 걸음걸이 패턴을 파악해야 함. - 현재 나온 시제품의 경우 약 100만원대의 가격을 형성함. 	<ul style="list-style-type: none"> - 추가) 농장에 모니터와 컴퓨터가 있는 경우에는 (40~45 만원대) - 개체에 직접 부착하는 방식이 아니므로 소의 2차 스트레스 예방 - 발정기뿐만이 아니라 또 다른 비정상 상황에 대한 추가적인 소리 분석을 수행한다면, 다양한 비정상 상황에 대하여 탐지가 가능한 확장형 시스템.
---	---

마. 음성처리기술 이용 한우 번식우 발정 감지 시스템의 단가 분석

① 시스템의 필수 사항

	분류	제품명	가격(원)
프로그램	소리 기반 발정기 탐지 시스템	ODS Ver 1.0 system	250,000
마이크	마이크	MASS CM660P	102,000
마이크 콘솔	마이크 콘솔	XENYX 502	55,000
합계			407,000

* ODS(Oestrus Detection using Sound)

② 시스템의 옵션

	분류	제품명	가격(원)
컴퓨터	CPU	인텔 코어 i3-4세대 4160(하스웰 리프레시	128,000
	메인보드	ASUS H81M-K iBORA	52,000
	메모리	삼성전자 DDR3 4G PC3-12800(정품)	26,000
	하드디스크	Seagate 500GB barracuda ST500DM002(SATA3/7200/16M)	50,000
	파워	마이크로닉스 Classic II SE 500W + 12V Single Rail 85+	43,000
모니터	모니터	에스지컴퓨터 TRITON-200TN	86,000
합계			385,000

③ 추가) 가격 확인을 위한 정보

분류	출처
마이크	http://itempage3.auction.co.kr/DetailView.aspx?ItemNo=A976711104&frm3=V2
마이크 콘솔	http://www.interpark.com/product/MallDisplay.do?_method=detail&sc.shopNo=0000100000&firpg=01&sc.prnNo=2569098614&sc.dispNo=016001&sc.dispNo=016001
CPU	http://prod.danawa.com/info/?pcode=2732085
메인보드	http://prod.danawa.com/info/?pcode=2477504
메모리	http://prod.danawa.com/info/?pcode=1304396&cate1=861&cate2=874&cate3=11043&cate4=0
하드디스크	http://prod.danawa.com/info/?pcode=1464268
파워	http://prod.danawa.com/info/?pcode=2662325
모니터	http://www.11st.co.kr/product/SellerProductDetail.tmall?method=getSellerProductDetail&prdNo=961819046&NaPm=ct=idsl65hc ci=7fce37c5bd01c1c3be5432c66212657aa1099d10 tr=sl sn=17703 hk=50c52d5278fe553c96e57af18da3176cd4f86494

바. 결론

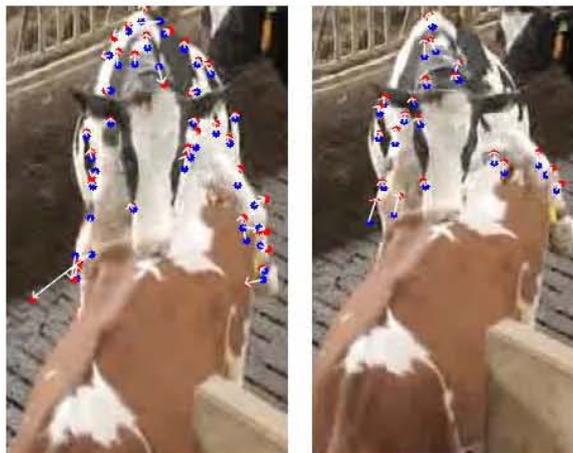
발정음 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정시기 판단 알고리즘 개발에서는 다음의 3가지 방안을 연구하였다. 첫 번째, 제안된 시스템은 한우 축사에서 발생하는 소리 정보를 MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficient) 특징 벡터로 변환하여 미리 학습된 SVM (Support Vector Machine) 기반의 발정기 탐지기로 한우 암소의 발정기를 실시간으로 탐지한다. 즉, 이진 분류기인 SVM이 암소의 평상시 발성음과 특이 발정기 발성음을 이진 분류함으로써 암소의 발정기 여부를 조기 탐지한다. 두 번째, 손실 정보 없는 소리 정보의 표현을 위하여 기존의 제한된 영역의 포먼트만을 이용하던 연구에서 벗어나 스펙트로그램 전체에서 나타나는 포먼트 정보들을 적극적으로 이용하였다. 또한, 특징 선택 기법 중 하나인 CFS (Correlation Feature Selection)를 이용하여 낮은 차원의 분별력 있는 포먼트 특징을 선택한다. 실제 축사에서 녹취한 한우 발정기 발성음을 대상으로 제안한 방법의 유효성을 검증하는 실험을 수행하였다. 세 번째, 발정기 발성음의 특징 벡터 생성에 초점을 맞춰 연구를 진행하였다. 특징은 크게 분별력과 차원이라는 두 가지 기준에 대해 우수해야 한다. 즉, 좋은 특징이란 서로 다른 부류를 잘 분별해 주어야 할 뿐만 아니라, 특징 벡터의 차원이 낮을수록 계산 효율이 좋고 차원의 저주에서 멀어진다. 본 연구에서는 통계학에 기초한 체계적인 특징 벡터 생성에 관한 알고리즘을 제안하고, 실제 축사에서 녹취한 한우 발정기 발성음을 대상으로 낮은 차원의 특징 벡터 생성 과정을 보인다. 또한 이상상황 탐지기로 잘 알려진 단일 클래스 SVM의 대표 모델인 SVDD (Support Vector Data Description)를 탐지기로 설정하여 생성된 특징 벡터의 암소 발정기 탐지 분별력을 실험적으로 검증하였다. 음성인식기술을 이용한 한우 번식우

발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발에서는 다음의 3가지에 관하여 연구를 수행하였다. 첫째, 소음이 있는 측사 내에서의 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로세스: 소리 획득 프로세스 (sound acquisition process)란 실시간으로 입력되는 오디오 신호로부터 잡음을 제외한 실제 소리가 발생한 소리 구간만을 검출하는 소리 처리 과정이다. 둘째, 음성인식기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지를 위한 중요한 소리 특징 선택 및 탐지 시스템 개발: 한우의 발정기를 탐지하기 위하여, 먼저, 소리 특징정보(Formant F1~F19)를 추출 하였다. 이러한 특징들 중 한우 발정기 탐지에 알맞은 특징을 선택하기 위하여, 본 연구에서 제안한 Formant-based feature subset selection 알고리즘을 이용하여 {F1, F2, F4, F7, F14, F19}가 중요한 특징임을 확인 하였다. 실제 Adaboost.M1 탐지기를 이용하여 한우 발정기 탐지 가능 여부를 확인한 결과 97.5%의 높은 탐지 성능을 기록 하였다. 셋째, 효과적인 소 소리 취득용 센서로써 MASS CM660P(제조원:MASS, 대한민국)를 사용하였다. u-IT 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능평가에서는 소리 주파수 정보를 기반으로 한우 번식우 발정을 감지하는 프로토타입 시스템을 구현 및 현장에서 성능을 평가하였다. 첫째, 측사 현장은 실험환경과는 다르게 다양한 환경 잡음등이 발생한다. 이와 같은 환경을 고려하여 잡음을 제거하고 한우가 실제로 내는 소리를 취득한 후, 해당 소리의 주파수 정보를 분석하여 발정기 여부를 탐지하는 시스템을 구축하였다. 사용자가 손쉽게 이용할 수 있도록 GUI (Graphic User Interface)를 제공한다. 둘째, 구축한 프로그램이 실제 측사 환경에서 수행이 되는지 여부를 확인하기 위하여, 2015년 5월 경남 사천의 한 측사에 시스템을 구축하였다. 구축한 시스템을 시험 가동한 결과 효과적으로 한우의 소리를 취득 및 발정기를 탐지함을 확인하였다.

8절. 영상처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발

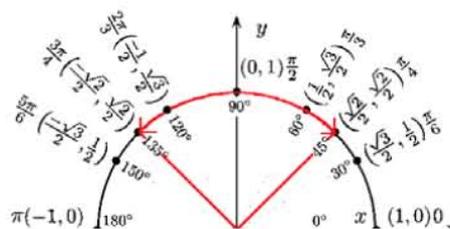
1. 승가허용행동 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 알고리즘 개발 부분에서는 크게 두 가지 방법으로 승가 행동을 판단한다.

가. Optical Flow를 사용하여 개체의 움직임을 검출하고, 움직임 벡터 방향성을 사용하여 유효한 움직임 벡터를 결정한 후, 움직임 벡터의 크기가 임계값보다 큰 경우 해당 장면을 특정 상황으로 분류한다. 예를 들어, <그림 1> (a)에 나타난 승가 행위 시 움직임 벡터를 보면 움직임 벡터의 개수는 많지만 방향성이 맞지 않는 벡터들에 의해서 검출하려는 상황이 아닌 다른 상황을 검출하는 오분류 가능성이 존재함을 알 수 있다. 이에 따라서 움직임 벡터에 대한 데이터의 보정이 필요하다. 모든 프레임의 움직임 벡터를 방향성을 기준으로 분류하기 위해 <그림 2>의 삼각함수 tangent 표를 이용하여 벡터의 방향이 $1/4\pi$ 이상 $3/4\pi$ 이하인 Top, Top-Right, Top-Left 방향을 갖는 벡터들을 유효 데이터로 지정하여 사용하였다. 그 결과 <그림 1> (b)와 같이 승가 영상과 기립 영상에서 공통적으로 추출되는 수직방향 움직임 벡터가 검출되었다. 이러한 특징을 이용하여 비교를 한다면 특정 상황, 즉 발정 주기에 발생하는 승가 행위를 탐지할 수 있고, 제안 방법을 사용하여 더 높은 확률의 번식 탐지가 이루어 질 수 있다.



(a) 방향성 보정 전 (b) 방향성 보정 후

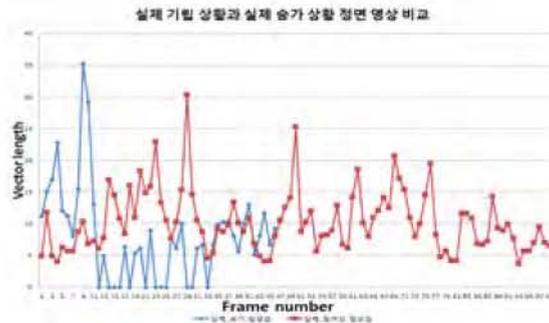
<그림 1> 움직임 벡터 추출



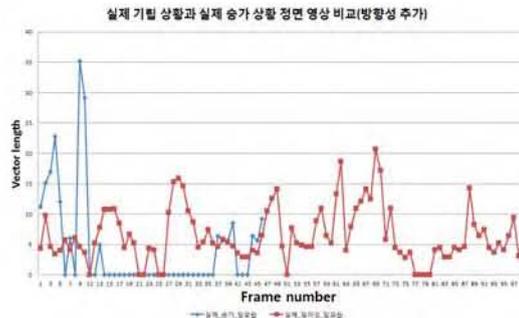
<그림 2> tangent 표

일어설 때의 모습이 승가를 시도할 때의 움직임 방향이 유사하기 때문에 두 영상의 차이를

구분한다면 승가 시도, 즉 번식 탐지를 할 수 있을 것이다. <그림 3>은 방향성이 없이 계산된 움직임 벡터를 기준으로 영상의 모든 프레임 사이의 최대 벡터의 크기를 추출하여 두 영상을 비교한 그래프이고, <그림 4>는 벡터의 방향성을 추가하여 데이터를 보정한 후의 두 영상의 데이터를 비교한 그래프이다.



<그림 3> 방향성 추가 전 기립 영상과 승가 영상 프레임별 최대 벡터 크기 비교



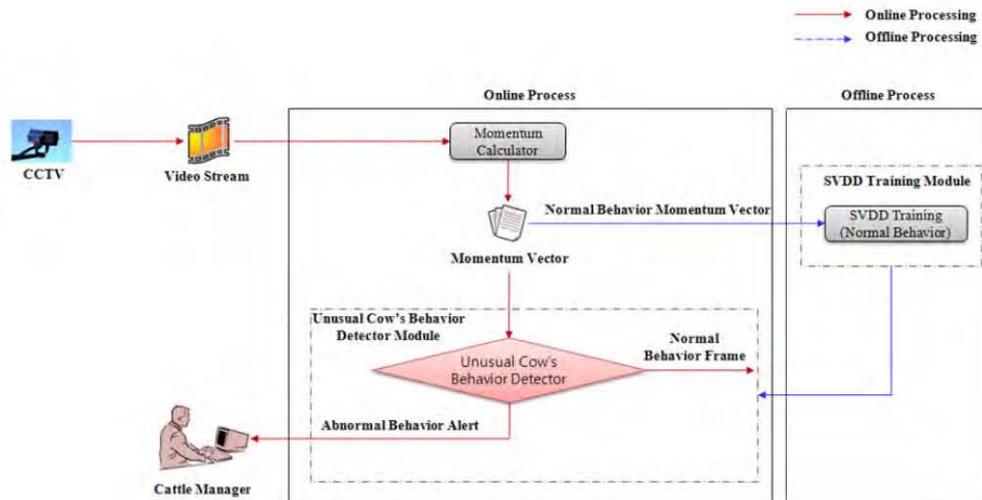
<그림 4> 방향성 추가 후 기립 영상과 승가 영상 프레임별 최대 벡터 크기 비교

<그림 3>에서 두 영상의 벡터 크기 최대 값 차이는 크지 않았고, 각 프레임 간의 벡터 크기 변화도 크지 않았다. 반면, <그림 4>에서는 승가행위가 발생할 경우 기립영상과 비교하여 확연하게 벡터 크기 최대값이 크고, 벡터 크기 변화 또한 차이가 있었다. 제안한 방법을 사용하여 승가행위를 탐지 할 수 있음을 확인하였다.

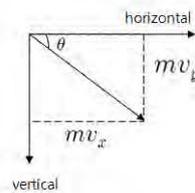
2. 입력 동영상으로 부터 움직임 벡터 정보를 이용하여 영상내의 움직임 정보를 추출·표현

특이 행동의 판별 문제를 실용적 차원의 단일 클래스 분류 문제로 재해석하여 단일 클래스 SVM의 대표적 모델인 SVDD를 탐지기로 설계하였다. 즉, 본 연구에서 제안하는 감시 카메라 환경에서 한우의 특이 행동 탐지 시스템의 구조는 <그림 5>와 같다. 이는 1개의 오프라인 처리 모듈인 SVDD 학습 모듈과 2개의 온라인 처리 모듈인 Momentum Calculator, 그리고 특이 행동 탐지 모듈로 구성된다. 각 모듈의 기능은 다음과 같다. 1) SVDD 학습 모듈에서는 정상 데이터 훈련 집합만으로 오프라인 상에서 학습을 실시한다. 2) Momentum Calculator에서는 움직임 벡터를 움직임 정보의 량으로 변환한다. 3) 특이 행동 탐지 모듈에서는 학습이 완료된 SVDD를 이용하여 유입되는 데이터가 정상 상황의 범주에서 벗어나는지를 실시간으로 판단하여, 정상 상황의 범주에서 벗어나면 이를 CCTV 관리자에게 통보함으로써 사건·사고에 신속하

게 대처한다.



<그림 5> SVDD를 이용한 승가 행위 탐지 시스템 흐름도



<그림 6> 움직임 벡터의 크기와 방향

$$m = \sqrt{(mv_x^2 + mv_y^2)} \quad (4-1)$$

먼저, 영상의 움직임 벡터의 크기와 방향은 <그림 6>과 같이 각각 m 과 θ 로 표현된다(수식 (4-1) 참조). 여기서, mv_x 와 mv_y 는 움직임 벡터의 각각 가로축과 세로축 성분이다. 그러면, Momentum Calculator에서는 실시간으로 유입되는 비디오 스트림으로부터 7개 프레임 간격으로 수식 (4-1)을 이용하여 움직임 벡터의 크기와 방향을 특징 벡터로 표현한다.

사실, 감시카메라 환경에서 특이 행동 탐지 시스템의 가장 중요한 목적은 유입되는 영상으로부터 신속하게 특이 상황여부를 판별하는 것이다. 본 연구에서는 단일 클래스 SVM의 가장 대표적인 방법론인 SVDD를 이용하여 비정상 행동 여부를 신속하게 판단하고자 한다. SVDD를 이용한 단일 클래스 분류 방법은 다음과 같다. d -차원 입력공간에 존재하는 N 개의 데이터로 구성되는 학습 데이터의 집합 $D = \{x_i, i = 1, \dots, N\}$ 에 대해서 R^d 위에 정의되는 중심이 a 이고 반경이 R 인 원형체 B 를 이용하여 학습 클래스의 존재 영역을 표현한다. 이 경우 각 학습 데이터 x_i 와 중심 a 사이의 거리가 R 을 초과하는 경우에는 적절한 벌점(penalty)을 부과하는 전략을 사용하여 다음과 같은 최적화 문제를 정의한다.

$$\begin{aligned} \min L_0(R^2, a, \xi) &= R^2 + C \sum_{i=1}^N \xi_i & (4-2) \\ \text{s.t. } \|x_i - a\|^2 &\leq R^2 + \xi_i, \xi_i \geq 0, \forall i. \end{aligned}$$

여기에서, ξ_i 는 i -번째 학습 데이터 x_i 가 원형체에서 벗어나는 벌점이며, c 는 반지름과 벌점 항의 상대적 중요성을 조정하는 상수(trade-off constant)이다. 라그랑제 함수(Lagrange function) L 을 이용하여 위 문제에 대응하는 쌍대 문제(dual problem)를 구한다. 쌍대 문제는 다음과 같은 QP(Quadratic Programming) 문제로 정리된다.

$$\begin{aligned} \min_a \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j \langle x_i, x_j \rangle - \sum_{i=1}^N \alpha_i \langle x_i, x \rangle & & (4-3) \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^N \alpha_i &= 1, \alpha_i \in [0, C], \forall i. \end{aligned}$$

학습이 끝난 후 적용 과정에서 결정함수는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} f(x) &= R^2 - \|x - a\|^2 & (4-4) \\ &= R^2 - (\langle x, x \rangle - 2 \sum_{i=1}^N \alpha_i \langle x_i, x \rangle \\ &\quad + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j \langle x_i, x_j \rangle) \geq 0 \end{aligned}$$

가우시안 커널을 사용할 경우 최적화 문제 수식 (4-5)는 다음과 같이 보다 간단한 형태로 단순화 될 수 있다.

$$\begin{aligned} \min_a \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j \langle x_i, x_j \rangle & & (4-5) \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^N \alpha_i &= 1, \alpha_i \in [0, C], \forall i. \end{aligned}$$

이 경우 커널 함수 ϕ 도입후의 결정함수 수식 (4-6)은 아래의 식으로 대체된다.

$$\begin{aligned} f(x) &= R^2 - \|\phi(x) - a\|^2 & (4-6) \\ &= R^2 - (1 - 2 \sum_{i=1}^N \alpha_i k(x_i, x) \\ &\quad + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j k(x_i, x_j)) \geq 0 \end{aligned}$$

본 연구에서 제안한 감시카메라 환경에서 한우의 특이 행동 탐지 시스템의 성능 평가를 위하여 실제 축사에서 취득한 한우 암소의 영상 정보를 이용하여 실험하였다. 정상 데이터와 특이 행동 데이터 모두 초당 24개 프레임으로 구성된 동영상으로부터 7개 프레임 간격으로 움직임 벡터를 추출하였다. 정상 데이터는 암소가 거닐거나 쉬고 있는 장면들로 3,000개, 특이 행동 데이터는 승가 이벤트가 나타났을 때의 프레임 구간으로부터 추출된 움직임 벡터 286개와 뒷발을 차면서 흥분하여 뛰는 장면으로부터 추출한 움직임 벡터 134개를 포함한 총 420개의 데

이더로 실험을 수행했다. 이때 정상 데이터와 특이 행동 데이터 모두 640×480 크기를 갖는 원본 프레임으로부터 8×8 크기의 모션 블록을 사용하여 추출한 움직임 벡터(80×60=4800차원의 특징 벡터)를 사용했으며, 수식 (4-1)로 움직임 벡터의 크기와 방향을 계산하였다.

전체 정상 데이터 3,000개 중 2,400개로 학습 후 나머지 600개의 정상 데이터와 420개의 특이 행동 데이터를 이용하여 교차 검증 방법으로 반복 실험을 수행하였다. 실험 결과 특이 행동 탐지율(UBDR: Unusual Behavior Detection Rate)은 평균 96.4%, FPR(False Positive Rate: 정상 행동이 특이 행동으로 오탐지된 비율)은 평균 2.3%, 그리고 FNR(False Negative Rate: 특이 행동이 정상으로 오탐지된 비율)은 평균 1.9%의 만족스러운 실험 결과를 얻었다(수식 (4-7) 참조). SVDD의 상대적 중요성을 조정하는 상수(trade-off constant) C값은 0.1로 고정하였으며, SVDD의 매개변수 σ 값은 1.7로 설정하였다.

$$UBDR = \frac{\sum_{i=1}^m T_i}{\sum_{i=1}^n I_i}, \quad FPR = \frac{\sum_{i=1}^k P_i}{\sum_{i=1}^l N_i}, \quad FNR = \frac{\sum_{i=1}^{n-m} F_i}{\sum_{i=1}^n I_i} \quad (4-7)$$

위 수식에서 I 는 특이 행동 데이터, T 는 특이 행동 데이터를 정확히 특이 행동으로 분류한 데이터, N 은 정상 행동 데이터, P 는 정상 행동 데이터를 특이 행동으로 분류한 데이터, F 는 특이 행동 데이터를 정상으로 판단한 데이터를 의미한다.

마지막으로 제안 방법의 실험 결과를 <표 1>에 정리하였고, 제안된 방법과 기존 방법론들과의 성능 비교는 <표 2>에 요약하였다. 특히 본 연구의 선행 연구로 수행한 소리 신호를 이용한 발정기 특이음 탐지와는 유사한 정확도를 나타내며, 소리와 영상 정보의 상호보완적인 측면을 감안할 때 두 정보를 모두 이용하면 보다 완벽한 정확도를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

<표 1> 제안 방법의 성능

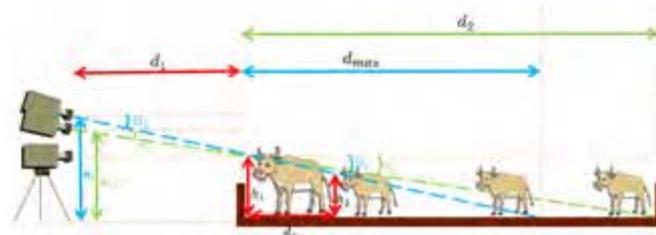
평가 항목	UBDR	FPR	FNR
σ 1.7	96.4%	2.3%	1.9%

<표 2> 통상적인 방법과의 성능 비교

Method	전통적 발정기 탐지 기법	제안 기법
Item		
사용 도구	전통적 도구들	동영상
수동/자동	수동	자동
탐지 상황	승가	승가 및 뛰는 행동
객체 수	Single Object	Multiple Objects
정확도	50.0% 정도	96.4%

그러나, tilted-downward view로 획득된 영상 정보를 이용하면 축사의 바닥면과 소의 색깔이 유사하여 발생하는 어려움과 카메라 축을 향하여 걸어오는 경우와 카메라를 바라보며 승가하는 경우를 구분하기 어려운 한계가 있음을 확인하였다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 수행한 다음 연구는 최적의 카메라 위치를 찾는 것이다. 사실, tilted-downward view로 설치된 카메라로 획득된 영상에서 한우 객체를 배경과 분리하는 것은 어려운 문제이다. 축사의 배경은 여러 구조물이 위치하여 복잡한 구조를 갖고 있고, 축사 바닥은 한우와 색상 유사도가 높기 때문이다. 이러한 환경의 축사에서는 축사의 측면에 카메라를 설치(side view)하여 최적의 승가행위 탐지용 영상을 획득할 수 있다. 최적의 승가 행위 영상 촬영을 위해 축사의 측면에 카메라 설치 할 때에는 카메라의 높이 및 거리가 고려되어야 한다. 카메라가 축사의 천장과 같이 한우의 등 높이 보다 상당히 높은 위치에서 축사 바닥을 바라보게 촬영을 할 경우 축사 바닥과 한우의 높은 색상 유사도로 인하여 오분류가 발생하게 된다. 한우의 등 높이 보다 낮은 위치에서 촬영을 할 경우 카메라 시점이 승가 행위 발생 높이 보다 낮기 때문에, 정확한 승가 행위 촬영이 되지 않는다. 축사와 너무 가까운 거리에서 촬영할 경우는 구조물과 같은 복잡한 배경에 의한 겹침 현상 또는 축사의 폭이 전부 촬영되지 않는 현상이 발생하여, 카메라의 광각을 벗어나는 축사 내 위치에서 승가행위가 일어날 경우 촬영되지 않는다. 이러한 문제점들을 고려하여, 최적의 카메라 위치를 선정하기 위해 우선 카메라 높이와 촬영 각도를 계산한다.

<그림. 7>은 축사 내에서 가장 큰 소의 등 높이(h_1)와 가장 작은 소의 등 높이(h_2), 카메라의 광각이 주어졌을 때 축사 폭을 전부 촬영 가능한 거리(d_1), 소들 사이의 최소 거리(d_0)를 보여준다. 이상의 값들이 입력 값으로 주어지면 수식 (4-8)과 (4-9)를 이용하여 최적의 카메라 높이와 촬영 각도를 구할 수 있다. 예를 들어, 축사에서 가장 앞쪽 부분에 큰 소가 위치하고 바로 뒤에 있는 작은 소의 위에서 승가가 일어나는 경우에는 승가하는 소의 모습을 최대한 촬영하기 위해 H_1 의 높이에서 θ_1 의 촬영 각도로 카메라를 설치해야 한다.



<그림 7> 촬영 높이에 따른 카메라 높이와 각도

$$\tan\theta_1 = \frac{h_1 - h_2}{d_c} \quad (4-8)$$

$$H_1 = h_1 + (d_1 \times \tan\theta_1) \quad (4-9)$$

영상처리 알고리즘을 실제 적용시킴에 있어서 소와 축사의 바닥이 함께 촬영되면 오동작이 많이 발생하는 문제가 있었고, 이러한 오동작을 최소화하기 위해서는 축사 바닥이 촬영되지 않

게 카메라를 설정해야 한다. H_1 과 θ_1 으로 카메라가 설치되었다면, 측사 바닥이 촬영되지 않는 최대 측사 길이 d_{max} 는 $d_{max} = d_1 \times \tan\theta_1$ 과 같이 계산된다. 만약 <그림 7>의 경우처럼 주어진 측사의 길이 d_2 가 d_{max} 보다 크다면, 측사 바닥 촬영을 피하기 위한 새로운 카메라 위치가 설정되어야 한다. 이러한 경우에는 수식 (4-10), (4-11)을 이용하여 새로운 카메라 높이 H_2 와 촬영 각도 θ_2 를 결정할 수 있다.

$$\tan\theta_2 = \frac{h_1}{d_3} \quad (4-10)$$

$$H_2 = h_1 + (d_1 \times \tan\theta_2) \quad (4-11)$$

이렇게 H_2 와 θ_2 로 카메라 위치를 설정하면 H_1 과 θ_1 으로 설정된 카메라의 위치와 비교하여, 승가 시 h_1 과 h_2 사이에서 발행하는 모션 벡터의 수가 다소 적어지지만, 측사 바닥이 촬영되지 않기 때문에 오동작이 줄어드는 장점이 있다. 예를 들어, d_1 은 5m, d_2 는 2m, h_1 은 1.3m, h_2 는 1.2m라 가정할 때, $\tan\theta_1$ 은 0.05가 된다. 이러한 가정에서는 H_1 은 1.55m, θ_1 은 약 3°가 되고, 승가 행위 탐지가 정확히 가능한 최대 거리 d_{max} 는 26m가 된다. 만약 주어진 측사의 길이 d_2 가 d_{max} 보다 큰 40m인 경우에는 H_2 는 1.46m θ_2 는 약2°가 된다. 마지막으로, 이렇게 실험 환경을 구축한 후 취득한 영상에 대하여 "upward"움직임 벡터를 계산하더라도 소의 승가 행위가 아닌 행동(예를 들어, 소가 카메라 부근에서 반대 방향으로 이동)을 승가로 잘못 판단할 가능성이 있다. 이러한 문제는 승가 시 "upward" 움직임 벡터의 크기에 대한 임계값을 설정함으로써 해결할 수 있다. 즉, 임계값은 현재 프레임과 이전 프레임에서 소의 움직임 거리를 비교하여 확인할 수 있는데, 640×480 해상도의 카메라가 H_1 - θ_1 에 설치된 경우의 승가 시 "upward" 벡터 크기는 14.017이고, 카메라 반대 방향으로 이동할 때의 "upward"벡터 크기는 4.004이었다. 카메라 위치가 H_2 - θ_2 인 경우는, 승가 시 "upward" 벡터 크기가 14.006이고, 카메라 반대 방향으로 이동할 때의 "upward" 벡터의 크기는 4.001이었다. 이들 근거로 임계값 5이상의 크기를 갖는 "upward" 움직임 벡터를 승가로 판단한 결과, 승가 행위에 대한 자동 검출이 가능함을 확인하였다.

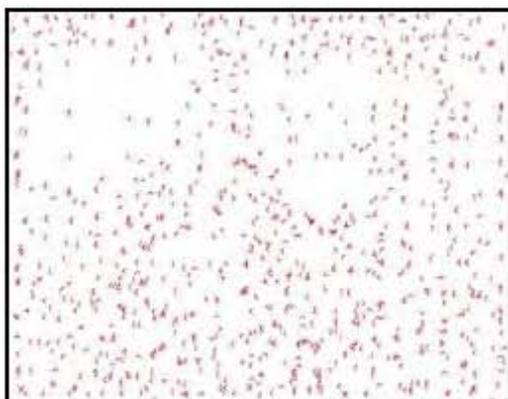
3. 가우시안 혼합 모델(GMM, Gaussian Mixture Model), 광흐름 기법(Optical Flow)을 이용한 승가 행위 탐지 방법.

최적의 높이와 각도로 측사의 측면에 설치된 카메라를 통해 영상의 프레임이 시스템으로 입력이 되면 먼저 시스템은 <그림 8>과 같이 승가 행위가 일어나는 관심 영역(ROD)을 설정하게 된다. 승가 행위는 발정기의 소가 다른 소의 등에 올라타는 발정주기에 나타나는 특정 행위로, 일반적으로 소의 움직임이 관찰되는 영역보다 높은 위치에서 행위가 이루어진다. 이러한 관심 영역의 위치는 실제로는 1m 55cm이상의 높이가 되고, 영상의 Y축 좌표를 기준으로 150픽셀 이상 290 픽셀 이하로 구분하게 된다.

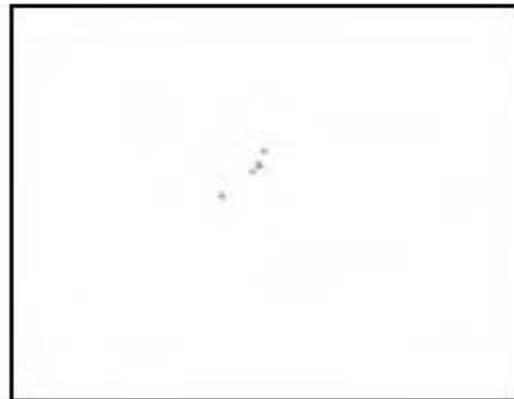


<그림 8> 승가 행위를 탐지하기 위한 원본 이미지의 관심 영역

설정된 관심영역에 컴퓨터 비전 기술 중 하나인 Optical Flow 방법을 적용하여 측사 측면에 설치한 카메라로부터 촬영된 영상에 대하여 움직임 벡터 추출 과정을 수행한다. Optical Flow 는 각 프레임 특징점의 공간 일관성을 이용하여 영상 내 모든 특징점에 대한 움직임 벡터를 추출하고, 수많은 움직임 벡터들 중에 발정 정후 중 하나인 승가 행위 시 발생하는 움직임 벡터만을 구분 할 필요가 있다. 승가 행위 시 한 개체가 다른 개체의 등에 올라타는 행동을 보이는데, 이 때 발생하는 윗방향 벡터만을 구분하여 사용하면 효율적인 승가 행위를 탐지가 이루어진다<그림 9>. 승가 행위 시 발생하는 윗방향 벡터는 탄젠트 연산을 통해 방향과 크기를 계산하여 구분 할 수 있는데 방향성 구분 기준은 <그림 10> (a) 탄젠트 표를 기반으로 (45°) 이상 (135°)이하이며 <그림 10> (b) 8방향표 기준으로 Top-Left, Top, Top-Right로 구분 할 수 있다. 또한 승가 행위 시 발생하는 벡터의 크기를 계산하여 승가 행위로 인해 발생하는 위쪽 방향 벡터로 구분 할 수 있다. 이는 실제 측사 영상에 대한 실험 결과 승가 행위 시 최대 벡터 크기와 비 승가 행위 시 최대 벡터 크기 비교를 통해 임계값을 설정 할 수 있었다. 즉, 벡터의 방향 및 크기와 위치를 통해 승가 행위를 구분한다. <그림 11>

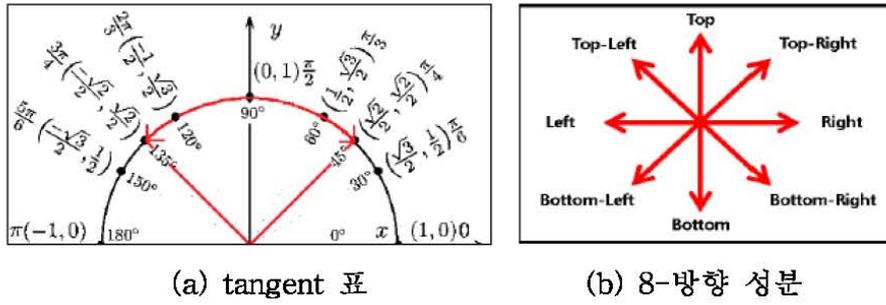


(a) Optical Flow를 이용한 벡터 추출

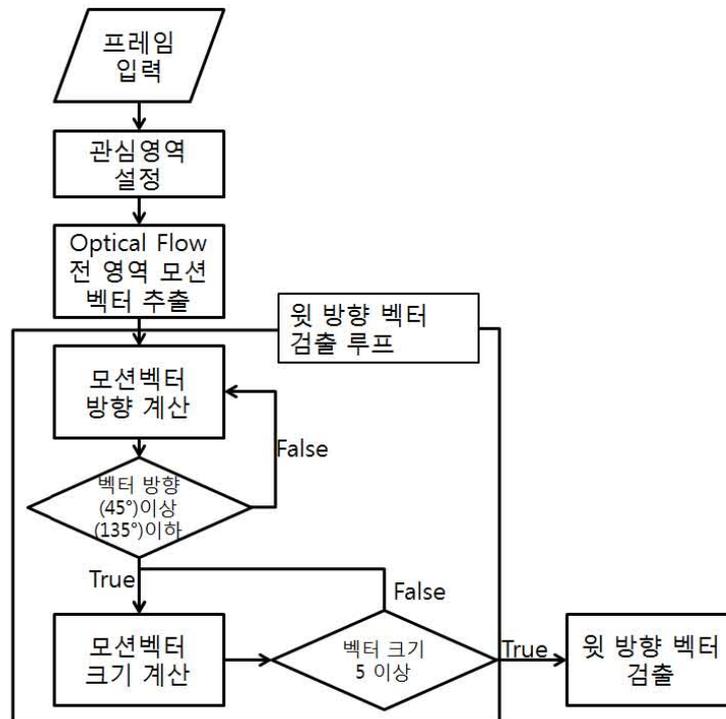


(b) 탄젠트 표를 통해 구분한 윗방향 벡터

<그림 9> 승가 행위 시 추출된 움직임 벡터



<그림 10> 탄젠트 표와 8-방향 성분



<그림 11> 벡터 방향과 크기를 이용한 윗방향 벡터검출

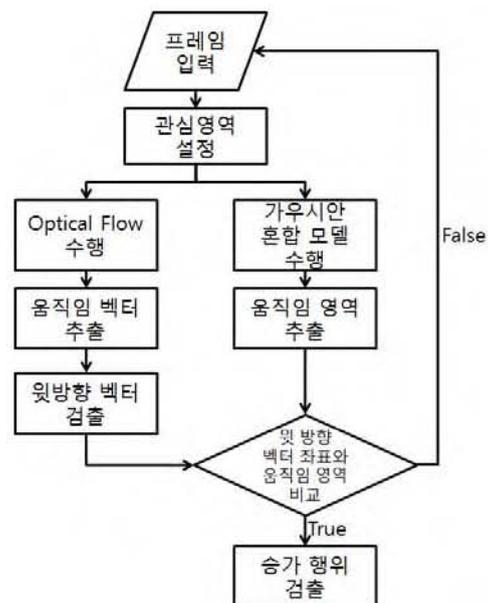
그러나 축사 내부의 복잡한 배경으로 인하여 검출된 윗방향 벡터가 한우의 움직임으로 인해 검출된 것이 아니라 구조물에서 생성된 특징점으로 검출되어, 오분류가 발생하는 경우가 있다. 이러한 문제의 해결책으로 가우시안 혼합 모델을 사용하여 검출된 윗방향 벡터의 유효성을 확인한다. 가우시안 혼합 모델을 이용할 시 움직임이 없는 영역은 배경 영상으로 처리되어 검은색으로 처리되고 움직임이 있는 영역은 흰색으로 처리 되어 전/배경 분리가 가능하다<그림 12>. 배경과 분리된 전경, 즉 움직임 영역 내부에 벡터의 방향성과 크기를 기준으로 추출된 윗방향 벡터가 존재 한다면 이는 신뢰할 수 있는 움직임 벡터로 분류 되고 이러한 벡터를 통해 승가 행위로 구분 할 수 있다. 제안한 시스템을 통한 승가 검출 실험을 48개의 승가 행위 영상에서 실험한 결과 <그림 13>과 같이 구조물에 의해 가려진 한 개의 영상을 제외한 47개의 영상에서 승가 행위가 탐지 되었다. <그림 14>는 시스템의 순서도를 보여준다.



<그림 12> Gaussian Mixture Model을 이용한 전/배경 분리



<그림 13> 축사 내 구조물에 의한 가려짐



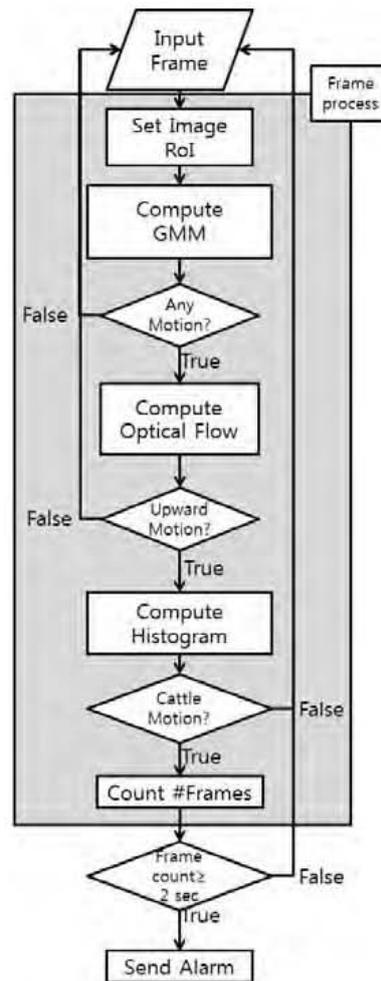
<그림 14> 제안한 승가 검출 방법 순서도

4. 컬러 히스토그램(Color histogramming) 기법을 이용하여 측사 내 승가 행위 움직임이 있는 객체를 탐지하는 방법

Side-view로 설치한 카메라로 촬영된 영상에서 승가 행위를 검출할 때 소의 승가 행위 움직임과 카메라 앞을 걸어가는 사람의 움직임이 유사함을 보였다. 이에 대한 구분을 하기 위해 컬러 히스토그램 기법을 통해 얻은 소의 털 색상 모델을 이용하였다. RGB 컬러 모델관점에서 소의 털 색상과 사람 피부색 혹은 옷 색상에 는 차이를 보인다. 이를 이용하여 두 번째 연구 방법에서 제안한 Optical Flow와 Gaussian Mixture Model로 검출된 움직임이 소의 움직임인지에 대하여 구분한다. 분류된 움직임이 소에 의하여 발생된 움직임인지에 대한 판별을 하기 위해 수식 (4-12)를 이용한다.

$$\begin{aligned} R &\geq 84 \wedge R \leq 151 \wedge \\ G &\geq 62 \wedge G \leq 90 \wedge \\ B &\geq 52 \wedge B \leq 84 \wedge \\ \text{Max}\{R, G, B\} &= R \end{aligned} \quad (4-12)$$

만약 검출된 움직임 영역이 수식 (4-12)의 색상 모델을 만족시킨다면 소의 움직임으로 구분할 수 있다. 이 방법을 통해 구분된 움직임이 2초 이상 진행되었을 때 승가 행위로 판단할 수 있고, 사용자에게 알람을 보내게 된다. 또한, 이 알람의 횟수를 통해 수정 적기를 판단할 수 있게 된다. 수식 (4-12)의 연산은 모두 AND 연산으로 연결되며 <그림 15>는 제안 방법을 도식화하여 보여준다.



<그림 15> Optical Flow와 Gaussian Mixture Model, Histogram을 이용한 승가 검출

5. Motion History Image(MHI) 기법을 이용한 승가 상황 검출 방법

본 연구에서 제안된 시스템은 영상 데이터로부터 각 프레임의 MHI 처리를 이용하여 움직임 벡터를 추출하고 이를 유효한 움직임 벡터로 분류한다. 움직임 벡터의 크기와 방향이 임계값보다 큰 경우 해당 장면을 특정 상황으로 분류한다. 실제 촬영한 영상 데이터를 통해 실험한 결과, 승가 상황에서 확인한 결과 값의 차이가 있었고, 움직임 방향에 따른 픽셀의 분류를 확인할 수 있었다. 기존에 진행한 Optical Flow 방법은 이전 프레임과 현재 프레임 간의 공간 일관성(Spatial Coherence)을 기반으로 이미지 내부의 추적하기에 좋은 특징점을 검출하고 이러한 특징점들은 움직임을 검출하기 위한 기준이 되며, 이전 프레임과 현재의 좌표 차이를 이용하여 움직임 벡터가 얻어지게 된다. 기존 방법은 축사 내 울타리와 같은 구조물에 의한 객체 가림 현상이 있을 때 특징점을 추출하지 못하여 움직임 벡터가 생성되지 않는 문제점이 있었고, 이러한 승가 상황 검출에 대한 한계를 해결하기 위하여 MHI 기법을 적용하였다.

축사의 측면에 설치된 카메라를 통해 영상의 프레임이 시스템으로 입력이 되면 먼저 시스템은 승가 행위가 일어나는 관심 영역(ROI)을 설정하게 된다. 이러한 관심영역의 위치는 실제

로는 1m 55cm이상의 높이가 되고, 영상의 Y축 좌표를 기준으로 150픽셀 이상 290 픽셀 이하로 구분하게 된다. 설정된 ROI 이미지에 최근 사람 객체의 움직임 혹은 자세를 이용한 상황인지 연구 방법인 MHI 기법을 이용하여 소의 움직임 변화를 계산한다. 예를 들어, 축사 감시 영상이 지속적으로 입력되고 컴퓨터 시간에 따른 time stamp 값을 τ , 사용자로부터 입력된 time duration을 δ 라고 가정할 때, 이전 프레임과 현재 프레임의 차이를 이용한 현재 프레임의 움직임을 계산하는 함수 Ψ 를 통해 외곽선을 구한다. 이때 구해진 외곽선의 각 픽셀에 현재 τ 를 저장하고 저장된 time stamp 값은 τ 와 δ 의 차이보다 작으면 0으로 바뀌어 삭제된다. 즉 외곽선이 갖고 있는 time stamp 값이 $\tau - \delta$ 보다 작으면 0으로 바뀌어 없어지게 된다. (수식 (4-13) 참조)

$$MHI_{\delta}(x,y) = \begin{cases} \tau & \text{if } \Psi(I(x,y)) \neq 0 \\ 0 & \text{else if } MHI_{\delta}(x,y) < \tau - \delta \end{cases} \quad (4-13)$$

MHI를 통해 계산된 이미지의 픽셀들을 이용하여 연속된 프레임에서 객체가 움직인 영역의 이미지를 추출할 수 있다. 이러한 이미지를 Motion Energy Image (MEI)라고 할 때 MEI의 움직임 영역내부에 MHI로 계산된 외곽선 정보에 저장된 픽셀의 좌표로 움직임 벡터를 계산하여 움직임 방향과 크기를 얻을 수 있다. <그림 16> (a)는 축사 내 원본 이미지를 보여주고 그림 4-16 (b)는 ROI가 설정된 원본 이미지를 보여준다. <그림 17>은 MHI를 이용하여 계산된 움직임 변화를, <그림 18>는 MEI를 이용하여 계산된 움직임 영역을 보여준다.



(a) ROI 설정 전 원본 이미지



(b) ROI 설정 후 원본 이미지

<그림 16> 축사 내 원본이미지



<그림 17> MHI로 계산된 움직임 변화 이미지



<그림 18> MEI로 계산된 움직임 영역 이미지

MHI의 외곽선 정보를 이용한 움직임 벡터 계산 할 때 각 외곽선의 픽셀 값에 저장된 time stamp로 외곽선에 대한 구분이 가능하고<표 3>, 해당 외곽선에 포함되는 픽셀들 중 최고점의 좌표를 구할 수 있다. 이 좌표를 이용하여 가장 최근 외곽선의 최고점과 가장 이전 외곽선의 최고점 좌표 차이를 이용하여 움직임 벡터와 방향성을 계산한다.

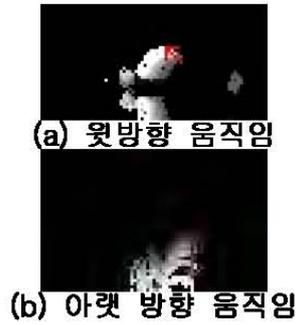
<표 3> 현재 프레임의 외곽선에 저장된 time stamp

현재 프레임의 n번 외곽선	time stamp
1번 외곽선	12.142
2번 외곽선	11.985
3번 외곽선	11.673
4번 외곽선	11.519
5번 외곽선	11.363
6번 외곽선	11.207

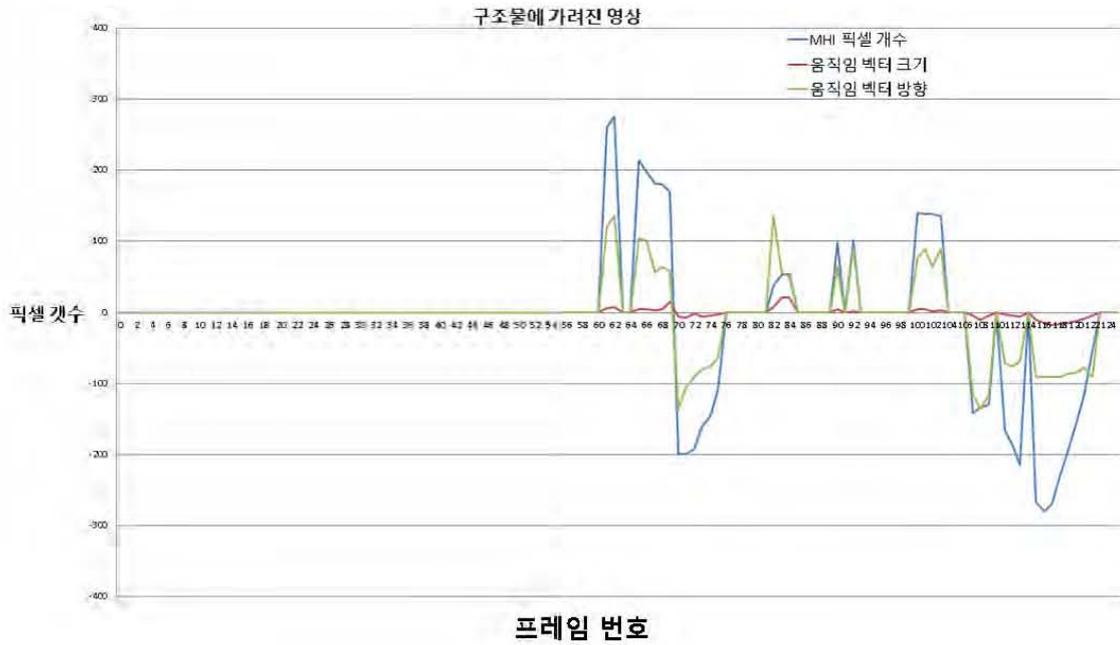
계산된 움직임 벡터로 영상 내 승가 행위를 구분 할 때 여러 가지 특징 중 하나인 방향성을 이용한다. 승가 시도 시 윗방향 움직임을 주로 보이고 승가 종료 시 아랫방향 움직임을 보이는 특성을 기준으로 계산된 움직임 벡터들을 유효 벡터로 분류하기 위해 벡터 방향성을 이용한다. 탄젠트 표를 이용하여 벡터 방향이 $\frac{\pi}{4}$ 이상 $\frac{3\pi}{4}$ 이하인 Top, Top-Right, Top-Left 방향을 갖는 벡터들을 윗방향 벡터로 분류하고 벡터 방향이 $\frac{5\pi}{4}$ 이상 $\frac{7\pi}{4}$ 이하인 Bottom, Bottom-Right, Bottom-Left 방향을 갖는 벡터들을 아랫방향 벡터로 분류한다.

본 연구에서는 OpenCV 2.3 Library의 영상 처리 함수와 경상남도 진주에 위치한 한우 축사에 설치한 HD 카메라로 획득한 초당 24 프레임 울의 영상을 데이터로 하여 일반적인 승가 행위가 1초 동안 이루어진다는 가정 하에 MHI 입력 시간 δ 를 1초로 설정하고 실험을 진행하였다. 제안 방법을 통해 추출된 움직임 벡터의 방향성과 승가 행위 시 관심 영역으로 몸체의 절반이 들어오게 되는 관심영역의 MHI 픽셀 개수를 통해 승가 행위 상황을 구분 할 수 있다. 만약 움직임 벡터가 윗방향 유효 벡터에 속한다면 픽셀의 개수를 양의 정수로 표현하고 움직임 벡터가 아랫방향 유효 벡터에 속한다면 음의 정수로 표현하여 관심영역 내의 움직임을 구분 할 수 있다. 또한 기존의 영상 처리를 통한 승가 상황 탐지 연구와 다르게 구조물에 의해 발생하는 객체 가림 현상에서도 움직임 벡터를 추출하여 승가 행위를 탐지 할 수 있다. <그림 19>(a)는 구조물에 의한 객체 가림 현상에서 윗방향 움직임 벡터가 추출됨을 보여주고 <그림 19> (b)는 아랫방향 움직임 벡터가 추출됨을 보여준다. <그림 20>은 구조물에 의한 객체 가림

현상에서 관심 영역 내의 움직임 벡터를 이용한 픽셀 분류를 보여주고 있다.



<그림 19> 구조물 가림 상황에서 움직임 벡터 추출



<그림 20> 움직임 벡터를 이용한 픽셀 분류

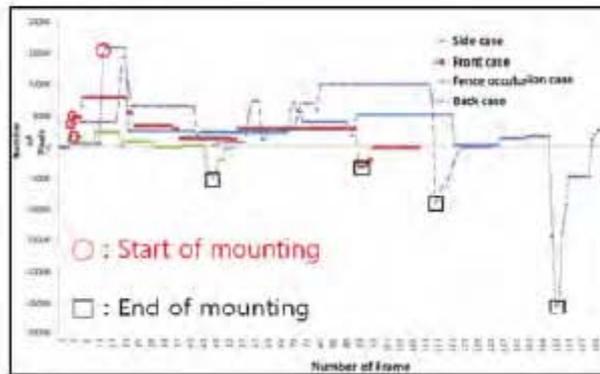
실험 결과, 가림 현상이 있을 시에도 움직임 벡터의 크기와 방향을 검출 할 수 있었고, 이를 바탕으로 특정 행동인 승가 행위를 검출 할 수 있음을 확인하였다. 향후 연구로, 소의 추적(트래킹) 기술과 연계하면 더욱 정확한 승가 행위 검출이 가능할 것으로 기대된다.

6. 가우시안 혼합 모델(GMM, Gaussian Mixture Model), 광흐름 기법(Optical Flow)과 MHI 기법을 함께 이용한 승가 행위 탐지 방법

가우시안 혼합 모델을 이용할 시 움직임이 없는 영역은 배경 영상으로 처리되어 검은색으로 처리되고 움직임이 있는 영역은 흰색으로 처리 하여 전/배경 분리를 하고, 분리된 영상 데이터로부터 각 프레임의 MHI 처리를 이용하여 움직임 벡터를 추출하고 이를 유효한 움직임 벡터로 분류한다. 움직임 벡터의 크기와 방향이 임계값보다 큰 경우 해당 장면을 <그림 21>과 같이 특정 상황으로 분류한다.

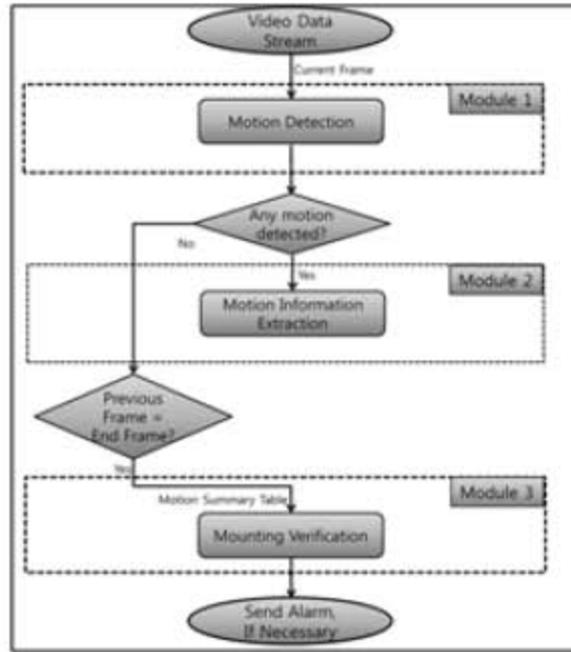


<그림 21> 임계값 보다 경우 특정 상황으로 분류



<그림 22> GMM과 MHI를 사용한 소의 승가 행위 탐지

가우시안 혼합 모델과 MHI 처리를 함께 이용하여 승가행위를 탐지했을 때 <그림 22>처럼 소의 승가행위 탐지가 검출되는 것을 확인하였다. <그림 23>은 제안한 승가탐지 시스템의 순서도를 보여준다. 24시간/365일 입력되는 비디오는 LAN을 통하여 서버로 전송된다. 서버는 해당 영상에서 움직임이 존재하는지 판단한다. 승가탐지 시스템은 세 개의 모듈로 구성되어진다. 첫 번째 모듈은 움직임 탐지 모듈이고, 두 번째 모듈은 움직임 정보 추출 모듈이고, 세 번째 모듈은 승가 확인 모듈이다.



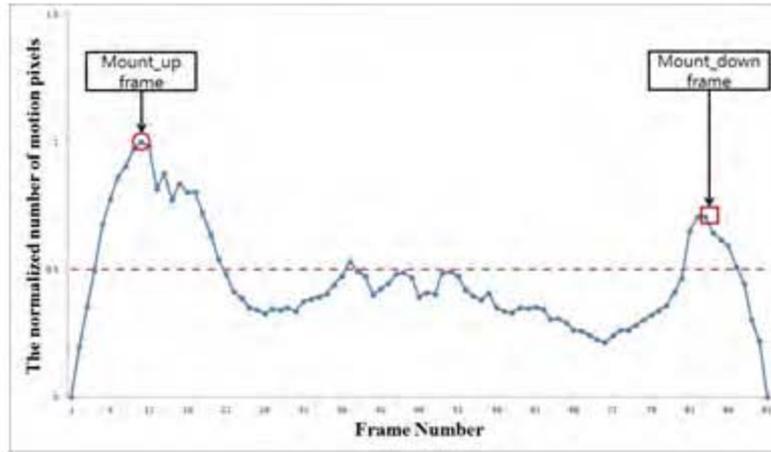
<그림 23> side-view 카메라 기반의 승가행위 탐지 시스템의 순서도

<그림 24>는 side-view 카메라가 설치된 농장과 구현된 시스템을 보여준다. 실험에 사용된 영상은 총 25개의 승가행위 영상을 사용하였고, 6가지 종류로 구성되어진다. 6가지 종류는 측면이 탐지된 승가영상, 정면이 탐지된 승가영상, 후면이 탐지된 승가영상, 카메라 멀리서 탐지된 승가영상, 울타리에 승가행위가 일부분 가려진 영상, 승가행위가 아닌 머리클 드는 영상이다.

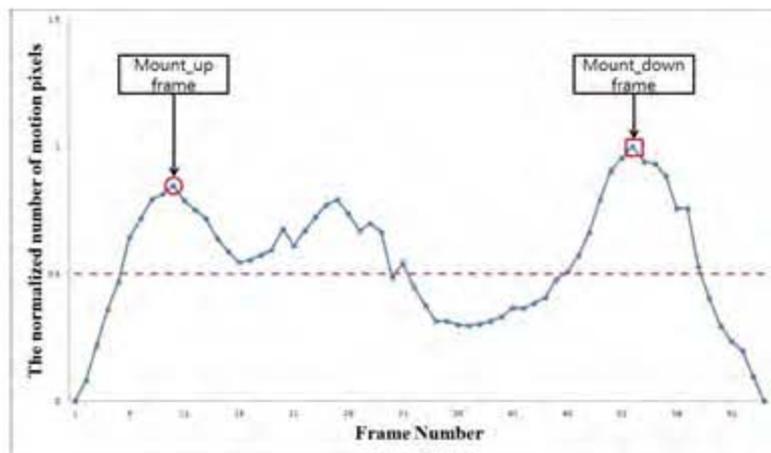


<그림 24> side-view 카메라가 설치된 농장(경남 사천 한우농장)과 구현된 시스템

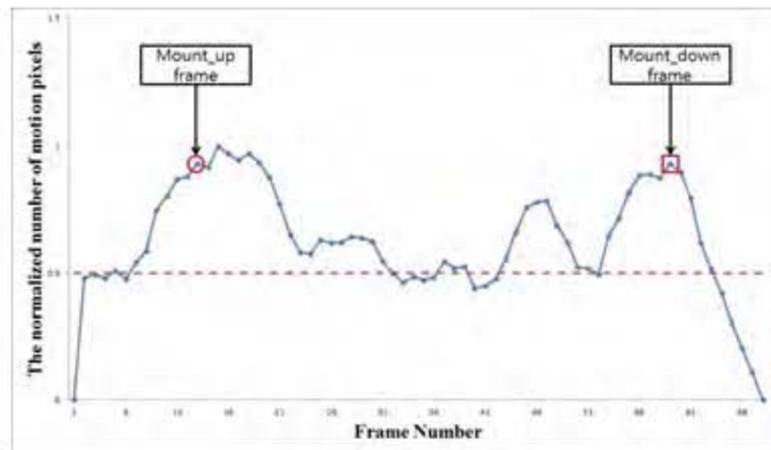
그림 <그림 25>는 일반적인 승가행위 및 비승가행위의 정규화 된 움직임 픽셀 수를 보여준다. 특히, <그림 25> (f)의 머리클 드는 행위는 비승가행위시의 움직임 픽셀 수를 보여준다. 즉, <그림 25>는 모든 움직임을 포함하고 있고, 승가시작 및 승가종료시간을 탐지할 수 있음을 보여준다.



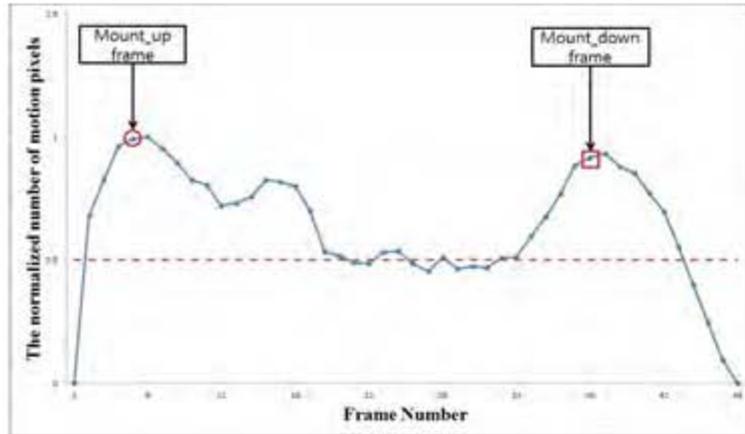
(a) 소의 측면 증가행위



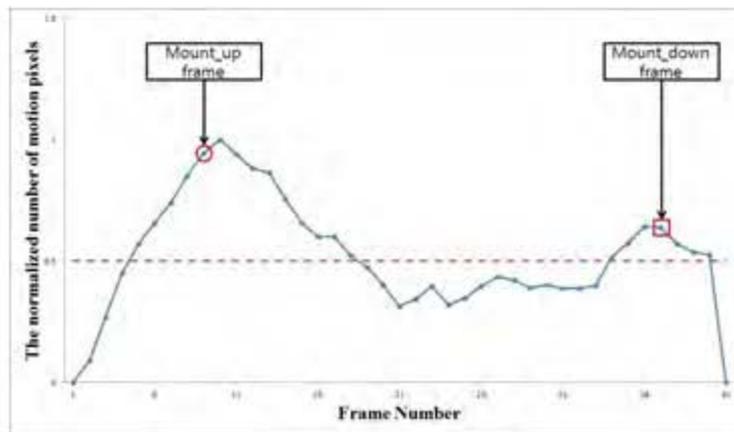
(b) 소의 정면 증가행위



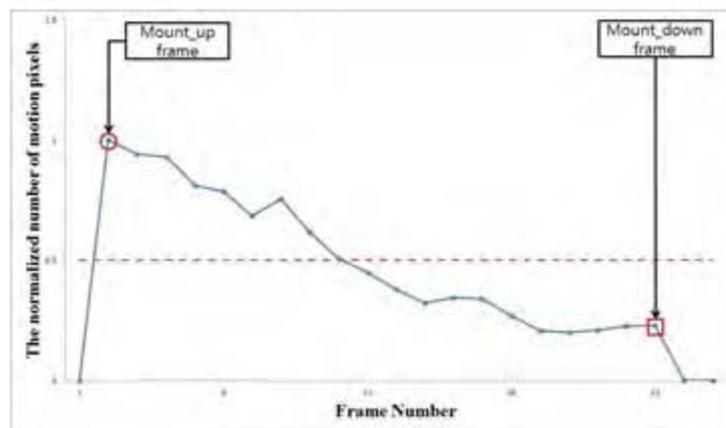
(c) 소의 후면 증가행위



(d) 멀리있는 카메라에서 탐지된 승가행위



(e) 울타리에 일부분 가려진 승가행위



(f) 머리를 드는 행위(비승가행위)

<그림 25> 일반적인 승가행위 및 비승가행위의 정규화 된 움직임 픽셀 수

<표 4>는 오픈 소스인 GMM을 MHI와 동시에 사용하였을 경우의 승가행위 탐지 정확도를 보여준다. GMM/MHI 방법은 단순 MHI 방법 보다 높은 승가행위 탐지 정확도를 보여준다. GMM은 야외 환경에서 정확도를 높이고 효율적으로 사용 할 수 있는 방법이기 때문이다.

<표 4> 승가행위 탐지의 정확도 비교

	Detection Accuracy
MHI-only	76%
GMM/MHI	100%

앞서 설명한 것과 같이 승가행위 탐지는 실시간으로 수행되어야 하므로, 수행시간을 단축시켜서 실시간으로 수행되도록 해야 한다. <표 5>는 ROI를 사용할 경우의 효율을 보여주고, 이를 보면 ROI를 사용하였을 경우에 25fps의 실시간으로 처리가 가능함을 알 수 있다.

<표 5> 승가행위 탐지의 수행속도 비교

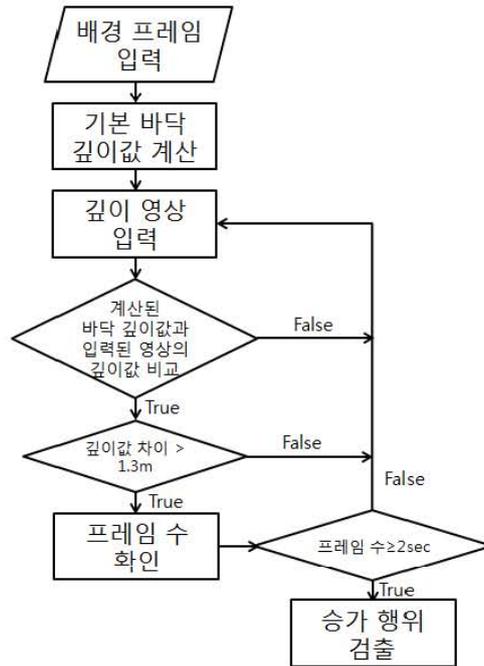
	Average Execution Speed
Without ROI	6.9 fps
With ROI	29.5 fps

8. 깊이 정보를 이용한 승가 행위 검출 방법

만약 승가 행위를 한 소를 추적해야 하는 필요성이 있는 경우에 side view로 획득된 영상 정보를 이용하면 occlusion의 문제 때문에 많은 어려움이 존재한다. 이러한 어려움을 해결하기 위하여 tilted-downward view로 획득된 깊이 정보(키넥트 등 깊이 카메라 이용)를 이용한 실험을 수행하였다. 즉, 깊이 정보를 이용하여 승가하는 소의 머리를 탐지한다. 실제로 깊이카메라를 이용한 많은 연구가 진행되었지만, 대부분의 논문이나 발명이 깊이 카메라를 이용한 이미지의 보정 또는 실내 환경에서의 사람을 대상으로 한 연구로, 축사와 같은 외부 환경에서의 연구는 거의 발표되지 않은 실정이다. 충분한 높이에 tilted-downward view로 설치된 축사 환경의 경우, 소를 제외한 구조물이 없어 깊이카메라와 객체의 거리를 나타내는 깊이 값의 차이를 이용하면 일반적인 소의 움직임과 승가 시 소의 움직임을 구분하는 연구가 가능하다.

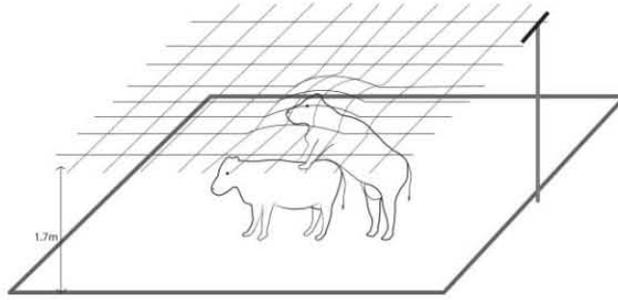
카메라를 이용한 승가 탐지와 관련된 마지막 연구는 깊이 정보를 이용한 소의 머리 탐지 시스템 및 그 탐지 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 깊이 카메라를 통해 획득한 탐지공간의 깊이 값을 이용하여 소의 머리 높이를 탐지하여 소의 승가 여부를 신속하게 판단할 수 있는 깊이 정보를 이용한 소의 머리 탐지 시스템 및 그 탐지 방법(세계 최초)에 관한 것이다. 통상적으로 소가 네발로 걸어 다니는 경우 소의 등 높이가 1.3m 정도인데 반해 앞발을 들어 승가하는 경우에는 소의 높이가 1.7m까지 높아짐에 착안하여 바닥으로부터의 높이 차이를 관찰한다. 즉, 승가가 가능한 축사의 바닥 면적이 주어지면 tilted downward-view의 깊이 카메라에 대한 설치 높이가 정해지고, 이 값들을 이용하여 축사 바닥의 각 지점으로부터 카메라까지의 거리를 계산할 수 있다. 설명을 위하여 발정기를 탐지하기 위한 소들이 있는 방을 “우방”이라 지칭할 때, 관찰하는 우방 내에는 소 이외에 장애물이 없어 우방 내 각 지점에서 카메라까지의 거리를 손쉽게 도출한다. 만약 우방 내 어떤 지점에 소가 있다면 조금 전 도출한 바닥까지의

거리와 상이한 값을 가지며, 이를 이용하면 바닥(배경)위에 위치한 유일한 개체인 소(전경)를 정확히 탐지할 수 있다. 특히, 발정기를 탐지하고자 하는 우방 내에서 1.7m 높이의 개체가 있다면 승가 행위 또는 방범 상황이라고 판단할 수 있다. <그림 26>은 깊이 영상을 이용한 승가 검출 시스템의 순서도이다.



<그림 26> 깊이 영상을 이용한 승가 검출 순서도

먼저, 우방의 바닥 중 승가가 가능한 위치에는 소 이외에 어떠한 장애물도 없고 소가 승가하는 경우를 제외하고는 소의 높이가 1.7m까지 높아지지 않고 승가하는 소 뒤에 또 다른 소가 승가 하더라도 이 두 마리의 승가하는 소의 머리를 확인할 수 있을 정도의 높이에 깊이 카메라가 설치되어 있다고 가정한다. 이러한 가정 하에서 깊이 카메라를 이용하여 승가하는 소의 머리를 탐지하는 문제는 우방의 바닥 중 승가가 가능한 위치에 1.7m 높이의 물체가 있는지를 확인하는 문제로 단순화될 수 있다. 즉, 어느 위치/어느 방향에서의 승가인지에 따라, 그리고 앞에 장애물이 있는지 여부에 따라 영상 카메라에 나타나는 승가의 모습은 각각 다르지만, 그림 <그림 27>과 같이 높이 정보를 이용하면 이러한 차이점들을 극복하고 승가 여부를 매우 정확히 검출할 수 있다.



<그림 27> 1.7m 높이의 소 탐지 문제

계산을 단순화하기 위하여 승가 가능한 바닥 면적 $l_x \times l_y$ 을 $b \times b$ 크기의 블록으로 구분하고, 각 블록의 중앙에 1.7m(h_{head}) 높이의 물체가 있는지를 확인하는 문제를 고려하자. 그림 <그림 28>과 같이 깊이 카메라가 설치된 환경에서 (x_{head}, y_{head}) 에 위치한 어떤 블록에 h_{head} 높이의 물체가 있다면, 해당되는 위치(x'_{head}, y'_{head})에서 카메라까지의 거리가 d_{no_head} 가 아니라 d_{head} 가 된다(수식 (4-14), (4-15) 참조). 즉, $l_x/b \times l_y/b$ 각각의 블록에 대하여 사전에 $[x'_{head}, y'_{head}, d_{no_head}, d_{head}]$ 값을 테이블에 저장해둔 후, 입력되는 깊이 정보에서 (x'_{head}, y'_{head}) 에 위치한 값이 d_{no_head} 인지 d_{head} 인지만을 확인함으로써 승가 여부를 판단할 수 있다.

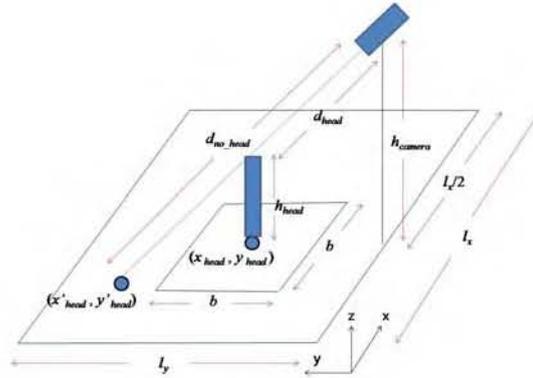
$$x'_{head} = x_{head} + (x_{head} - \frac{1}{2}l_x) \left(\frac{h_{head}}{h_{camera} - h_{head}} \right) \quad (4-14)$$

$$y'_{head} = y_{head} + y_{head} \times \left(\frac{h_{head}}{h_{camera} - h_{head}} \right)$$

$$d_{head} = \sqrt{(x_{head} - \frac{1}{2}l_x)^2 + (y_{head})^2 + (h_{camera} - h_{head})^2} \quad (4-15)$$

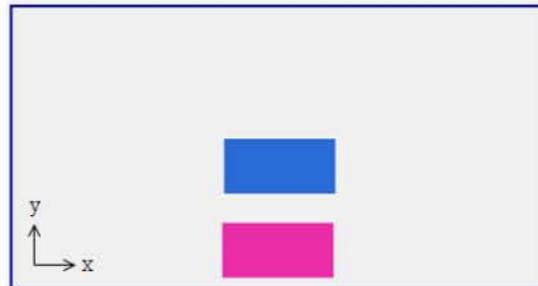
$$d_{no_head} = \sqrt{(x'_{head} - \frac{1}{2}l_x)^2 + (y'_{head})^2 + (h_{camera})^2}$$

- x'_{head} 는 탐지공간의 특정위치의 x 값,
- x_{head} 는 탐지공간의 동물위치의 x 값,
- l_x 는 탐지공간의 x 값,
- h_{head} 는 탐지공간의 동물위치의 높이값,
- h_{camera} 는 탐지공간의 카메라의 높이값,
- y'_{head} 는 탐지공간의 특정위치의 y 값,
- y_{head} 는 탐지공간의 동물위치의 y 값,
- d_{head} 는 탐지공간의 동물위치와 카메라간의 거리값,
- d_{no_head} 는 탐지공간의 특정위치와 카메라간의 거리값

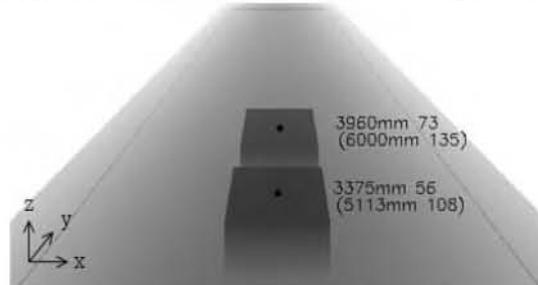


<그림 28> (x_{head}, y_{head}) 에 h_{head} 높이 물체가 있는 경우

실험을 위하여 시판중인 마이크로소프트사의 윈도우용 키넥트를 3m 높이에 설치하였고, 키가 1.7m인 사람을 촬영한 결과 제안 방법으로 해당 위치에 1.7m 높이의 사람이 있는지 확인하였다. 그러나 현재 시판중인 키넥트는 높이 3m에서 가로/세로 각각 3m/3m의 바닥 면적만을 관찰할 수 있다는 제약이 있다. 이러한 제약을 감안하여 한우사의 가로/세로 각각 10m/5m 우방에서 높이 5m에 고성능의 깊이 카메라가 설치되어 있다고 가정하고 가상의 데이터(우방 내 빨간색과 파랑색으로 표시한 두 마리 소가 동시에 승가 한다고 가정)를 생성하였다<그림 29>(a)



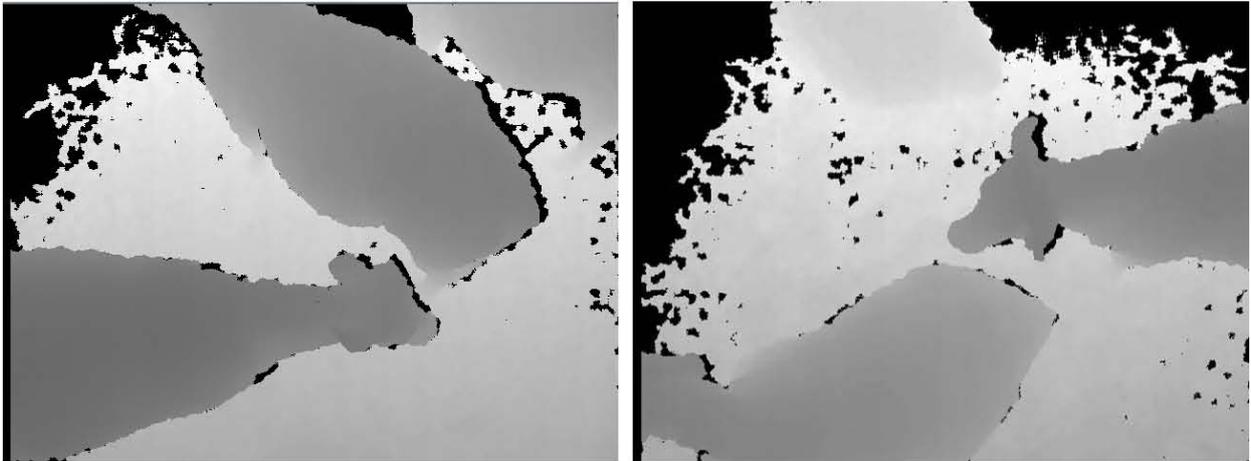
(a) 축사 내 해당 좌표에 승가 소가 있다고 가정



(b) 가정된 깊이카메라의 예상 데이터

<그림 29> 1.7m 높이의 물체 두 개가 겹친 경우

가상의 데이터로 실험한 결과, 승가하는 소(빨간색 표시) 뒤에 또 다른 소가 승가(파랑색 표시)하더라도 이 두 마리의 승가하는 소의 머리를 확인할 수 있음을 확인하였다<그림 29> (b). 즉, 승가하는 빨간색 소의 중앙 위치에서 카메라까지의 거리는 3.375m이고 깊이 값은 1.5~10m 범위 내에서 인지가 가능하다고 가정할 때 값 56을 갖는다(만약 빨간색 소가 그 위치에서 승가하지 않는다면 카메라까지의 거리는 5.113m이고 깊이 값은 108을 갖는다.). 또한, 앞의 소에

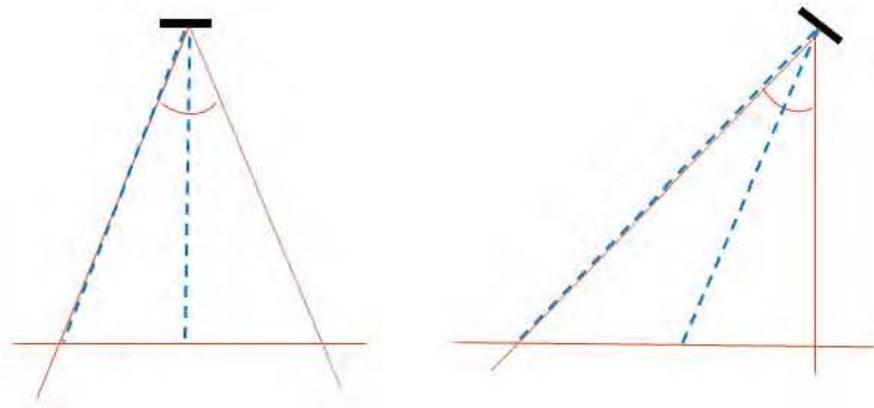


<그림 31> 깊이 카메라로 찍은 실제 측사

깊이 카메라를 이용한 실험 결과, 통상의 영상 카메라를 이용할 경우 발생하는 여러 어려움이 깊이 정보를 이용함으로써 일시에 제거되고 정확한 승가 검출이 가능함을 확인하였지만 현재 깊이 카메라의 촬영범위가 영상 카메라의 촬영범위와 비교하여 최대 3m 높이에서 가로, 세로 3m의 범위만을 지원하여 하나의 측사에 여러 대의 깊이 카메라를 설치해야 하는 문제점이 있다. 이는 여덟 번째 연구인 다중 깊이 카메라를 이용하여 깊이 정보 프레임 보정을 이용한 승가행위 검출 방법을 이용하여 해결 가능하다.

9. 깊이 정보 보정을 이용한 승가 행위 검출 방법

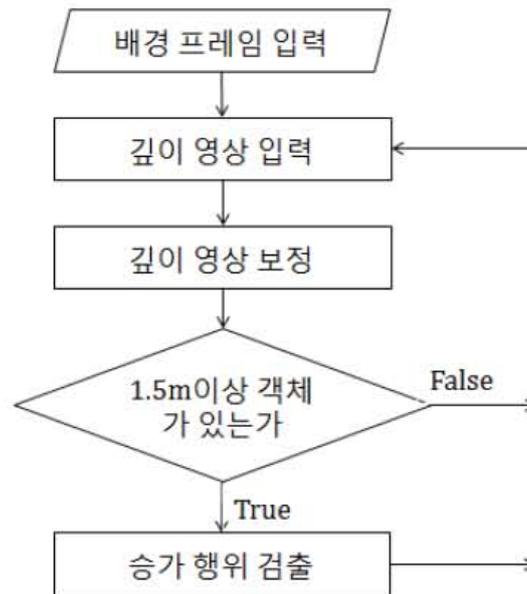
여섯 번째 연구와 상이하지만 바닥의 깊이 정보와 깊이 정보 프레임을 단순 비교를 이용한 승가 행위 검출 방법이 아닌 깊이 영상 프레임의 깊이 정보를 보정하여 승가 행위 검출을 하는 방법이다. 깊이 카메라인 키넥트 V2가 tilted downward-view의 형태로 깊이 정보를 깊이 정보 프레임에 얻어 오는 것은 tilted downward-view 형태로 깊이 정보를 촬영 하는 것일 뿐만 아니라, 방사형으로 깊이 정보를 얻어 오는 키넥트의 특성 때문에 같은 높이의 객체가 다른 위치에 있다고 가정할 때, 각각의 깊이 정보는 다른 깊이 정보가 측정 되는 것을 알 수 있다. <그림 32>에서 소가 네발로 걸어 다니는 경우 소의 등 높이가 1.3m 정도인데 반해 앞발을 들어 승가하는 경우에는 소의 높이가 1.7m까지 높아짐을 이용하여 깊이 영상 프레임을 보정하여 같은 높이의 객체가 어느 위치에서든 같은 깊이 정보를 갖도록 하고, 1.5m이상의 객체가 탐지되었는지 관찰한다. <그림 33>은 깊이 정보 프레임 보정을 이용한 승가 검출 시스템의 순서도이다.



(a) Top-view

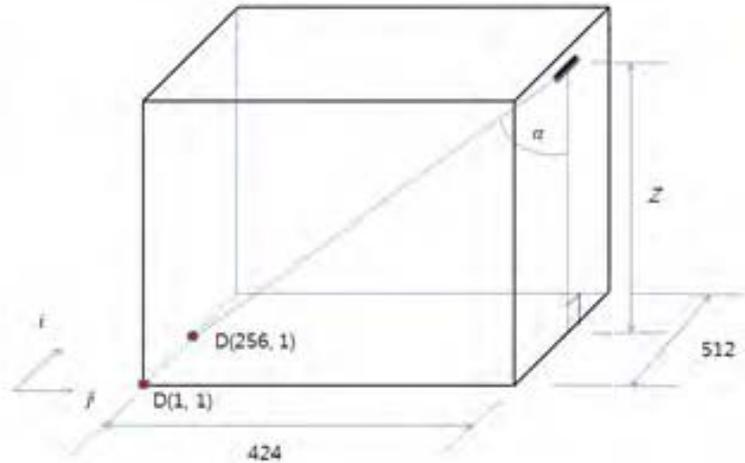
(b) Tilted - view

<그림 32> 깊이 카메라인 키넥트 V2의 방사형 촬영



<그림 33> 깊이 정보 프레임 보정을 이용한 승가 행위 검출 순서도

Tilted-downward-view 형태로 촬영된 깊이 정보 프레임을 보정하기 위해서는 깊이 정보 프레임에서 객체가 없는 바다 깊이 정보가 있어야 한다. 그러나 소를 이동시켜야 하는 번거로움과 소의 배뇨에 의한 바다 깊이 정보가 일정하지 않음에 키넥트로 부터 바닥까지의 정확한 깊이 정보를 측정하기 어렵다. 따라서 키넥트의 높이와 각도를 이용하여 근사적인 바다 깊이 정보를 생성해야 한다.



<그림 34> 근사적인 바닥 깊이 정보 생성

<그림 34>는 키넥트의 높이와 각도를 이용하여 근사적인 바닥 깊이 정보를 생성하는 방법을 보여준다. 예를 들어, 키넥트로 얻어진 깊이 정보 프레임의 해상도가 512 × 424 일 때, 바닥 깊이 정보 Dground(256, 1)은 높이 Z와 벽으로부터의 최대 각도를 이용하여 계산된다. 또한, Dground(1, 1)부터 Dground(256, 1)까지의 픽셀 개수 차와 등방 너비에 512 등분한 길이 β를 곱하여 Dground(1, 1)에서 Dground(256, 1)까지의 실제 길이를 구하고, Dground(1, 1)와 Dground(256, 1)까지의 실제 길이와 Dground(256, 1)에 해당하는 깊이 정보를 곱하여 Dground(1, 1)의 바닥 깊이 정보를 계산한다. 이러한 방법으로, α를 최대 각부터 0도까지 감소시키면서 i=256 에서의 모든 j에 위치한 깊이 정보 Dground(256, j)를 구한다. 마지막으로, 계산된 깊이 정보 Dground(256, j)를 기반으로 모든 바닥 깊이 정보 Dground(i, j)를 계산한다. 수식 (4-16)은 키넥트의 높이 Z와 픽셀까지의 각도를 이용하여 D(i, j)의 바닥 깊이 정보를 계산하는 방법을 보여준다.

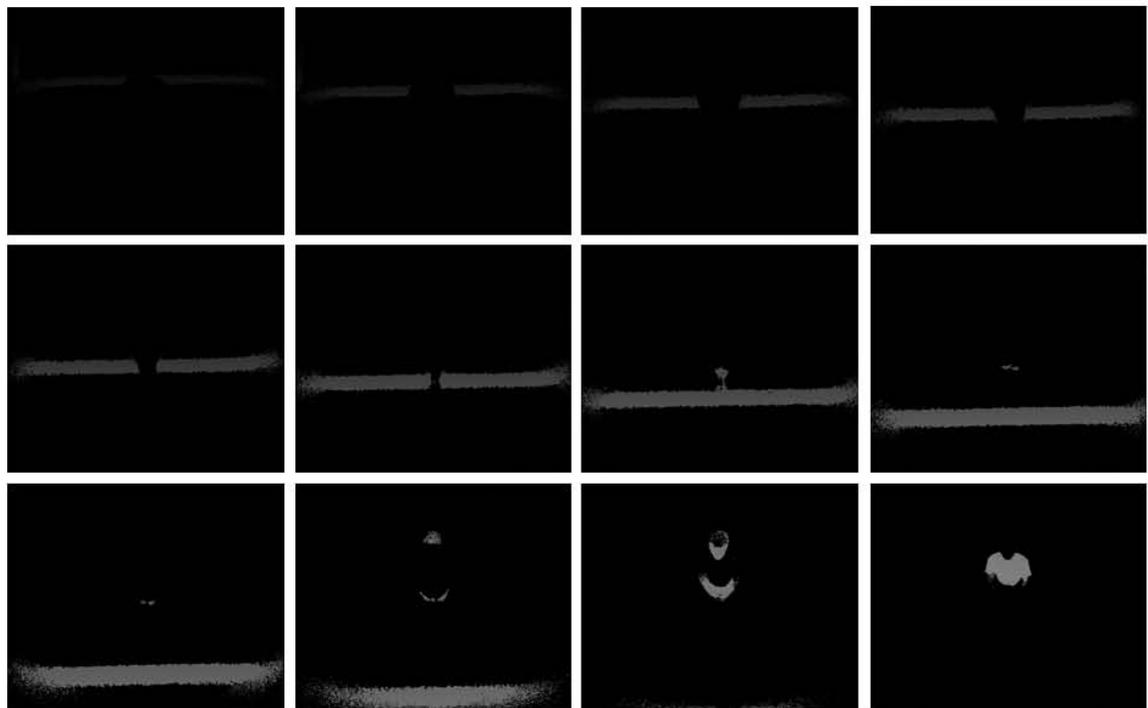
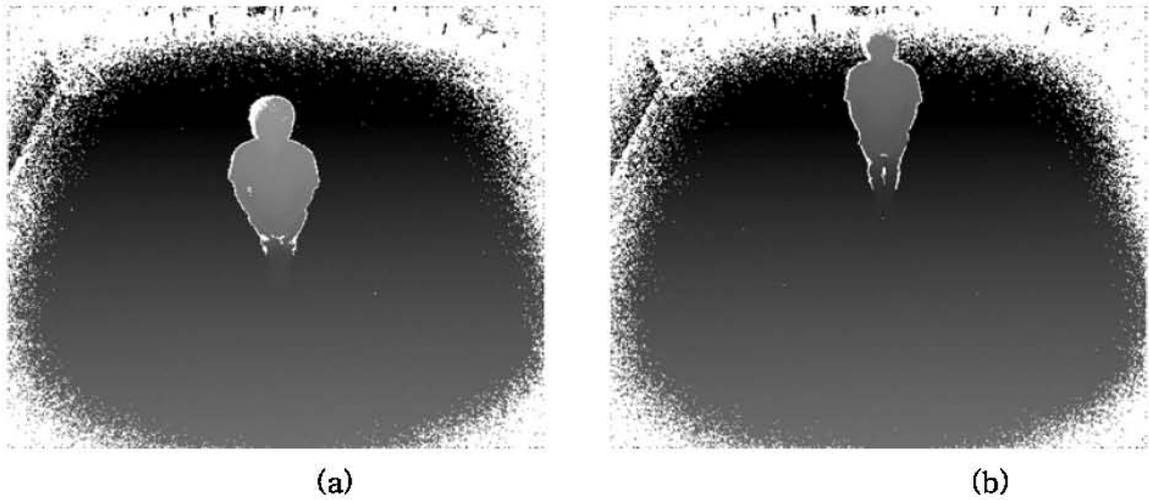
$$D_{ground}(i, j) = \sqrt{(h \times \cos(\alpha \times j))^2 + ((256 - i) \times \beta)^2}$$

(4-16)

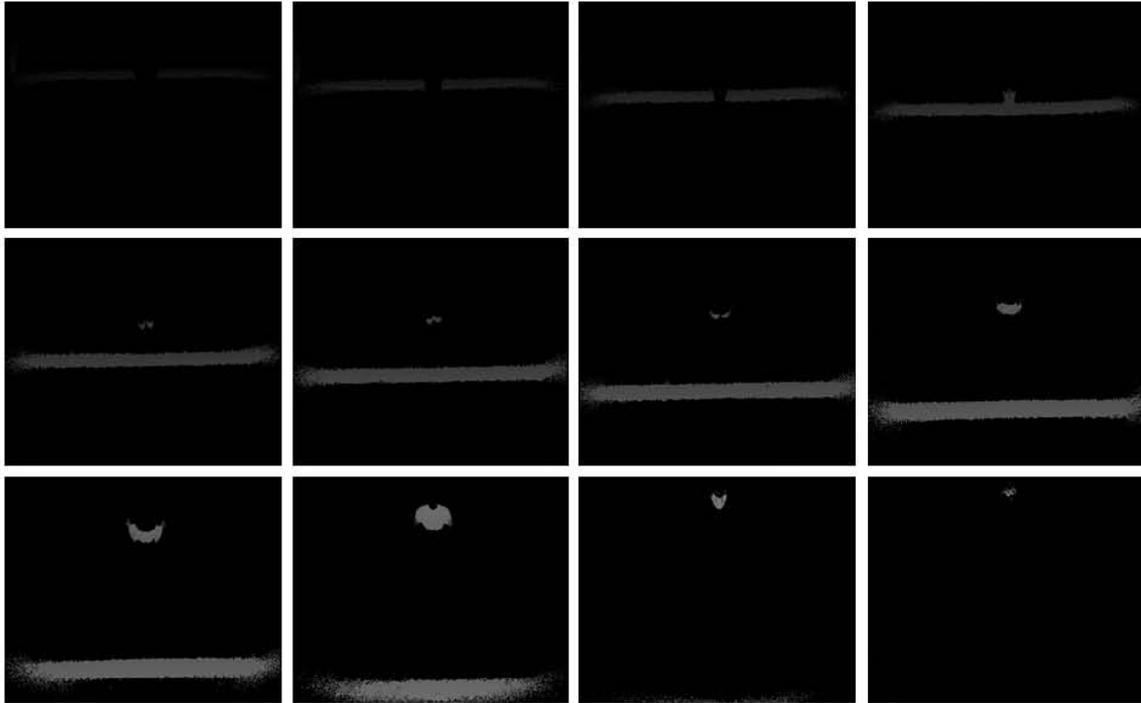
다음은 근사적으로 얻어진 바닥 깊이 정보의 중앙점 Dground(256, 212)를 기준으로 거리에 따른 깊이 정보를 보정한다. 즉, 거리에 따라 깊이 정보가 보정된 영상 Dcalibration(i, j)은 수식 (4-17)과 같이 키넥트로 부터 얻어진 깊이 영상 Dtilted(i, j)와 중앙점 Dground(256, 212)를 기준으로 거리에 따른 비율 (Dground(256, 212)/Dground(i, j))의 곱에 의해 계산된다. 예를 들어, 각 Dtilted(1, 1)부터 Dtilted(512, 424)까지의 깊이 정보는 Dground(256, 212)와 Dground(1, 1)부터 Dground(512, 424)까지의 비율과 곱을 통하여 중앙의 깊이 정보를 기준으로 보정한 깊이 정보 Dcalibration(i, j)를 생성하게 된다. (수식 (4-17) 참조)

$$D_{calibration}(i, j) = \frac{D_{ground}(256, 212)}{D_{ground}(i, j)} \times D_{tilted}(i, j) \quad (4-17)$$

깊이 정보 프레임 보정 실험을 위하여 시판중인 마이크로소프트사의 윈도우용 키넥트 V2를 tilted-downward-view의 형태로 3m 높이에 설치하였고, 키가 1.7m인 사람을 다양한 위치에서 촬영 하였다. <그림 35>는 다른 위치에서의 같은 사람을 일정한 깊이 정보의 값을 임계값을 정하여 프레임을 분할 한 모습이다.



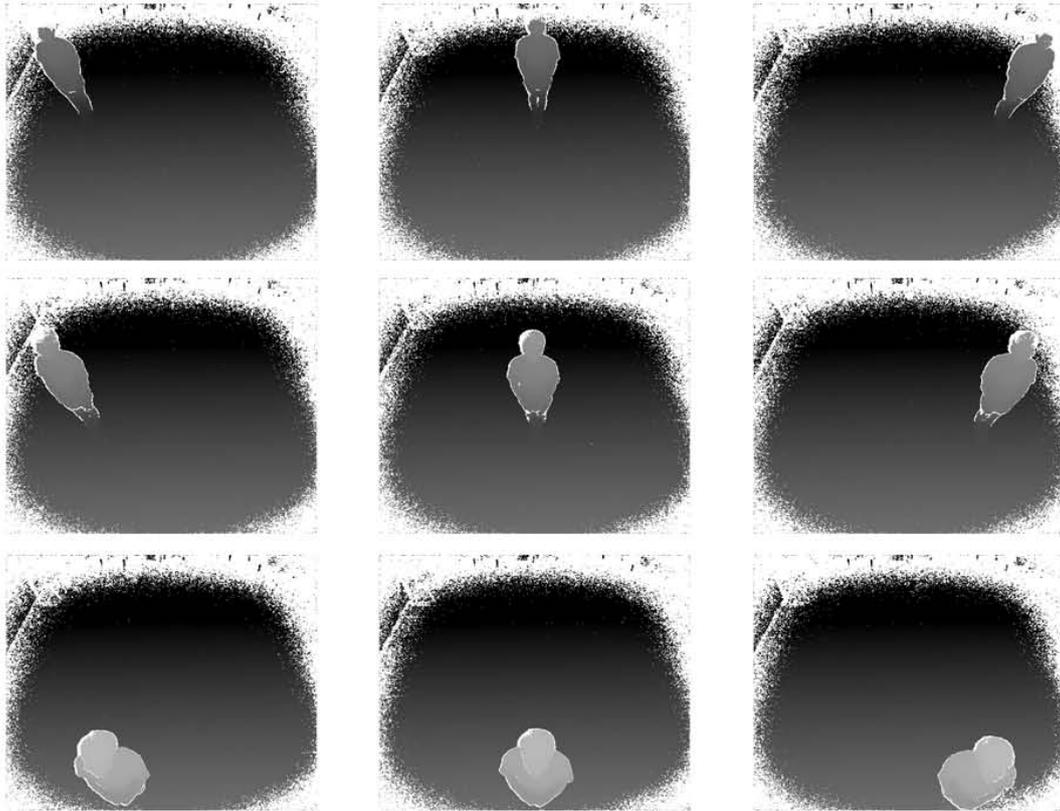
(c) (a)의 깊이정보 프레임을 구간 별로 나눈 프레임



(d) (b)의 깊이 정보 프레임을 구간별로 나눈 프레임

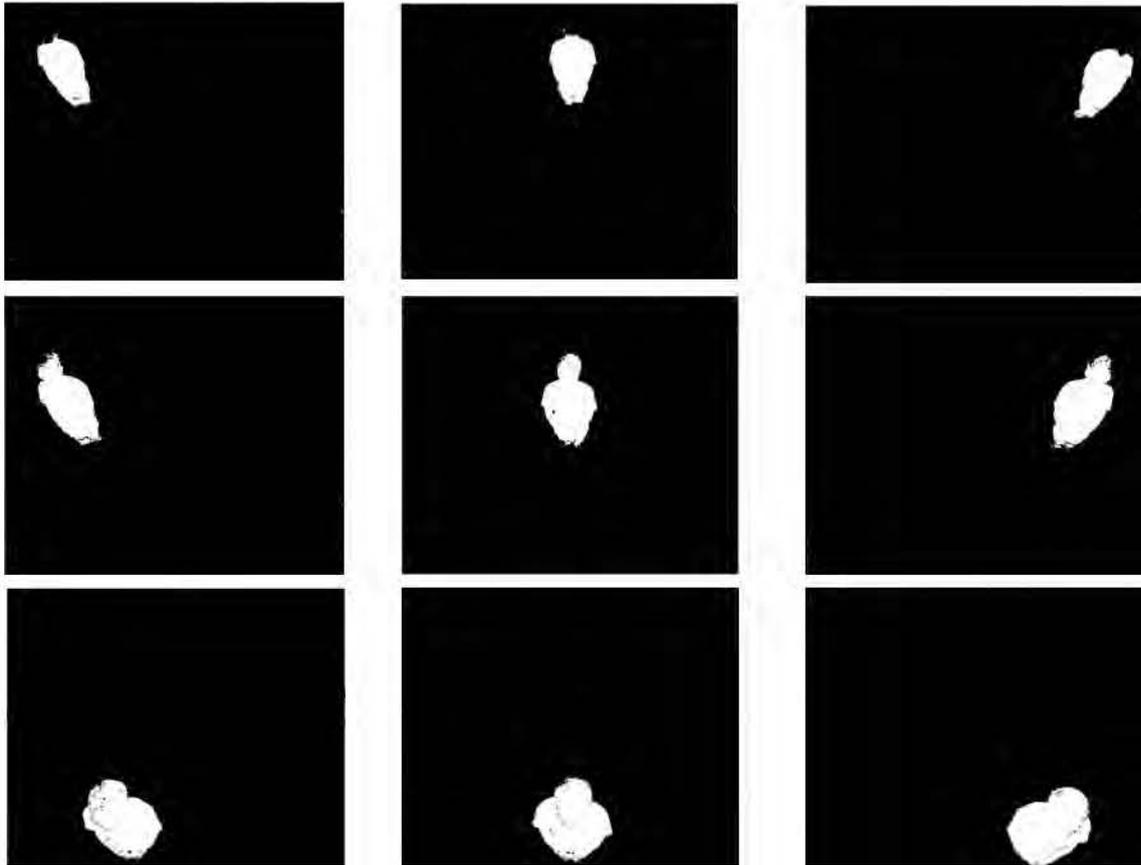
<그림 35> 다른 위치에서의 같은 사람을 일정한 깊이 정보의 임계값을 정하여 프레임을 분할 한 영상

<그림 35>에서 확인할 수 있듯이, 같은 1.7m의 사람이 다른 위치에 있을 경우 다른 위치에서 객체가 탐지 되었다. <그림 35>(a) 프레임은 <그림 35>(c)의 프레임들 중 11, 12번째에서 객체가 탐지 되었고, <그림 35>(b) 프레임은 <그림 35>(d)의 프레임들 중 9, 10번째에서 객체가 탐지 되었다. 이처럼 같은 높이의 객체가 다른 위치에 있을 때 같은 다른 깊이 정보 값으로 촬영이 되고, 깊이 정보 프레임의 보정이 필요하다는 것을 알 수 있다.



<그림 36> Tilted-downward-view 형태로 깊이 정보 프레임을 촬영

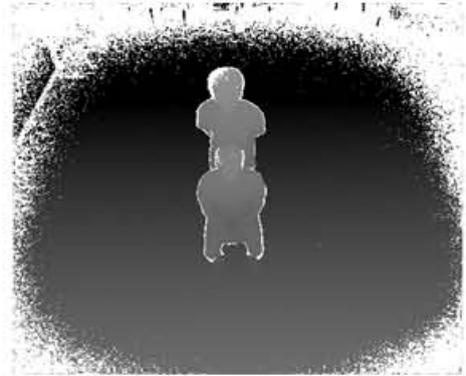
<그림 36>은 키넥트가 tilted-downward-view 형태로 깊이 정보 프레임을 촬영할 때, 약 4m × 4m 정도의 촬영 범위를 9개의 범위로 나누는 후 1.7m의 사람이 서있는 프레임들이다. <그림 35>에서 확인 할 수 있듯이 같은 객체가 다른 위치에 위치해 있을 때, 각 깊이 정보 프레임들에 있는 일정한 높이의 객체는 같은 깊이 정보 값을 갖고 있지 않다. 근사적인 바닥 깊이 정보 프레임을 만들고 중앙을 기준으로 보정하였다. 즉, 높이 3미터인 높이의 키넥트 V2로 촬영한 깊이 정보 프레임의 근사적인 바닥 깊이 정보를 생성하고, 깊이 정보 프레임과 근사적인 바닥 깊이 정보를 보정한다.



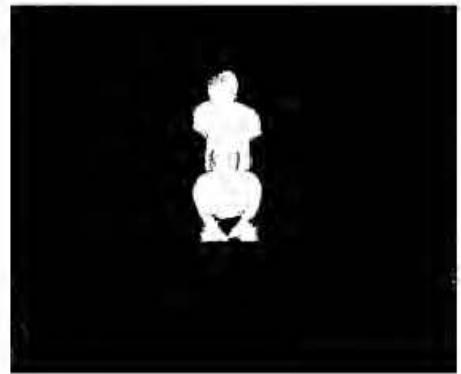
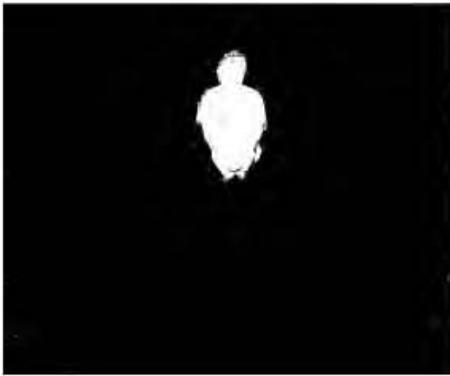
<그림 37> 임계값 이상만 표현한 프레임

<그림 37>은 tilted-downward-view 형태로 깊이 정보 프레임을 촬영할 때, 약 4m × 4m 정도의 촬영 범위를 9개의 구역을 나누는 후 1.7m의 사람이 서있는 프레임들을 근사적인 바닥 깊이 정보 프레임과 연산 보정한 결과 프레임들을 일정한 임계값 이상으로만 표현한 것이다. 실험 결과, <그림 36>과는 다르게 같은 높이의 객체들이 다른 위치에 위치해 있더라도 같은 임계값으로 탐지 할 수 있었다.

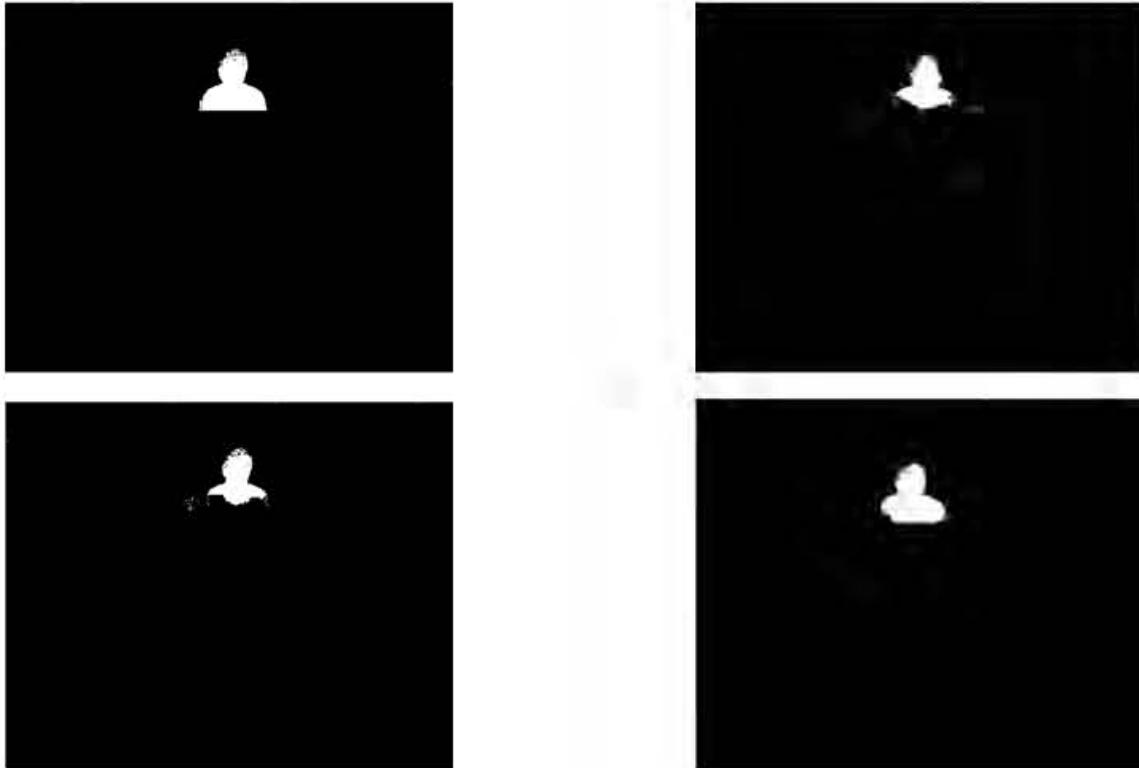
승가 검출 관련 실험을 위하여 시판중인 키넥트 V2를 tilted-downward-view의 형태로 3m 높이에 설치하였다. 키가 1.7m인 사람이 가운데 서 있고 앉은키의 높이가 1.5m인 사람이 서 있는 사람의 네 방향에서 앉아 있는 모습을 촬영한 <그림 38>(a)를 서있는 사람이 승가 행위를 시도하는 소이고, 앉아 있는 사람이 승가 행위의 밑 부분에 있는 소이거나, 일반 네 다리로서 있는 소라고 가정한다. 깊이 정보 프레임을 보정하여 앉은 사람은 탐지 되지 않는 1.5m 이상, 1.8m 이하의 구간만 탐지하여 승가 행위를 한 소의 머리가 탐지될 수 있는 실험을 수행하였다.



(a)



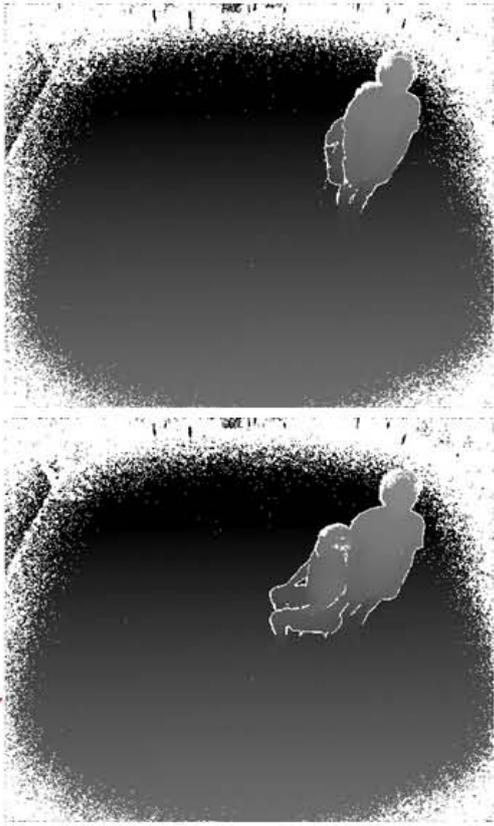
(a)



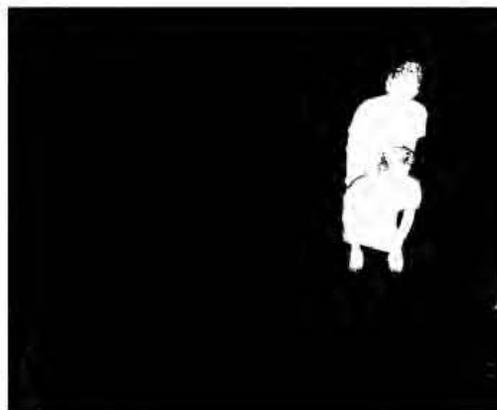
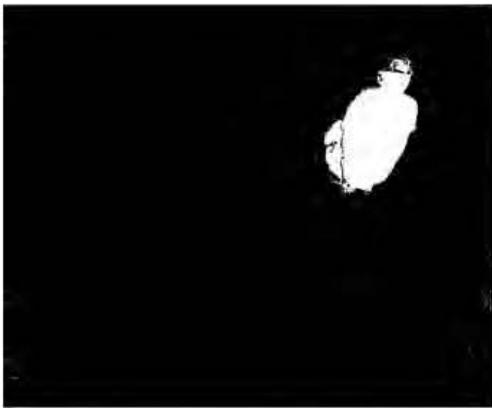
(c)

<그림 38> 깊이 값에 임계값을 설정한 프레임

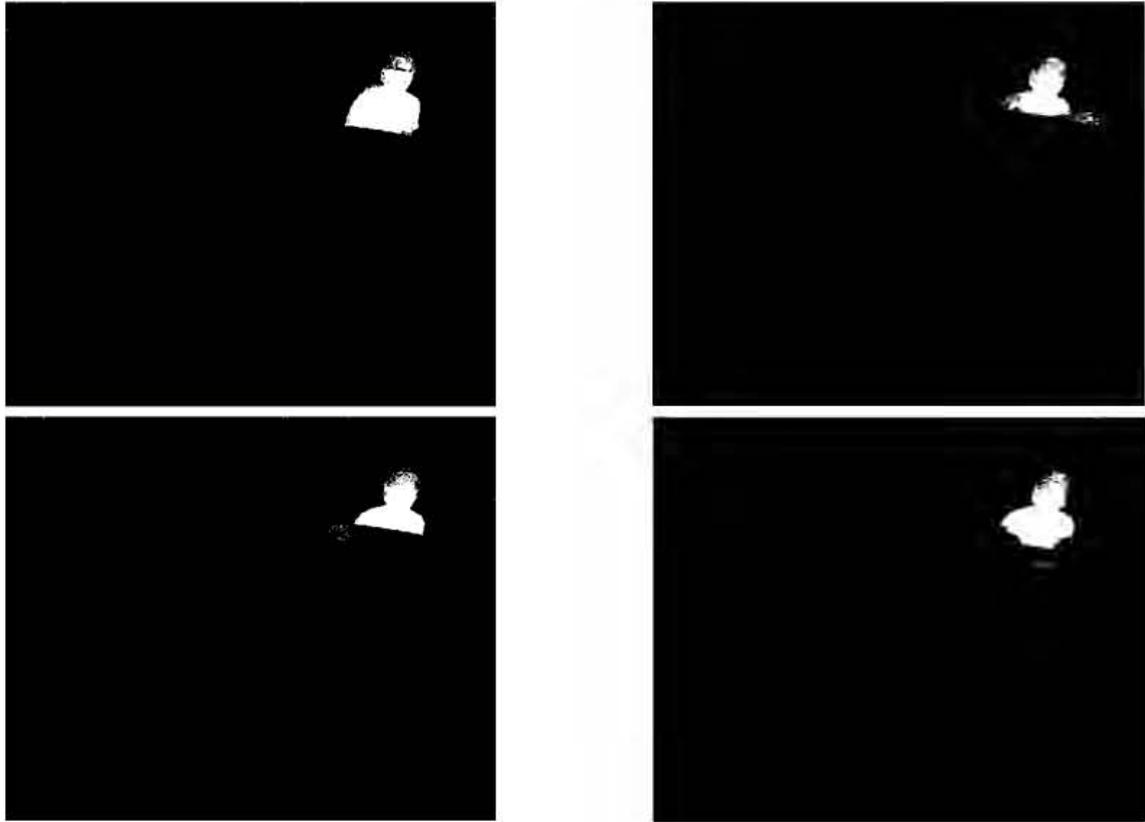
<그림 38>(c)는 <그림 38>(a)를 깊이 정보 보정한 <그림 38>(b)를 1.5m부터 1.8m의 구간만 탐지하도록 임계값을 설정한 프레임이다. 소가 네발로 걸어 다니는 경우와 승가 행위에 있어서 밀에 위치하는 소의 등 높이가 1.5m 일 때 네발로 걸어 다니는 소의 경우와 승가 행위에 있어서 밀에 위치하는 소는 탐지가 되지 않는다. 반면, 앞발을 들어 승가 행위를 하는 소의 경우에는 소의 높이가 1.7m까지 높아짐에 보정한 깊이 정보 프레임은 1.5m부터 1.8m의 구간만 탐지하도록 임계값을 지정 했을 때, 승가 행위를 한 소의 머리를 탐지 할 수 있다. 즉, 1.5m부터 1.8m의 구간의 객체가 탐지 되었을 때, 승가 행위라고 판단 할 수 있다.



(a)

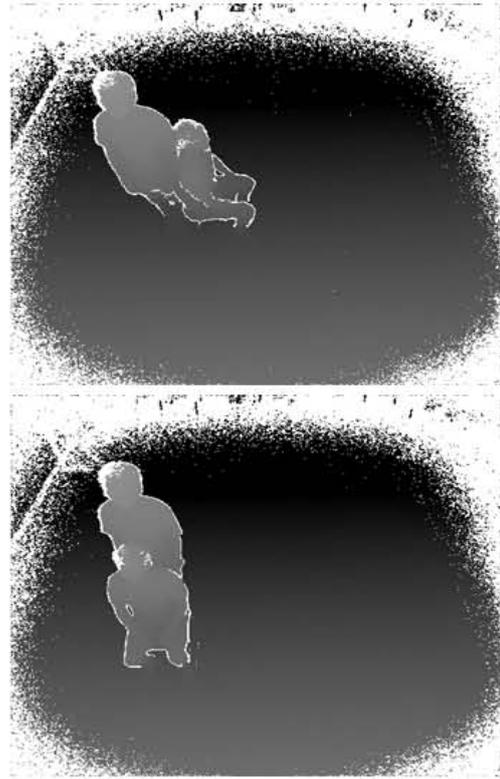


(b)

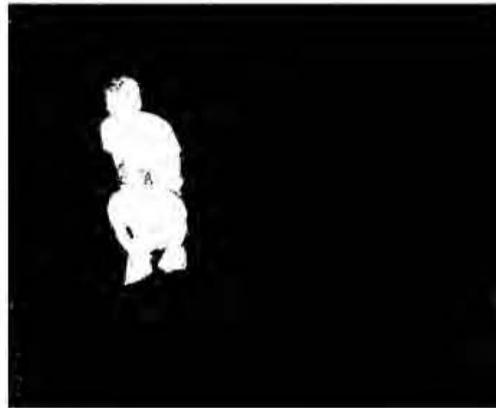
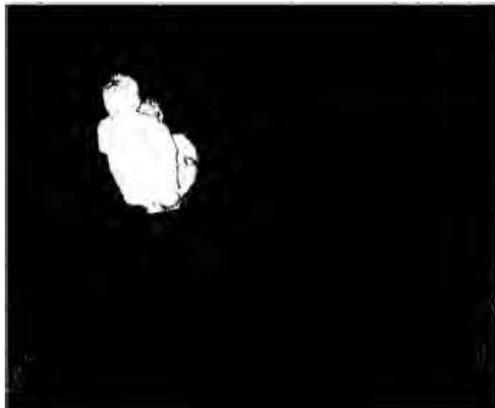


(c)

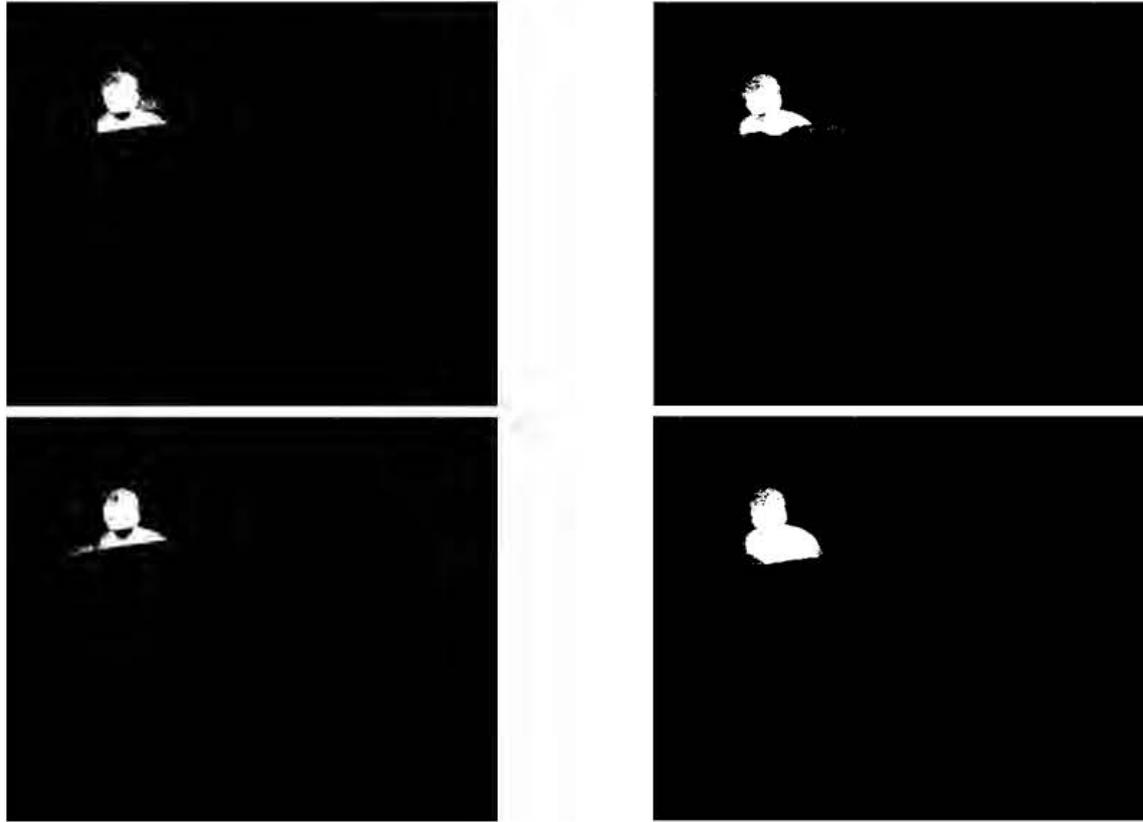
<그림 39> 카메라 우측에서 깊이 값에 임계값을 설정한 프레임



(a)



(b)



(c)

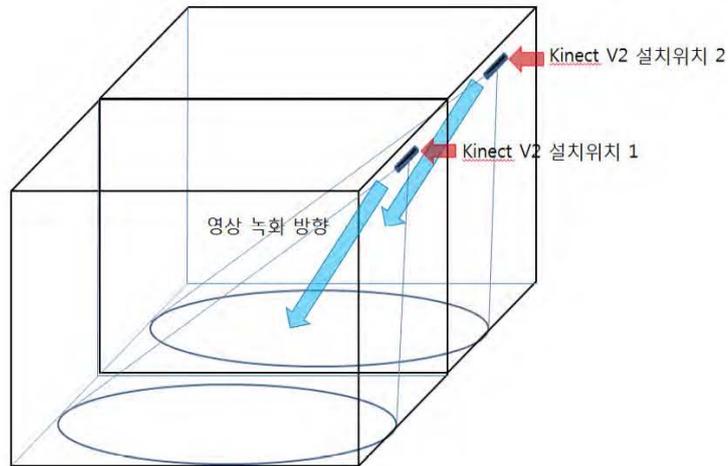
<그림 40> 카메라 좌측에서 깊이 값에 임계값을 설정한 프레임

<그림 39>와 <그림 40>은 <그림 38>과 같은 실험 방법으로 다른 위치에서 실험한 것으로, <그림 38>과 같이 어느 위치에서든 소가 네발로 걸어 다니는 경우와 승가 행위에 밀에 있는 소는 탐지가 되지 않는 반해, 앞발을 들어 승가 행위를 하는 소의 경우에는 임계값을 지정했을 때, 승가 행위를 한 소의 머리를 탐지 할 수 있다고 판단된다.

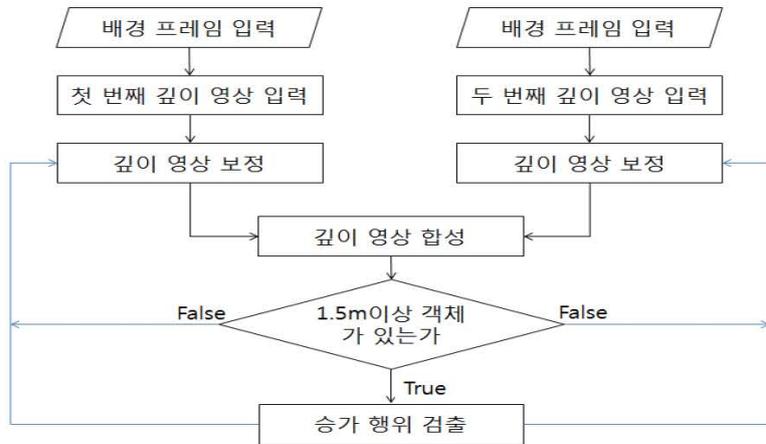
9. 깊이 카메라의 촬영 범위를 해결하기 위한 연구, 다중 깊이 카메라 환경에서의 깊이 정보 프레임 보정을 이용한 승가 행위 검출 방법

한 개의 tilted-downward-view 형태로 촬영하는 키넥트 V2(깊이 카메라)는 현재 우방의 구역을 모두 촬영하지 못 한다는 문제점이 있다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 여러 대의 키넥트 V2 환경에서 프레임 보정과 합성을 이용하여 더 넓은 구역을 촬영한다. 각각의 키넥트에 맞는 근사적인 바닥 깊이 정보를 만들고, 각각의 깊이 정보 프레임을 만든 각각의 근사적인 바닥 깊이 정보를 이용하여 깊이 정보 프레임을 보정한다. 즉, <그림 41>처럼 우방의 한쪽에 tilted-downward-view 형태의 키넥트 V2를 2대 설치 후 설치위치 1에서 촬영하는 키넥트의 깊이 정보 프레임을 첫 번째 깊이 영상 입력, 설치위치 2에서 촬영하는 키넥트의 깊이 정보 프레임을 두 번째 깊이 영상 입력이라고 지칭할 때, <그림 42>와 같이 첫 번째 깊이 영상 입력과 두 번째 깊이 영상을 각각 보정 이후 두 개의 깊이 영상 프레임을 합성한다. <그림 42>는 깊이 정보 프레임 보정을 이용한 승가 검출 시스템의 순서도이다. <그림 43>은 두 대의 깊이

영상 카메라에서 같은 깊이 값을 가지도록 보정한 이미지를 보여주는 실험 결과이다.

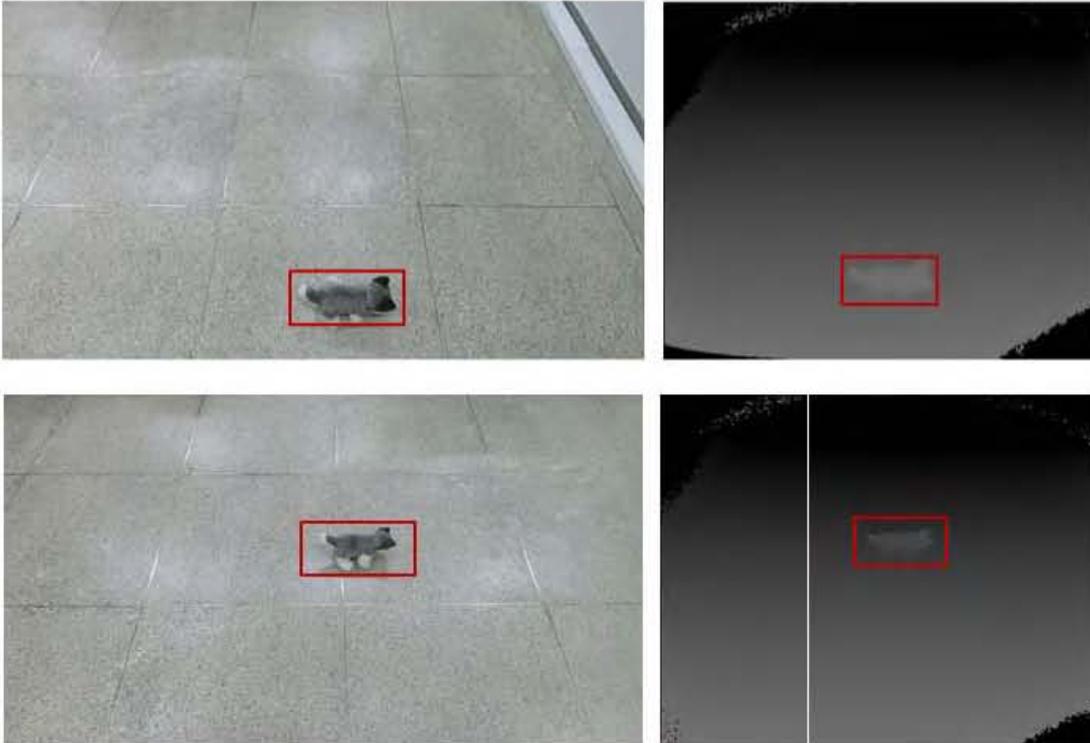


<그림 41> Tilted-downward-view 형태의 다중 깊이 카메라



<그림 42> 깊이 정보 프레임 보정을 이용한 승가 검출 순서도

이와 같은 방법으로 깊이 카메라의 촬영범위에 대한 기기적인 한계가 해결되고, 실제 측사 환경에서 승가 여부를 탐지하는 실험과 깊이 정보를 이용한 추적(트래킹) 기술과 연계하면 더욱 완벽한 발정 감시 카메라 환경이 가능할 것으로 기대된다.



<그림 43> 두 대의 깊이영상 카메라에서 같은 깊이 값을 가지도록 보정한 이미지

10. 영상처리기술 이용 한우 발정감지 시스템의 장단점

○ PC에서는 RGB영상과 깊이 맵(Depth map) 정보의 저장 및 분석을 수행한다. 초기 연구 개발용으로 사용하기 때문에, 전용 임베디드 장비보다 비싸다는 단점이 있으나 초기 연구 개발을 위하여 장비에 사용되는 프로그램의 수정이 쉽게 가능하다는 장점이 있다.

○ 네트워크 카메라는 카메라로부터 얻은 영상을 추가적인 변환 없이 LAN케이블을 통하여 PC에 바로 저장이 가능하다. 축사 우방의 외부 측면에 카메라를 부착하여 얻어진 영상을 MHI(Motion History Image), GMM(Gaussian Mixture Model), Optical Flow기법 등을 사용하여 분석하였고, 분석된 결과를 바탕으로 한우의 승가행위 탐지를 수행한다. 우방의 외부 측면에 설치를 하였기 때문에 카메라와 우방 사이에 움직이는 개체가 있는 경우, 오탐지가 발생할 가능성이 있는 단점이 있지만, 우방의 외부에 설치가 되었기 때문에 한우에 의하여 장치가 파손되지 않는 장점이 있다.

○ Kinect V2는 RGB기반의 영상 뿐 아니라 깊이 맵(Depth map) 정보를 얻을 수 있다. 특히, Kinect V2의 경우 Kinect V1보다 해상도 및 최대/최소 탐지거리가 개선되어 출시되었다. 한우가 승가행위를 하였을 경우에 깊이 맵 정보를 사용하여 한우의 높이를 측정 할 수 있고, 측정된 높이로 한우의 승가행위를 탐지 할 수 있다. 하지만 한우축사에서 한 개의 우방 크기가 Kinect V2로 촬영 가능한 범위보다 크기 때문에 한 대의 Kinect V2로는 우방을 전부 탐지가 불가능한 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 두 대의 키넥트를 우방에 설치하였고, 연구 수행시

간 중 두 대의 키넥트에서 획득되어진 깊이 맵 데이터를 합성 및 보정하는 방법을 개발하였다.

11. 영상처리기술 이용 한우 발정감지 시스템의 단가 분석

종류	세부항목	제품명	가격(원)	수량(개)	총액
데이터 저장 및 분석용 PC	CPU	인텔 코어i3-4세대 4160 (하스웰 리프레시)	140,850	1	140,850
	메인보드	ASUS H81M-K iBORA	58,200	1	58,200
	메모리	삼성전자 DDR3 4G PC3-12800	27,400	1	27,400
	하드 디스크	Seagate 500GB Barracuda ST500DM002	53,500	1	53,500
	파워	마이크로닉스 Classic II SE 500W +12V Single Rail 85+	43,000	1	43,000
	모니터	에스지컴퓨터 TRITON-200TN	97,870	1	97,870
네트워크 카메라		삼성테크윈 IP카메라 SNF-7010	650,000	1	650,000
깊이 영상 카메라		Kinect V2	196,000	2	392,000

12. 결론

Tilted-downward view로 획득된 영상 정보에서 optical flow에 의해 계산된 움직임 벡터의 크기와 방향 정보를 이용하여 승가 탐지가 가능함을 확인하였다. 그러나 optical flow 자체가 가지고 있는 에러에 의한 승가 탐지 오류 가능성을 확인하였다. 또한, Tilted-downward view로 획득된 영상 정보에서 움직임 벡터와 SVDD를 이용하여 승가 탐지가 가능함을 확인하였다. 그러나 보다 정확한 판단을 위해서는 학습에 필요한 다수의 승가 영상이 필요하지만 tilted-downward view로 획득된 승가 영상이 충분치 않아 더 이상의 정확도 개선을 확인하지는 못하였다. 특히 tilted-downward view로 획득된

영상 정보를 이용하면 축사의 바닥면과 소의 색깔이 유사하여 발생하는 어려움과 카메라 축을 향하여 걸어오는 경우와 카메라를 바라보며 승가하는 경우를 구분하기 어려운 한계가 있음을 확인하였다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 side view로 획득된 영상 정보를 이용하는 방법을 검증하였다. Side view로 획득된 영상 정보에서 축사내 복잡한 구조물의 영향을 최소화하기 위하여 카메라의 높이 및 위치를 도출하였고, 획득된 측면 영상에서 upward/downward 모션 벡터의 크기를 활용하면 승가 탐지가 가능함을 확인하였다. Side view로 획득된 영상 정보에서 GMM(Gaussian Mixture Model) 기법을 적용하면 전경과 배경을 구분할 수 있고 이 정보를 추가로 사용하면 승가 탐지의 정확도가 개선됨을 확인하였다. 또한, side view로 획득된 영상 정보에서 소의 승가 행위 움직임과 카메라 앞을 걸어가는 사람의 움직임이 유사함을 확인하였고, 이에 대한 구분을 하기 위해 컬러 히스토그램 기법을 통해 얻은 소의 털 색상 모델을 이용하면 승가 탐지의 정확도가 개선됨을 확인하였다. 마지막으로, side view로 획득된 영상 정보에서 Motion History Image(MHI) 기법을 적용하면 움직임의 과거 정보를 축적하여 활용함으로써 축사 내 울타리와 같은 구조물에 의한 객체 가림 현상이 있을 때의 승가 탐지 정확도가 획기적으로 개선됨을 확인하였다. 복수의 카메라를 측면에 설치하고 MHI 기법을 적용하면 승가 행위가 축사 시설물이나 다른 승가 행위에 가려진 경우(occlusion)도 탐지할 수 있음을 확인하였다. 만약 승가 행위를 한 소를 추적해야 하는 필요성이 있는 경우에 side view로 획득된 영상 정보를 이용하면 occlusion의 문제 때문에 많은 어려움이 존재한다. 이러한 어려움을 해결하기 위하여 tilted-downward view로 획득된 깊이 정보(키넥트 등 깊이 카메라 이용)를 이용한 실험을 수행하였다. 추가 실험 결과, tilted-downward view로 획득된 깊이 정보를 이용하면 통상의 영상 카메라를 이용할 경우 발생하는 여러 어려움이 일시에 제거되고 매우 정확한 승가 탐지가 가능함을 확인하였다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1절. 연구목표 및 평가착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도

구 분	평가의 착안점 및 척도		
	착 안 사 항	척 도 (점수)	달성도 (%)
1차년도	○ 가속도센서를 이용한 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발 여부	34	100
	○ 발정음 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 알고리즘 개발 여부	33	100
	○ 승가허용행동 등을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 알고리즘 개발 여부	33	100
2차년도	○ 가속도센서/IR센서 기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발	34	100
	○ 음성인식기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발	33	100
	○ 영상처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 및 수정적기 판단 시스템 개발 여부	33	100
3차년도	○ u-IT (IR센서기술) 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능평가 여부	34	100
	○ u-IT (음성인식기술) 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능평가 여부	33	100
	○ u-IT (영상처리기술) 기반 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발 및 현장 성능평가 여부	33	100

2절. 관련분야의 기술발전에의 기여도

□ 학문 발전적 측면

- 음성인식기술, 활동량측정기술 및 영상처리기술 등을 이용하여 한우 번식우 발정 모니터링 시스템 구축
- 한우산업의 숙원인 발정 감지 및 수정적기 예측 문제를 효과적으로 해결할 수 있을 뿐만 아니라 한우산업의 첨단 시설 응용을 통한 경쟁력 강화
- 축산시설 자동화 분야의 전문가 양성과 학문 발전에 지대한 기여
- 음성인식기술, 활동량측정기술 및 영상처리기술 등은 가축의 발정 감지 및 수정적기 판단, 질병 진단, 복지 상태 파악 및 행동 습성 파악 가능
- 최첨단 음성인식기술, 활동량측정기술 및 영상처리기술 등을 축산 분야의 연구기술 개발과 광범위한 활용 가능
- 발정 특이음, 활동량 증가, 승가허용행위와 발정 감지 및 수정적기 간의 관계를 규명함으로써 축산업의 경쟁력을 제고

□ 경제적·산업적 측면

- 정확한 발정 감지를 통하여 수태율을 향상시킴으로써 공태기간의 사료 손실을 최소화
- 발정 미감지에 따른 공태로 인한 피해는 연간 1,000억 정도 예상되고 있는 바, 발정 미감지로 인한 피해를 자동 감지기술을 이용하여 정확하게 발정 감지함으로써 한우농가의 소득증대
- 공태기간에 따른 사료비 등과 같은 유동비와 송아지 미생산으로 인한 손실 최소화 및 국제적 경쟁력 제고
- 한우농가를 포함한 낙농, 양돈가에 적용함으로써, 발정감지 및 수정적기를 예측함으로써 축산농가 경쟁력 강화

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1절. 실용화·산업화 계획

- 특허출원(등록)된 기술 중에 “승가허용행위 정보를 이용한 소 발정 감지 장치 및 방법”을 참여기업인 ㈜텔레비트에 기술이전과 사업화를 실시할 계획임
- 한우협회 및 지자체 등과의 협조를 통하여 시범을 실시함으로써 제품의 판매 및 보급을 확대해갈 계획임
- 농축산기계박람회 등에 적극적으로 참여하여 개발제품을 홍보할 계획임
- 참여기업이 주도적으로 축산관련 잡지를 이용하여 홍보할 계획임

2절. 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획

- 연구결과물 중에 현재까지 논문으로 게재되지 않은 결과물들을 차후 2015년과 2016년 중에 논문으로 작성한 후 투고하여 게재할 계획임
- 연구결과물의 일부를 본 연구에 참여한 대학원생의 학위논문으로 이용함으로써 인력양성에 활용할 계획임
- 각종 축산농가교육에 적극적으로 참여하여 연구결과를 교육하고 지도할 계획임
- 신문 등의 언론매체(연합뉴스, 경남신문, 농민신문, 국제신문, 일요신문, 뉴스타운, 뉴시스, 한국대학신문, DiCDeO 등)를 통해 개발기술에 대하여 이미 9건 이상 홍보를 하였으며, 앞으로도 계속 적극적으로 홍보할 계획임



- 한우협회 및 지자체 등과의 협조를 통하여 시범을 실시함으로써 제품의 판매 및 보급을 확대해갈 계획임
- 농축산기계박람회 등에 적극적으로 참여하여 개발제품을 홍보할 계획임
- 참여기업이 주도적으로 축산관련 잡지를 이용하여 홍보할 계획임

3절. 특허 및 논문 등 지식재산권 확보계획

1. 특허출원(등록)을 통한 지식재산권 확보

- IR센서기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발에서는 다음과 같이 특허출원하였음

[출원특허명칭] 승가허용행위 정보를 이용한 소 발정 감지 장치 및 방법

- 출원번호 : 10-2014-0068364
- 출원일자 : 2014. 06. 05

- 영상처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발에 대하여 다음과 같이 특허출원하였음

[출원특허명칭] 깊이 정보를 이용한 동물의 머리 탐지 시스템 및 그 탐지 방법

- 출원번호 : 10-2014-0061328
- 출원일자 : 2014. 5. 22

[출원특허명칭] 유틸리티 플로우와 가우시안 혼합 모델을 이용한 동물들의 승가 행위 탐지 시스템 및 그 탐지 방법

- 출원번호 : 10-2014-0077303
- 출원일자 : 2014. 6. 24

[출원특허명칭] Cattle Monitoring System using Depth Information

- 출원번호 : 10-2014-0061328(PCT)
- 출원일 : 2014. 12. 1

- 음성처리기술을 이용한 한우 번식우 발정 감지 시스템 개발에 대하여 다음과 같이 특허출원 및 등록하였음

[출원특허명칭] 특징 벡터 생성 알고리즘을 적용한 가축의 발정기 소리 탐지 장치 및 방법

- 출원번호 : 10-2012-0132621
- 출원일자 : 2012. 11. 21

[등록특허명칭] 특징 벡터 생성 알고리즘을 적용한 가축의 발정기 소리 탐지 장치 및 방법

- 등록번호 : 10-1367418
- 등록일자 : 2014. 2. 19

[등록특허명칭] 오디오 데이터 식별 장치와 그 방법 및 오디오 데이터 식별을 이용한 방법 시스템

- 등록번호 : 10-1213085
- 등록일자 : 2012. 12. 11

- 현재까지 개발된 기술 중에 특히 출원이 되지 않은 기술에 대해서는 빠른 시일 내에 특허 출원할 계획임

2. 논문 발표를 통한 지식재산권 확보

- [국내논문] Algorithm for Detecting Estrus in Hanwoo Cows. Journal of Agriculture & Life Science. 49(3). pp.123-131. (2015) - KSCI
- [국내논문] 움직임 벡터와 SVDD를 이용한 영상 감시 시스템에서 한우의 특이 행동 탐지. 정보처리학회 논문지: 소프트웨어 및 데이터 공학. 2(11). (2013) - KSCI
- [국제논문] Automatic Detection of Cow's Oestrus in Audio Surveillance System. AJAS(Asian-Australasian Journal of Animal Sciences). 26(7). pp. 1030-1037. (2013) - SCIE
- [국제논문] Automated Detection of Cattle Mounting using Side-View Camera. TIIIS. 9(8). (2015) - SCI
- [국내학술대회] 한우 발정기 발성음의 특징 벡터 생성. 한국정보처리학회 추계학술발표대회. 19(2). pp. 1154-1157. (2012)
- [국내학술대회] 소리 정보를 이용한 한우의 발정기 탐지. 한국정보과학회 춘계학술대회. pp. 1438-1439. (2013)
- [국내학술대회] 한우 발정기 탐지를 위한 소리 특징 선택. 한국정보과학회 춘계학술대회. pp. 1432-1434. (2013)
- [국내학술대회] 소음이 있는 축사 내에서의 소 소리 획득 및 발정기 탐지 프로세스. 한국정보과학회 추계학술대회. pp.640-642. (2013)
- [국내학술대회] 가축 감시 카메라 환경에서 승가 검출. JCCL. (2013)
- [국내학술대회] 한우사에서 승가 검출을 위한 카메라 위치. 정보처리학회 추계학술대회. (2013)
- [국내학술대회] 비디오 감시 시스템에서 한우의 특이 행동 탐지. 정보과학회 추계학술대회. (2013)
- [국내학술대회] 깊이 정보를 이용한 승가하는 소의 머리 탐지. 정보처리학회 춘계학술대회. (2014)
- [국내학술대회] 가축 감시 카메라 환경에서 Motion History Image 기법을 이용한 승가 상황 검출. 정보처리학회 춘계학술대회. (2014)
- [국내학술대회] 소리 주파수 특성을 이용한 한우의 발정기 탐지. 한국인터넷정보학회 추계학술대회. pp.323-324. (2014)
- [국내학술대회] 다중 키넥트 환경에서 승가 탐지를 위한 깊이 정보 보정. 전자공학회 하계학술대회. (2015)
- [국외학술대회] Automated Detection of Mounting in Cattle Monitoring Application. ICCCT. (2013)
- [국외학술대회] Formant-based Acoustic Features for Cow's Estrus Detection in Audio Surveillance System. IEEE International Conference on Advanced Video and

Signal-Based Surveillance (AVSS). pp. 236-240. (2014)

[국외학술대회] Automated Detection of Cattle Mounting using Motion and Color Information. ICCTAI. (2014)

[국외학술대회] Automated Detection of Cattle Mounting with Motion History Image Method. ICONI. (2014)

○ 현재까지 개발된 기술 중에 논문으로 게재되지 않은 기술에 대해서는 빠른 시일 내에 논문으로 게재할 계획임

3. 프로그램 등록을 통한 지식재산권 확보

[등록프로그램명칭] 소음이 있는 실내 환경에서의 소리 끝점 추출 프로그램

- 등록번호: C-2014-012624

- 등록일자: 2014. 05. 30

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

○ 해당 없음

제 7 장 연구시설·장비 현황

○ 해당 없음

제 8 장 연구실 안전관리 이행실적

* 매년 연구실원들이 교내 안전관리 교육을 이수하였으며, 또한 자체 일지를 작성하였음

- 다음과 같이 주간일지 양식에 따라 연구실 안전관리 점검 및 일지를 작성하였음

날짜																	
점검 유무																	
2012년	08/10	08/17	08/24	08/31	09/07	09/14	09/21	09/28	10/05	10/12	10/19	10/26	11/02	11/09	11/16	11/23	11/30
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	12/07	12/14	12/21	12/28													
	○	○	○	○													
2013년	01/04	01/11	01/18	01/25	02/01	02/08	02/15	02/22	03/01	03/08	03/15	03/22	03/29	04/05	04/12	04/19	04/26
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	05/03	05/10	05/17	05/24	05/31	06/07	06/14	06/21	06/28	07/05	07/12	07/19	07/26	08/02	08/09	08/16	08/23
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	08/30	09/6	09/13	09/20	09/27	10/04	10/11	10/18	10/25	11/01	11/08	11/15	11/22	11/29	12/6	12/13	12/20
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	12/27																
	○																
2014년	01/03	01/10	01/17	01/24	01/31	02/07	02/14	02/21	02/28	03/07	03/14	03/21	03/28	04/04	04/11	04/18	04/25
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	05/02	05/09	05/16	05/23	05/30	06/06	06/13	06/20	06/27	07/04	07/11	07/18	07/25	08/01	08/08	08/15	08/21
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	08/29	09/6	09/12	09/19	09/26	10/03	10/10	10/17	10/24	10/31	11/07	11/14	11/21	11/28	12/5	12/12	12/19
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	12/26																
	○																
2015년	01/02	01/9	01/16	01/23	01/30	02/06	02/13	02/20	02/27	03/06	03/13	03/20	03/27	04/03	04/10	04/17	04/24
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	05/01	05/08	05/15	05/22	05/29	06/05	06/12	06/19	06/26	07/03	07/10	07/17	07/24	07/31	08/07		
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

연구 · 실험실 자율점검 주간일지

201년 월 일

대 학: 과학기술대학 학부(과): 컴퓨터정보학과 연구 · 실험실 선임관리자: 노병준 (서명)

연구실험실명(호실) : DB 및 데이터 마이닝 연구실 (7-328)

전 화: 교내 - (1344)

H.P : (010) - (4614) - (5362)

자 체 점 검 항 목		예	아니오	해당 없음	비 고
1	실험실습일지 작성 여부	O			
	위험 및 고가기자재(3천만원 이상) 사용일지 작성 여부	O		V	
	*대학 종합 평가자료는 최근 3년을 기준으로 합니다.				
※ 2항부터는 각 실험실의 특성에 따라 자체적으로 작성하시기 바랍니다. (아래 항목의 내용은 예시)					
2	자체 안전 점검은 수시로 실시하는가?	O			
3	실험실 개인 보호장비는 잘 착용하는가?			V	
4	실험실은 항상 청결을 유지하며 잘 정리정돈 되어 있는가?	O			
5	소회기의 총면상태는 양호하며 지정된 위치에 있는가?	O			
6	구급약은 항상 비치되어 있으며 지정된 위치에 있는가?	O			
7	실험실에서 정숙하고 금연하고 있는가?	O			
8	후드는 잘 작동이 되는가?			V	
9	인화성용매는 화기 가까운곳에 두지 않았는가?			V	
10	산과 알칼리는 격리 보관하는가?			V	
11	폐수는 지정된 용기에 잘 처리하는가?			V	
12	퇴실시 난방기구 및 전원상태를 잘 확인하는가?	O			
13	안전교육은 정기적으로 받고 있는가?	O			
14	연구실험실 야간 취침금지가 잘 지켜지고 있는가?	O			
15	연구실험실 화학물질 등 가연성 물질 취급을 하는가 ?	O			

제 9 장 참고문헌

- [1] M. Saint-Dizier and S. Chastant-Maillard, "Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle", *Reproduction in Domestic Animals*, Vol. 47, No. 6, pp. 1056-1061, Jan. 2012.
- [2] J. Lee, B. Noh, S. Jang, D. Park, Y. Chung, and H.-H. Chang, "Stress detection and classification of laying hens by sound analysis", *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol. 28, No. 4, pp. 592-598, Apr. 2015.
- [3] J. Lee, L. Jin, D. Park, Y. Chung, and H.-H. Chang, "Acoustic features for pig wasting disease detection", *International Journal of Information Processing and Management*, Vol. 6, No. 1, pp. 37-46, Feb. 2015.
- [4] P. Jančovič and M. Kökür, "Automatic detection and recognition of tonal bird sounds in noisy environments", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, pp. 1-10, Mar. 2011.
- [5] F. Alipour and S. Jaiswal, "Phonatory characteristics of excised pig, sheep, and cow larynges", *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 123, No. 6, pp. 4572-4581, June 2008.
- [6] O. Deshmukh, N. Rajput, Y. Singh, and S. Lathwal, "Vocalization patterns of dairy animals to detect animal state", in *Pattern Recognition (ICPR), 2012 21st International Conference on IEEE*, pp. 254-257, 2012.
- [7] G. Jahns, "Call recognition to identify cow conditions—a call-recogniser translating calls to text", *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 62, No. 1, pp. 54-58, 2008.
- [8] Y. Chung, J. Lee, S. Oh, D. Park, H.-H. Chang, and S. Kim, "Automatic detection of cow's oestrus in audio surveillance system", *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol. 26, No. 7, pp. 1030-1037, 2013.
- [9] J. Lee, S. Zuo, Y. Chung, D. Park, H.-H. Chang, and S. Kim, "Formant-based acoustic features for cow's estrus detection in audio surveillance system", in *Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 2014 11th IEEE International Conference on IEEE*, pp. 236-240, 2014.
- [10] <http://www.fftw.org/>
- [11] R. Bachu, S. Kopparthi, B. Adapa, and B. Barkana, "Separation of voiced and unvoiced using zero crossing rate and energy of the speech signal", in *American Society for Engineering Education (ASEE) Zone Conference Proceedings*, pp. 1-7, 2008.
- [12] S. C. Yeon, J. H. Jeon, K. A. Houpt, H. H. Chang, H. C. Lee, and H. J. Lee, "Acoustic features of vocalizations of Korean native cows in two different conditions," *Applied Animal Behaviour Science*, Vol. 1, No. 1-2, pp. 1-9, 2006.
- [13] A. Fisher, R. Morton, J. Dempsey, J. Henshall, and J. Hill, "Evaluation of a new approach for the estimation of the time of the LH surge in dairy cows using vaginal

- temperature and electrodeless conductivity measurements,” *Theriogenology*, vol. 70, No. 7, pp. 1065–1074, 2008
- [14] K. A. Steen, O. R. Therkildsen, H. karstoft, and O. Green, “A Vocal-Based Analytical Method for Goose Behaviour Recognition,” *Sensors*, doi:10.3390/s120303773, 2012.
- [15] J. Hillenbrand, L. Getty, M. Clark, and K. Wheeler, “Acoustic characteristics of American English vowels,” *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 97, pp. 3099 - 3111, 1995.
- [16] E. Mercado, J. N. Schneider, A. A. Pack, and L. M. Herman, “Sound production by singing humpback whales,” *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 127, No 4, pp. 2678–2691, 2010.
- [17] M. A. Hall, “Correlation-based feature selection for machine learning,” Ph.D. Thesis, The University of Waikato, 1999.
- [18] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, “Data Mining: Concepts and Techniques,” 3rd Edition, Morgan Kaufman, 2012.
- [19] G. Eibl and K. P. Pfeiffer, “How to make AdaBoost. M1 work for weak base classifiers by changing only one line of the code,” In *Machine Learning: ECML 2002*, pp. 72–83, 2002.
- [20] P. Boersma and D. Weenink. Praat: Doing phonetics by computer [Computer program]. Version 5.3.52, 2013.
- [21] O. Deshmukh, N. Rajput, Y. Singh, and S. Lathwal, S. “Vocalization patterns of dairy animals to detect animal state,” In *Pattern Recognition (ICPR), 2012 21st International Conference on IEEE*, pp. 254–257, 2012.
- [22] R. Firk, E. Stamer, W. Junge, and J. Krieter, “Automation of oestrus detection in dairy cows: a review,” *Livestock Production Science*, Vol. 75, pp. 219–232, 2002.
- [23] P. Lovendahl and M. G. G. Chagunda, “On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows,” *Journal of Dairy Science*, Vol. 93, No. 1, pp. 249–259, 2010.
- [24] J. I. Alawneh, N. B. Williamson, and D. Bailey, “Comparison of a camera–software system and typical farm management for detecting oestrus in dairy cattle at pasture,” *New Zealand Veterinary Journal*, Vol. 54, No. 2, pp. 73–77, 2006.
- [25] M. Jalil, F. A. Butt, and A. Malik, “Short–time energy, magnitude, zero crossing rate and autocorrelation measurement for discriminating voiced and unvoiced segments of speech signals,” *International Conference on Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAEECE)*, pp. 208–212, 2013
- [26] Y. Ikeda, Y., and Y. Ishii, “Recognition of two psychological conditions of a single cow by her voice,” *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 62, No. 1, pp. 67–72, 2008.
- [27] C.D. Hockey, J.M. Morton, S.T. Norman, and M.R. McGowan, M. R. “Evaluation of a neck mounted 2 hourly activity meter system for detecting cows about to ovulate in two paddock based Australian dairy herds,” *Reproduction in Domestic Animals*, Vol.

- 45, No. 5, pp. e107–e117, 2010.
- [28] F. Alipour and S. Jaiswal, “Phonatory characteristics of excised pig, sheep, and cow larynges,” *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 123, No. 6, pp. 4572–4581, 2008.
- [29] M. Saint Dizier and S. Chastant Maillard. 2012. Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. *Reprod. Domes. Anim.*, vol. 47: pp. 1056–1061.
- [30] S. Tamgade V. Bora. 2009. Motion Vector Estimation of Video Image by Pyramidal Implementation of Lucas Kanade Optical Flow. *Proc. of IEEE ICETET*: pp. 914–917.
- [31] A. Bobick and J. Davis. 2001. The Recognition of Human Movement using Temporal Templates. *IEEE PAMI*, vol. 23: pp. 257–267.
- [32] J. Han, L. Shao, D. Xu, and J. Shotton. 2013. Enhanced Computer Vision with Microsoft Kinect Sensor: A Review. *IEEE Tr. Cybernetics*, Vol. 43: pp. 1318–1334.
- [33] Jo, H. K. 2000. Bovine estrous detection technology developments. *The Korean Society for Livestock Housing and Environment*. pp.25–64.
- [34] Jo. H. K., W. P. Hong 2002. Study on the Development of an Automatic Estrus Detection Device for a Cow. *TaiShan NonChon* 10:325–329.
- [35] Jeon, S. G., J. Y. Choe., J. W. Kim., and J. H. Lee. 2014. Analysis of the Effect of Natural Environments on Artificial Insemination Conception Rate. *Journal of Agriculture & Life Science* 48(6) pp.265–276.
- [36] Kim, S. J., S. H. Jee., and C. H. Cho. 2014. Design of integrated management system for improving coefficient of reproduction and managing for Korean cow. *CICS 2014*.
- [37] Korea rural economic institute(KREI). 2015. Hanwoo. breeding and pricing trends and forecast 2015.
- [38] Senger, P. L. 1994. The Estrus Detection Problem: New Concepts, Technologies, and Possibilities. *Journal of Dairy Science* Volume 77, Issue 9, September 1994, Pages 2745 - 2753.
- [39] Song, Y. H., H. S. Shin, M. R. Choi, Mustari Mohsin, Y. P. Jung, and J. I. Lee. 2012. Analyses on factors affecting purchasing behaviors for Hoegseong Livestock Cooperative Beef. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*. 39(2):170–193.
- [40] Son, B. K. 2014. Cattle Shed Monitoring System based on Behavioral Characteristics n of Hanwoo. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association(JKEIA)*, Vol. 8, No. 4, December 2014.