

## 열화상 카메라를 이용한 구제역 대응 소 발굽 온도 검출 알고리즘 개발

유찬주<sup>1</sup>, 김정준<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 농업경제학과, <sup>2</sup>(주)트레디오

### FMD response cow hooves and temperature detection algorithm using a thermal imaging camera

Chan-Ju Yu<sup>1</sup>, Jeong-Jun Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Agricultural Economics, Jeonbuk National University

<sup>2</sup>Tredio Co., Ltd.

**요약** 구제역 발생에 따른 피해는 매우 크기 때문에 구제역의 피해를 최소화하기 위해서는 선제적인 구제역 진단 및 대응이 필수적이다. 주요 구제역 증상은 소의 체온 상승, 식욕 부진, 유량 감소, 입·발굽·유방에 물집 형성 등이며, 이중 확인하기 가장 쉽고 빠른 방법은 체온을 검사하는 방법이다. 본 논문에서는 선제적 구제역 대응을 위해 소 발굽 검출 알고리즘을 개발·구현하고, 축사에 고해상도 카메라 모듈과 열화상 카메라, 온도습도 모듈 설치하여 발굽 검색 테스트를 시행하였다. 본 연구에서 개발한 알고리즘과 시스템을 통해 구제역 의심 가축의 조기 상황 대처를 할 수 있으며, 가축의 최적 성장 환경을 조성할 수 있다. 특히, 본 연구에서는 기존의 휴대용이 아닌 열화상 카메라를 활용한 구제역 대응 시스템은 축사에 고정으로 부착하여 별도 인력을 필요로 하지 않고 이미지 알고리즘을 통하여 가축의 발굽 온도를 자동 측정하는 기능과 스마트 폰을 활용한 자동 경고 기능을 가지고 있다. 이러한 시스템은 실시간을 구제역 가능성 예측을 가능케 하며, 별도의 인력이 없이 가축 질병에 대한 초동 방역 대응을 할 수 있다.

**Abstract** Because damages arising from the occurrence of foot-and-mouth disease (FMD) are very great, it is essential to make a preemptive diagnosis to cope with it in order to minimize those damages. The main symptoms of foot-and-mouth disease are body temperature increase, loss of appetite, formation of blisters in the mouth, on hooves and breasts, etc. in a cow or a bull, among which the body temperature check is the easiest and quickest way to detect the disease. In this paper, an algorithm to detect FMD from the hooves of cattle was developed and implemented for preemptive coping with foot-and-mouth disease, and a hoof check test is conducted after the installation of a high-resolution camera module, a thermo-graphic camera, and a temperature/humidity module in the cattle shed. Through the algorithm and system developed in this study, it is possible to cope with an early-stage situation in which cattle are suspected as suffering from foot-and-mouth disease, creating an optimized growth environment for cattle.

In particular, in this study, the system to cope with FMD does not use a portable thermo-graphic camera, but a fixed camera attached to the cattle shed. It does not need additional personnel, has a function to measure the temperature of cattle hooves automatically through an image algorithm, and includes an automated alarm for a smart phone.

This system enables the prediction of a possible occurrence of foot-and-mouth disease on a real-time basis, and also enables initial-stage disinfection to be performed to cope with the disease without needing extra personnel.

**Keywords** : foot-and-mouth disease, FMD, thermal imaging camera, algorithm, disease diagnosis, livestock disease, cow hooves detections

---

이 논문은 정부(미래창조과학부)의 재원으로 (재)전주정보문화산업진흥원의 지원을 받아 수행되었음.

\*Corresponding Author : Jeong-Jun Kim(Tredio Co., Ltd)

Tel: +82-70-8798-6064 email: jjkim@tredio.net

Received July 21, 2016

Revised (1st August 4, 2016, 2nd August 26, 2016, 3rd September 2, 2016)

Accepted September 9, 2016

Published September 30, 2016

## 1. 서 론

우리나라는 1933년을 시작으로 2000년, 2002년에 구제역이 발생하였고, 2010년에는 세 차례나 발생하여 사상 최대로 가축을 살처분·매몰하는 등 막대한 피해를 초래하였다[1,2]. 2010년 1월 경기도 포천과 연천에서 구제역바이러스 A형이 젓소와 한우에서 1차적으로 발생하였고, 2010년 4월 2차 O형의 구제역이 인천 강화, 경기 김포, 충남 청양군에서 발생하였다. 3차 구제역은 구제역바이러스 O형으로 2010년 11월 말에 발생하여 2011년 4월까지 전라도와 제주도를 제외하고 전국적으로 발생하였으며, 살처분 피해보상비, 2차적 환경피해 등 이전의 구제역과는 비교도 안될 만큼 큰 피해를 초래하였다[3]. 특히, 2010년 경북안동지역 양돈단지에서 발생한 구제역은 실제로는 이미 11월 23일 의심가축에 대한 신고가 있었으나, 지역방역기관에서 간이 항체키트 검사결과 음성으로 잘못 판정됨으로써, 초동방역조치가 미흡하여 전국적으로 확산된 것으로 알려져 있다[4]. 처음 구제역이 발생한 지역에서 축산농가의 방역체계 의식 부재와 구제역 발생에 따른 신고와 진단이 지연되었다는 점이 가장 큰 이유로 지적되고 있다[5].

구제역과 같은 악성 가축전염병이 유입되었을 때 발생규모나 경제적 피해를 최소화하기 위해서는 축산현장에서 전염병에 걸린 사실을 조기에 인지하는 동시에 방역 진단기관에 통보될 수 있는 시스템을 갖추는 것이 가장 효율적이며, 방역사들이 신속히 출동하여 현장에서 가축질병진단을 위한 지원 및 초동방역 조치가 중요하다[6].

이상에서 살펴본 바와 같이 구제역 발생에 따른 피해는 매우 크기 때문에 구제역의 피해를 최소화하기 위해서는 선제적인 구제역 진단 및 대응이 필수적이다. 주요 구제역 증상은 소의 체온 상승, 식욕 부진, 유량 감소, 입·발굽·유방에 물집 형성 등이며, 이중 확인하기 가장 쉽고 빠른 방법은 체온을 검사하는 방법이다. 특히, 건강한 소의 발굽은 청·녹색으로 보이는 반면 감염된 소의 발굽은 오렌지·적색으로 보이게 되고 이 발굽에 있는 가장 뜨거운 지점을 관찰하여 그 온도가 34.4℃ 이상일 경우 이는 구제역에 걸린 소라고 식별 가능하다. 이는 임상 증상이 나타나기 48시간 이전에 파악을 할 수 있고 열화상 카메라 기기로 검사가 가능하여 저렴하고 빠르게 초기

진단을 내림으로써 선제적인 구제역 대응을 가능하게 한다. 이러한 소 발굽 온도변화에 기반 한 구제역 대응 시스템 구현을 위해서는 소 발굽 검출 알고리즘 개발이 필수적이며, 농축산 업계의 인력부족이 날로 심화되고 있음에 따라 사용자가 직접 조작할 필요 없이 실시간으로 축사 모니터링이 가능케 하는 시스템 구축 방안 모색이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 열적외선 카메라를 이용하여 가축의 상태를 원격 감시 시스템을 개발하는데 있으며, 이를 위해 국내외 열적외선 카메라를 이용한 구제역 진단시스템 연구동향을 살펴보고, 한우를 대상으로 구제역 원격감시 진단시스템 개발에 필요한 알고리즘을 제시함으로써, 구제역의 조기진단에 따른 가축전염병에 따른 피해를 최소화 하는데 기여코자 한다.

## 2. 구제역 진단시스템 관련 연구동향

### 2.1 국내 연구동향

구제역(口蹄疫, FMD : Foot and Mouth Disease)은 발굽이 2개로 갈라진 우제류(소, 돼지, 양, 염소, 사슴 등)에 주로 전염되는 질병으로서 가장 위험한 가축전염병으로 분류되고 있다. 구제역은 치사율이 최고 55%에 달하는 치명적인 가축전염병이지만 다행히 사람에게는 전염되지 않는다. 구제역은 공기전염과 직·간접 접촉전염으로 발생하며, 국제수역사무국(OIE : Office International des Epizooties)이 정하는 구제역의 잠복기간은 1년이다[3,7,8,9].

이러한 구제역과 관련된 진단시스템의 국내 연구로는 열화상 카메라를 이용한 구제역 가능성 예측 시스템과 가축질병예찰시스템 설계 및 구현 등이 있다. 먼저 전자의 경우 열화상 카메라를 이용한 구제역 가능성 예측 시스템은 열화상 카메라를 이용해 비용이 저렴하고, 자동 측정 기능과 자동 경고 기능을 갖추고 있어 비전문가라 할지라도 누구나 이용할 수 있는 시스템이다. 구제역 예측 시스템 구성은 첫 번째, 열화상 카메라를 이용하여 소의 체온을 측정한다. 두 번째, 측정된 체온 데이터를 가지고 알고리즘에 따라 분석한다. 세 번째, 위에서 분석한 결과가 34.4도가 넘어가는 진단이 나왔을 때 농장주에게 원격으로 핸드폰을 통해 경고문을 전송하는 시스템이다 [10].

가축질병예찰시스템은 축사에서 가축 활동량을 수집하기 위한 센서와 열화상 카메라를 통해 가축 활동량 및 체온 정보를 실시간으로 통합관리 서버로 전송한다. 통합관리 서버는 수집된 가축의 활동량 및 체온 정보를 기반으로 Challenge Test를 통해 데이터베이스 서버에 저장된 가축의 질병별 활동량 및 체온 정보 데이터와 비교함으로써 가축질병 발생 시 사용자의 PC, 스마트 기기 및 통합관제센터로 알려주는 시스템이다[11,12].

## 2.2 해외 연구동향

구제역 진단시스템에 대한 해외연구는 적외선 열화상 기술(InfraRed Thermography : IRT)과 열화상 카메라를 사용한 가축의 자동 건강진단 시스템 등이 있다.

전자의 경우 미시시피 주립대학(MSU)에서는 미국 농무성(USDA)의 연구지원 프로그램으로 적외선 열화상 기술을 이용한 가축 표면 온도 경사도를 모니터링하는 응용 프로그램을 상용화 기술로 개발하여 2012년 7월에 “스미소니언 포크 라이프 페스티벌 열화상 기술전”에서 선보였다. 기존의 적외선 센싱을 이용하는 열화상 기술을 기본으로 사용하고 있으며, 표면온도를 측정하여 진단에 사용하는 열화상(Thermography) 기술로 표면 온도 경사도 분석 기술이 적용되어 특이사항 검출기능이 보다 업그레이드된 열화상 처리기술이 사용되었다. 가축에 비접촉식으로 열화상 카메라로 촬영을 하면 가축의 표면온도에 따른 색등고선이 화면에 나타난다. 개발된 응용프로그램의 경우 가축의 특정부위를 검출하거나 특정온도를 검출하도록 프로그래밍 되어 있기 때문에 질병이 의심되는 상태가 감지되면 그 자리에서 알람을 통해 문제를 확인할 수 있다. 또한 적외선감지에 의한 비접촉식 방식이기 때문에 코끼리의 발 건강을 모니터링할 수 있을 만큼 다양한 가축에 적용이 가능하다[4].

후자의 경우 스웨덴 린세핑에 있는 아그리캅社는 FLIR社의 열화상 카메라를 사용하여 가축을 자동으로 모니터링하는 시스템을 개발하였다. 시스템에 사용되는 A310 열화상 카메라는 50mK 이하의 열감도와 320x240 픽셀의 분해능으로 자동 진단에 필요한 세부적인 이미지와 열적 데이터를 제공할 수 있는 장비이다. 현재 판매하고 있는 CaDDi 시스템은 유선염 진단용이지만 앞으로 다른 가축에 대해서도 각종 질병과 건강 문제를 진단할 수 있는 모듈을 개발 판매할 계획이다. 이를 위하여 현재 스웨덴 국립수의학회와 공동으로 시스템의 진단 정

확도에 대한 검증 시험을 실시하고 있다.

이상의 시스템은 적외선 열화상 기술을 이용한 가축 표면 온도 경사도를 모니터링하는 응용 프로그램을 제작하였으나, 핸드헬드 열화상 카메라를 직접 사람이 들고 다니면서 가축의 특정 부위를 조정하여 온도를 체크하는 방식이다.

이러한 방식은 질병진단인력의 확대 및 업무 지원 인력을 필요로 하며, 24시간 지속적으로 가축의 상태를 체크할 수 없는 단점이 있다. 또한 국내의 도입에 있어서 현실적 경제적 어려움이 초래된다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 열화상 카메라를 활용한 구제역 대응 시스템은 축사에 고정으로 부착하여 별도 인력을 필요로 하지 않고 이미지 알고리즘을 통하여 가축의 발굽 온도를 자동 측정하는 기능과 스마트 폰을 활용한 자동 경고 기능을 가지고 있다. 현재 열화상 이미지를 이용하여 발굽 및 온도 검출을 하는 알고리즘은 없는 상황이다. 이러한 시스템은 실시간을 구제역 가능성 예측을 가능케 하며, 별도의 인력이 없이 가축 질병에 대한 초동 방역 대응을 할 수 있다.

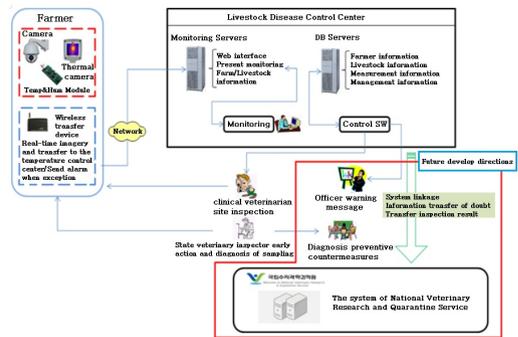


Fig. 1. Conceptual system diagram of this study

## 3. 시스템 개발과 구현

### 3.1 소 발굽 검출 알고리즘의 개요

소 발굽 검출 알고리즘은 열화상 카메라와 USB 고해상도 카메라를 이용하여 소를 검출하고 이미지에서 소만 추출이 가능하도록 형태학적 변환을 진행 후 각 꼭지점을 찾아 이를 다리인지 구분을 하여 좌표를 추출하고, 해당 좌표의 온도를 열화상 카메라를 이용해 찾아낸다. 소의 다리는 항상 소의 형상에서 아래 부분에 위치하고 있

다는 점을 이용하여, 소의 형상이 포함되는 최소 사각형의 영역을 찾은 후, 그 영역의 중심점과 하단 양쪽 모서리를 잇는 선을 그리고 이 영역에 포함되는 꼭지점을 발굽으로 인식한다.

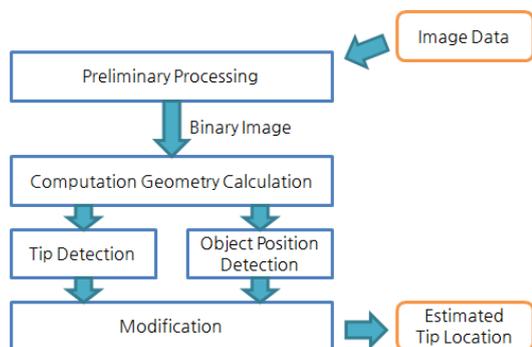


Fig. 2. Summary of algorithm

### 3.2 소 발굽 검출 알고리즘의 프로세스

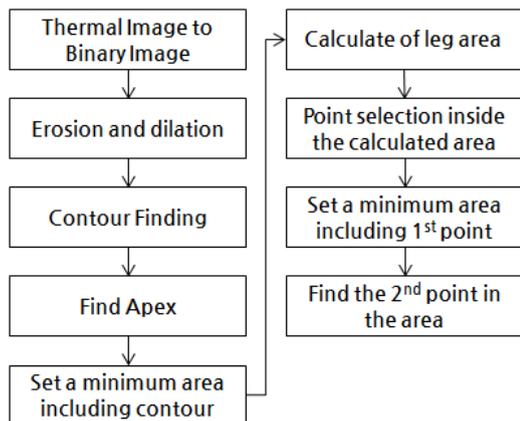


Fig. 3. Algorithm process to extract cow hooves

현재 소 발굽을 검출하기 위한 알고리즘의 순서는 1차적으로 열화상 이미지를 이용하여 소를 인식 후 이미지 내에 소가 있다는 것이 판단되면 그 시점의 열화상 이미지를 이용하여 이진화를 진행한다. 이미지가 이진화된 상태에서 노이즈 제거 및 선명한 외곽선 추출을 위해 형태학적 변환인 침식과 팽창을 진행 후 이미지의 외곽선을 추출한다. 추출된 외곽선을 이용하여 꼭지점을 검출 하고, 소 영역을 포함하는 최소 사각형 영역을 지정 후, 중심점과 하단 모서리 지점의 좌표를 구하여 다리 영역을 계산 한다. 이 때 구해지는 다리 영역은 삼각형의

형태를 이루고 이 안에 포함되어 있는 꼭지점들을 발굽으로 인식한다. 더 높은 정확성을 위해 발굽으로 인식 된 꼭지점을 이용하여 최소 영역을 지정 후, 이 안에 있는 2차 꼭지점을 추가로 포함하는 최종 발굽을 선별한다.

### 3.3 열화상 이미지 형태학적 변환

현재 카메라 상에 소가 인식 된 경우, 인식 된 시점의 열화상 이미지를 흑백 이미지로 변환 후 각 픽셀의 임계값을 정하여 이미지를 이진화 시킨 후 형태학적 변환을 진행한다. 형태학적 변환이란 영상 또는 이미지 내에서 노이즈 제거, 구성 요소들의 결합 또는 분리 등이 필요할 때 사용한다.

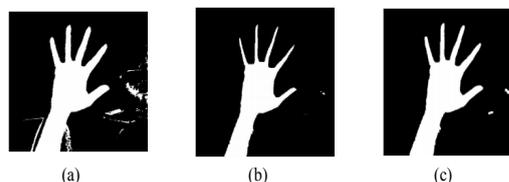


Fig. 4. Morphological conversion of image (a) Binary Image (b) Erosion (c) Dilation

figure. 4와 같이 이미지를 이진화 시킨 후 침식을 진행하면 검은색 화소가 인접한 흰색 화소들이 검은색으로 할당되어 노이즈가 줄어들게 된다. 이 후 팽창을 진행하게 되면 객체에 인접한 배경을 흰색으로 할당되어 객체가 확장되게 된다.

### 3.4 외곽선 추출

꼭지점을 검출하기 위해 외곽선을 추출하는 단계이다.

시작점을 기준으로 좌측 상단 픽셀부터 시계방향으로 진행하면서 흰 픽셀일 경우 시작점으로, 검은 픽셀일 경우 다음 픽셀을 검색한다.

Table 1. Algorithm to detect the vertex

Formal Description of Pavlidis' Algorithm
Input : A binary image containing connected group of white pixel
Output :A sequence B(b1, b2, ..., bk) of boundary pixels as contour

```

Begin
  • Scan each pixel in rows from the bottom-left until you find a white pixel s
  • Insert s in B and set s to be the starting pixel
  • While ( s haven't been visited twice)
    If pixel P1 is white
      ◦ Insert P1 in B
      ◦ Set s=P1
      ◦ Move one step forward followed by one step to your current left
    else if P2 is white
      ◦ Insert P2 in B
      ◦ Set s=P2
      ◦ Move one step forward
    else if P3 is white
      ◦ Insert P3 in B
      ◦ Set s=P3
      ◦ Move one step to the right, update your position and move one step to your current left
    else if s has been rotated 3 times
      ◦ terminate the process and declare s as an isolated pixel
    else
      ◦ rotate 90 degrees clockwise while standing on the current pixel p
End
    
```

이를 토대로 진행하면 흰색과 검은색 픽셀의 경계를 따라 외곽선 추출을 할 수 있다.

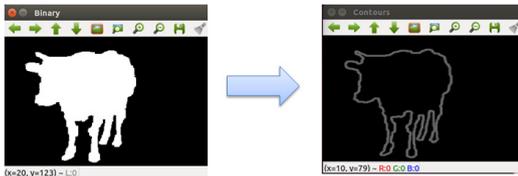


Fig. 5. Extraction of contour line

형태학적 변환을 통해 얻은 이미지를 이용하여 외곽선 추출을 진행시 figure. 5.와 같은 결과를 얻을 수 있다. 이는 점(픽셀)을 기반으로 추출이 되며, 끊어지는 경우는 제외된다.

추출된 결과는 점의 x,y 좌표를 갖는 집합 형태로 저장된다.

### 3.5 꼭지점 검출

두 벡터  $a = [a_1, a_2, \dots, a_n]$ 와  $b = [b_1, b_2, \dots, b_n]$ 의 스칼라 곱은 아래와 같은 수식으로 정의 된다.

$$a \cdot b = \sum_{i=1}^n a_i b_i = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n$$

Dot product of two vectors a & b (1)

두 벡터 [a,b]와 [c,d]의 스칼라 곱은 ac + bd가 된다.

유클리드 기하학에서 내적  $a \cdot a$ 는 a 길이의 제곱으로 표현되며 아래와 같이 표시할 수 있다.

$$a \cdot a = \|a\|^2$$

Dot product of a & a (2)

두 벡터의 스칼라 곱은 유클리드 공간에서 다음과 같이 정의 될 수도 있다.

$$a \cdot b = \|a\| \|b\| \cos \theta$$

Dot product of a & b in the Euclidean space (3)

또한 두 벡터 사이의 각도는 아래와 같이 정의된다.

$$\theta = \arccos\left(\frac{a \cdot b}{\|a\| \|b\|}\right)$$

Angle formed by two vectors a & b (4)

코사인 값은 각도에 따라서 계속 변화하기 때문에 정확한 각도를 계산할 필요가 없다. 코사인 값이 0에서 1로 변화할 때 각도는 90도에서 0도로 변한다. 코사인 값이 0에서 -1로 변화할 때는 각도가 90도에서 180도로 변한다. 따라서 코사인 값을 이용하여 두 각도를 직접 비교할 수 있다.

소 발굽은 다른 부위에 비해 구성하는 점들의 각도가 작다는 점과 앞서 설명한 것과 같이 두 벡터가 이루는 각도가 작을수록 코사인 값이 커지는 점에 착안하여, 외곽선을 이루는 점들을 순차적으로 이동하면서 중심점과 일정거리가 떨어져 있는 앞,뒤의 점이 이루는 코사인을 계산하여 꼭지점으로 인식한다.

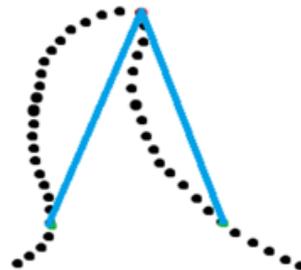


Fig. 6. Principle for searching the vertex

$$\langle X \geq (X - X1) \cdot (X - X2) / |X - X1| |X - X2|$$

Formulato obtain the angle of vertex (5)

위 꼭지점의 코사인 값을 구하기 위해 시작점 X와 일정거리 앞의 X1, 뒤의 X2의 좌표를 이용해 formula. 5.를 사용하여 외각선의 처음부터 끝까지 탐색을 진행한다.

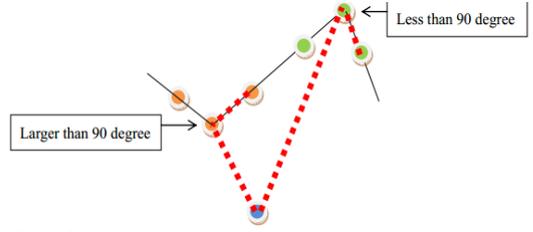


Fig. 8. Classification of vertex according to the angle

Table 2. Tip detection algorithm

Formal Description of Tip detection algorithm
Input : Closed contour Output : A sequence of detected tip points
<p><b>Find the center C of minimum bounding box</b></p> <p>Set Group = false</p> <p>For (all the points X in the contour)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Get X1 and X2, X1 and X2 are separated by X with M points</li> <li>● Compute P, the cosine value of <math>\angle X1, X, X2</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; If (cosine value &lt; threshold &amp;&amp; !group) Discard X; Set Group = False;</li> <li>&gt; Else if (P &gt; threshold &amp;&amp; !group) Group = true; Set max = P;</li> <li>&gt; Else if (P &gt; threshold &amp;&amp; group &amp;&amp; P &gt; max) max = P;</li> <li>&gt; Else if (P &lt; threshold &amp;&amp; group) Push max into T; group = false;</li> </ul> </li> </ul> <p>End</p> <p>For(all points W in T)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● If (<math>\angle CXX1 &gt; 90</math> &amp;&amp; <math>\angle CXX2 &gt; 90</math>) Discard W</li> <li>● Else if (<math>\angle CXX1 &lt; 90</math> &amp;&amp; <math>\angle CXX2 &lt; 90</math> &amp;&amp; W is not at the image boarder)             <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; If (W is M points away from previous point in T) Mark W as fingertip points</li> </ul> </li> </ul> <p>End</p>

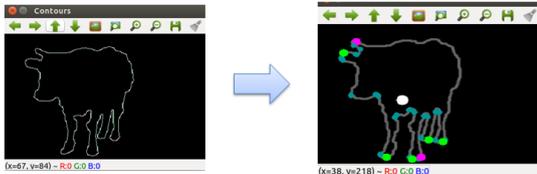


Fig. 7. Extraction of vertex

figure 7.은 외곽선을 따라 위 공식을 이용하여 꼭지점을 추출한 결과이다. 코사인 값이 일정 이하의 꼭지점의 경우 열린 탐색으로 표시하며, 그 중 근접 꼭지점의 집합에서 일정 수량의 이상이 발견 될 경우 하나의 꼭지점으로 인식하고, 아래 figure. 8.과 같이 연속된 꼭지점과 중심점을 이용해 삼각형을 그린 후 각도가 90도보다 작을 경우 발굽으로 인식하며 녹색으로 표시, 90도보다 클 경우 발굽이 아닌 것으로 인식한다.

### 3.6 영역 지정 및 꼭지점 선별

소의 발굽은 소 영역의 하단에 위치한다는 점을 이용하여 외곽선을 모두 포함하는 최소 사각형을 그린 후, 그 사각형의 중심점과 하단 모서리 두 점을 잇는 삼각형을 그리고, 그 영역 안에 있는 발굽으로 인식 된 꼭지점을 최종 발굽으로 인식한다.

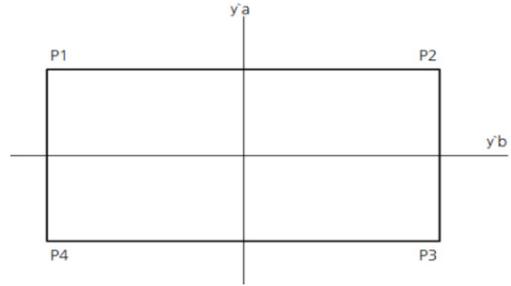


Fig. 9. Straight line passing through the rectangle and central point

$$y_a = m_a(x - x_1) + y_1$$

$$y_b = m_b(x - x_2) + y_2$$

Equations of two lines (6)

$$m_a = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$m_b = \frac{(y_3 - y_2)}{(x_3 - x_2)}$$

Slope of the line (7)

$$y'_a = -\frac{1}{m_a} \left( x - \frac{x_1 + x_2}{2} \right) + \left( \frac{y_1 + y_2}{2} \right)$$

$$y'_b = -\frac{1}{m_b} \left( x - \frac{x_2 + x_3}{2} \right) + \left( \frac{y_2 + y_3}{2} \right)$$

The equations of the two lines which pass the circle center (8)

최소 사각형을 구한 후 위 공식을 이용해 중심점을 검출 한다.

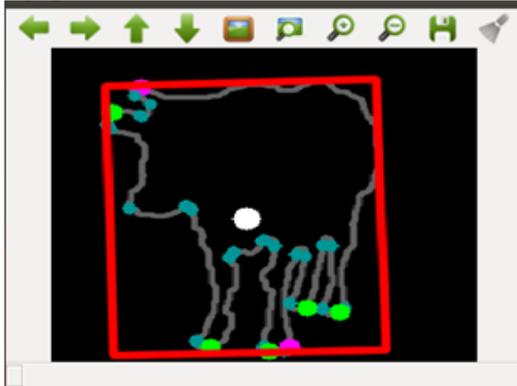


Fig. 10. Minimum rectangle and central point surrounding the contour line

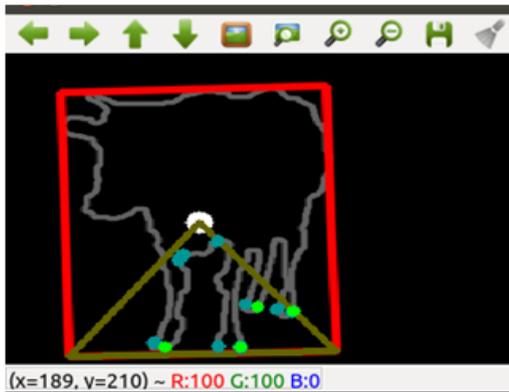


Fig. 11. Selection of vertex after designating the area connecting bottom corners of central point and rectangle

figure. 10.과 같이 중심점을 구한 후에는 사각형의 하단 모서리를 잇는 영역을 지정하고, 지정된 영역 내부에 있는 꼭지점들만 선별하면 figure. 11과 같다.

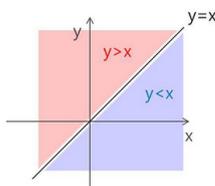


Fig. 12. Relationship between equation of straight line and position of dot on the coordinate plane

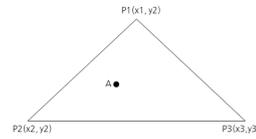


Fig. 13. Relationship between equation of straight line and position of dot on the coordinate plane

좌표평면에서 figure. 13.과 같이 세 점의 위치를 알고 있고 점A가 세 점을 이루는 영역 안에 포함되는지 확인하기 위해 figure. 12.의 직선의 방정식과 점의 위치의 관계를 이용한다. 이를 수식으로 표현하면 아래와 같다.

직선의 방정식  $a * x + b - y = 0$  일 경우

$((a * x1) + b - y1) * ((a * x2) + b - y2) = 0$  이면 경계에 위치

$((a * x1) + b - y1) * ((a * x2) + b - y2) < 0$  이면 서로 다른 영역에 위치

$((a * x1) + b - y1) * ((a * x2) + b - y2) > 0$  이면 같은 영역에 위치

위 수식을 이용하여 직선(P1,P2)의 공식에 꼭지점 A와 P3의 값을 대입하여 계산, 직선(P1,P3)의 공식에 꼭지점 A와 P2의 값을 대입하여 계산, 직선(P2,P3)의 공식에 꼭지점 A와 P1의 값을 대입하여 계산한 결과 값이 모두 0보다 클 경우 꼭지점 A는 중심점과 하단 모서리를 잇는 영역 안에 존재하는 꼭지점을 선별할 수 있다.

선별된 꼭지점들을 보면 발굽 뿐만 아니라 다리와 몸체 사이의 가랑이 부분 또한 포함되는 상황이 발생하는데 이를 보정하기 위하여 발굽으로 인식되는 녹색 점을 이루는 꼭지점들을 포함하는 최소 사각 영역을 추가로 지정 후, 그 내부에 포함 되는 꼭지점들을 발굽으로 인식한다. 이 경우 또한 위 수식을 이용해 계산하여 최종 꼭지점을 선별한다.

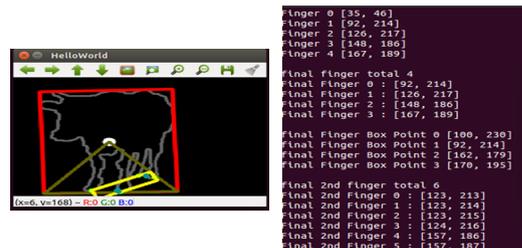


Fig. 14. Vertex perceived by finally selected hooves

앞의 영역을 지정 후 그 안의 꼭지점을 선별하여 위 figure. 14와 같이 발굽으로 인식되는 꼭지점 10개의 최종 좌표를 얻었다.

### 3.7 소 발굽 온도 검출

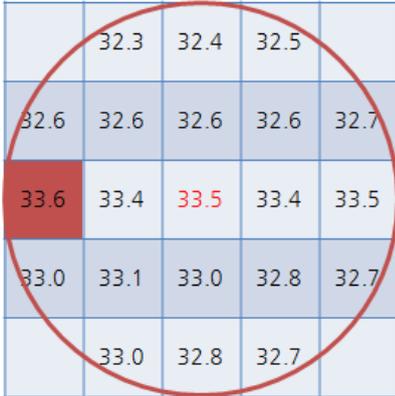


Fig. 15. Thermal image data matching

열화상 이미지로부터 얻은 데이터에서 온도를 추출하고, 앞의 figure. 14에서 얻은 좌표에 해당하는 주위 5픽셀의 온도 데이터를 비교하여 가장 높은 점의 온도가 구제역 발생 의심 온도인 34.4도 이상일 경우 구제역 발생 의심 상황으로 판단하며, 34.4도와 설정 된 주의 온도 사이일 경우 주의 상황, 그 이하일 경우에는 정상으로 판단한다.

### 3.8 실험 결과

다음은 알고리즘을 구현하여 소 이미지를 통해 발굽 검색 테스트를 시행한 결과이다.

시험일시 : 2016.04.25 ~ 2016.05.13.

시험대상 및 장소 : 한우 1마리, 생육 밀폐형 축사

시험장비 : 열화상 모니터링 장비 TVD-L1



Detect Type	Vanadium Oxide Micro Bolometer
Infrared Wave	7.2 ~ 13 Microns
Thermal Pixels	206 x 156 Array 32,136 Pixels
Field of View	36°
Pixel Pitch	12 Micro
Detect Heat	-40°C ~330°C

Fig. 16. Equipment shape(top) and equipment spec (bottom)

Table 3. Equipment S/W Environment

Item	Content
OS	Ubuntu 14.04 64bit
Language	C, C++
Library	QT 5.2
	OpenCV 2.4.12
	libusb
	video4linux2

Table 4. examination result

N O	Original Image	Result	Coordinate	Temp. (MAX)
1			Final Finger total 4 Final Finger 0 : [82, 214] Final Finger 1 : [226, 223] Final Finger 2 : [148, 180] Final Finger 3 : [148, 180]	28.7°C
2			Final Finger total 2 Final Finger 0 : [141, 72] Final Finger 1 : [173, 71]	29.1°C
3			Final Finger total 3 Final Finger 0 : [176, 93] Final Finger 1 : [240, 123] Final Finger 2 : [183, 118]	30.2°C
4			Final Finger total 3 Final Finger 0 : [96, 96] Final Finger 1 : [187, 113] Final Finger 2 : [187, 113]	27.6°C
5			Final Finger total 3 Final Finger 0 : [88, 105] Final Finger 1 : [153, 118] Final Finger 2 : [179, 115]	30.4°C
6			Final Finger total 3 Final Finger 0 : [126, 130] Final Finger 1 : [205, 144] Final Finger 2 : [230, 141]	29.7°C

시험일시 : 2016.05.05 ~ 2016.05.16

시험대상 및 장소 : 한우 4마리, 송아지 1마리, 생육  
밀폐형 축사

시험장비 : 열화상 모니터링 장비 TVD-L1, TVD-L1(2)

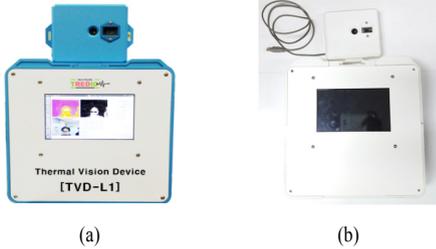


Fig. 17. Equipment (a) TVD-L1 (b) TVD-L1(2)

Table 5. examination result 2

NO	Original Image	Result
1		
2		
3		
4		
5		

#### 4. 결론

우리나라는 구제역 피해 방지를 위해 적극적인 노력을 기울이고 있으나 구제역 질병진단인력 부족, 구제역 대응 업무지원시스템 미비, 예찰 시 조기 질병 발견 어려움 등의 문제로 선제적인 구제역 대응에 한계가 있다. 특히, 구제역 의심 발생시 농장에 파견되는 시도 가축방역관 등 검역본부의 전문 질병 진단인력과 질병 신고 접수 시 농장내 가축이동 통제 등 초동방역조치를 시행하는 시·군 및 가축위생방역지원본부(초동방역팀) 인력부족, 축산농가의 구제역 질병 진단에 필요한 전문 지식의 부재와 미온적인 초등 대응 등의 문제점을 안고 있는 상황에서 이러한 문제를 해결하기 위한 대응방안으로서 원격 자동기록 장치 등을 통한 업무지원 시스템이 필요한 시점이다.

구제역은 발생한 이후에 사회·경제적 피해규모가 막대하게 때문에 사전에 예방할 수 있는 시스템 구축이 무엇보다 중요한 과제이다. 물론, 축산농가의 적극적인 방역체계와 발생에 따른 사전 신고, 검역본부의 신속한 차단과 대처가 구제역 확산과 피해규모를 줄일 수 있는 방안이지만 사전에 예방할 수 있는 질병예찰시스템 구축이 전제되어야 한다.

본 논문에서는 선제적 구제역 대응을 위해 소 발굽 검출 알고리즘을 개발·구현하고, 축사에 고해상도 카메라 모듈과 열화상 카메라, 온습도 모듈 설치하여 발굽 검색 테스트를 시행하였다. 본 연구에서 개발한 알고리즘과 시스템을 통해 구제역 의심 가축의 조기 상황 대처를 할 수 있으며, 가축의 최적 성장 환경을 조성할 수 있다. 제안한 구제역 대응 시스템을 통해 구제역 피해 최소화와 함께 축산농가의 생산성 및 소득향상이 나타날 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 구제역의 선제적 대응방안을 위한 진단시스템 개발을 구현하였다. 그러나 본 연구의 시험결과에 따르면 소의 좌우측으로 돌아선 경우에는 90%이상의 소 발굽 온도 검출이 확인되었으나, 소의 전후방에서의 온도검출은 향후 지속적인 연구가 필요하며, 다수의 소를 대상으로 소 발굽 추출·검출 및 구제역이 감염된 소를 대상으로 한 시험을 통해 신뢰성 및 정확성 향상이 요구된다.

## References

- [1] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, A disinfection status of foot-and-mouth disease, press kit, p. 12-13, Feb. 2015.
- [2] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Development and Industrialization of Portable Monitoring Diagnostic System, p. 15, 2012.
- [3] Gi-geon Yang. Analysis of Relative Importance of Disaster Management Policies by their Categories, The Korea Review of Public Administration, vol. 22, no. 2, p. 94-95, June, 2013
- [4] ezfarm, The Control System Development on the Animal Disease focus : political Research Report, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, p. 1, Feb. 2014.
- [5] Yu-Yong Kim, Through foot-and-mouth crisis, Feed, vol. 49, no. 3'4, p. 1, Mar. 2011.
- [6] Ministry of Public Administration and Security : Central disaster and safety countermeasures headquarters, Foot-and-mouth central disaster and safety countermeasures headquarters white paper, Ministry of Public Administration and Security, p. 430, Nov. 2011.
- [7] Lee, Joo-ho, Comparative study on the epidemiology and control measures of 2000/2002 foot-and-mouth disease outbreak in korea, p.7,127, Ph.D Program in Veterinary Medicine Graduate of Konkuk University, Dec. 2004.
- [8] Young-Ju Jang, A Outbreak status of foot-and-mouth disease and the Improvement of the Disinfection System, Issue and Focus, vol. 170, 1-4, Jan. 2010.
- [9] Thomson GR, Vosloo W, Bastos AD, Foot and Mouth disease in wildlife, Virus Research, vol. 91, no. 1, p. 145-161, Jan. 2003.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1702\(02\)00263-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1702(02)00263-0)
- [10] Yong-Teak Chun, juong-Min Lee. The forecasting System about Foot-and-Mouth Applicabilities using the thermal camera, Fall Scholarship Conference in 2015, p. 481, November, 2015.
- [11] Hyun-gi Kim, Cheol-ju Yang, Hyun Yoe, Design and Implementation of Livestock Disease Forecasting System, Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 37C no. 12, p.1265, December, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7840/kics.2012.37C.12.1263>
- [12] Ji Inbae, Kim Hyunjoong, Han Bonghee, The Current Status of the foot-and-Mouth Disease Outbreak and Policy Tasks: Research Report, p.14-15,32,43-44, Korea Rural Economic Institute, June, 2015.

### 유 찬 주(Chan-Ju Yu)

[정회원]



- 2001년 2월 : 전북대학교 대학원 농업경제학과(경제학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 한국축산경영학회 편집위원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 농업경제학과 겸임교수
- 2015년 7월 ~ 현재 : (사)무주천마사업단 단장
- 20011년 2월 ~ 현재 : ㈜에코비즈 대표

<관심분야>

경영정보, 정보통신, 소프트웨어개발

### 김 정 준(Jeong-Jun Kim)

[정회원]



- 2000년 2월 : 전북대학교 산업공학과 (산업공학사)
- 2003년 8월 : 전북대학교 공과대학원 컴퓨터정보학과 (컴퓨터정보석사)
- 2011년 4월 ~ 2013년 4월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 겸임교수
- 2013년 2월 ~ 현재 : 전북대병원 의료기기 안정성정보 모니터링센터 평가위원
- 2015년 2월 ~ 현재 : 중소기업융합전북연합회 사무차장
- 2008년 7월 ~ 현재 : (주)트레디오 대표이사

<관심분야>

정보통신, 정보보호, 임베디드 시스템