

# 고단 직립식 산란계 케이지내의 병계 및 폐사계의 유무를 자동 판정하기 위한 영상처리알고리즘 개발

장동일·임송수·정쌍양·이승주

충남대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부

## Development of an Algorithm for Automatic Finding the Sick or the Dead Layers in the Multi-tier Layer Battery

Chang, D. I., Lim, S. S., Zheng, S. Y. and Lee, S. J.

Division of Bioresources Engineering, Chungnam National University

220 Gung-dong, Yousung-gu, Daejeon Metropolitan City 305-764 Korea

### Summary

The objectives of this study were to develop an image processing algorithm for finding the sick or the dead layers(SDL) rearing in the multi-tier layer battery, which is a core technology of remote monitoring systems for layers, and to test the performance of algorithm developed in the experimental poultry housing.

Based on the literature study and experiment, the standing up of layer was set as a criterion for judging layers whether sick or dead. Then, by the criterion set, an algorithm was developed.

The image processing algorithm developed was tested how well it could find SDL at the experimental poultry housing. Test results showed that its monitoring correctness of layers standing up in the cages having all healthy layers was 92%, and 96% in the cages having SDL. Therefore, it would be concluded that the image processing algorithm developed in this study was well suited to the purpose of development.

(Key words : Layer, Multi-tier layer battery, Monitoring systems, Image processing)

### 서 론

최근 한국의 경제적 발전으로 인한 식생활의 변화에 따라 국민 1인당 육류 소비량이 꾸준히 증가하고 있다. 한국의 농림부 조사 자료에 따르면 계란의 경우 1980년에 1인당 소비량이

6.5 kg 이었던 것이 2002년에는 11.3 kg으로 계란의 소비량이 꾸준히 증가하였음을 알 수 있다.

이러한 계란의 소비량 증가는 산란계 사육수수의 증가를 요구하였으며, 산업 및 축산기술의 발달로 산란계 사육시설은 소규모의 재래식 사육시설에서 점차 자동화시설을 갖춘 대규모

Corresponding Author : Chang, D. I. Division of Bioresources Engineering, Chungnam National University 220 Gung-dong, Yousung-gu, Daejeon Metropolitan City 305-764 Korea E-mail: dichang@cnu.ac.kr

사육시설로 변화되었다. 대규모 사육농가에서는 경제적인 면과 관리의 편리성을 고려하여 단위면적당 사육수수가 높은 고단 직립식 산란계 케이지를 선호하는 편이다.

이러한 고단 직립식 산란계케이지의 경우 4 단 이상의 케이지는 사다리나 작업대 등의 도움 없이는 사람의 육안으로 산란계의 생육관찰이 불가능하며, 병·폐사계의 발생에 대한 빠른 조치를 할 수 없게 되어 결국 질병확산의 원인이 되고 있다. 또한 관리자의 빈번한 출입은 외부로부터의 전염병을 유입시킬 수 있는 위험성이 높으므로 고단 직립식 산란계케이지를 원격감시하며 병계 및 폐사계를 자동으로 판별할 수 있는 시스템의 개발이 절실히 필요하다.

본 연구에서는 산란계를 원격감시 할 수 있도록 영상감시장치를 구성하고 입력된 영상을 이용한 병·폐사계의 자동판정 알고리즘을 개발하여 프로그래밍한 후 개발된 영상처리프로그램의 성능실험을 실시하였다. 본 연구의 목적은 다음과 같다.

- 1) 문헌연구와 실험을 통해 산란계의 질병으로 인한 증상 및 행동유형을 분석하여 병계 및 폐사계 판정기준을 설립한다.
- 2) 산란계의 영상을 획득한 후 여러 처리과정을 통하여 병계 및 폐사계의 유무를 판단할 수 있는 자동판정 알고리즘 및 감시시스템을 개발한다.
- 3) 개발된 병·폐사계의 자동판정 시스템의 성능 실험을 실시한 후 미비점 및 문제점을 분석하고 시스템을 보완한다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물

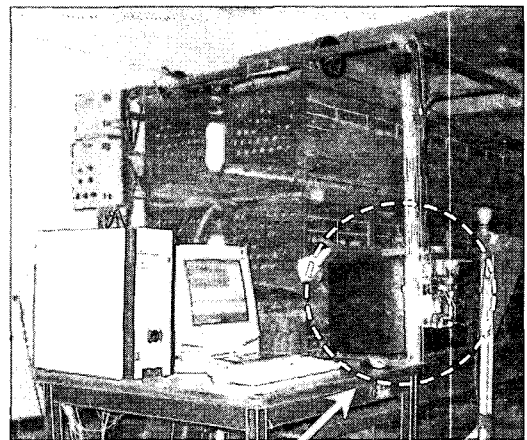
본 연구에 사용된 산란계는 한국에서 가장 많이 사육되고 있는 갈색 레그혼종으로 증체가 멈추게 되는 37주령 이상된 산란계를 공시하였

다. 산란계의 외부 깃털은 갈색이고 평균 체중은 2 kg이다. 실험을 실시하기 위하여 충남대학교 농업생명과학대학 내의 실험계사에 고단 직립식 산란계케이지를 설치하였다. 실험용 산란계는 실험의 정확성을 얻기 위하여 실험시작 2주전부터 산란계의 적정 사료 급여량인 110 g/day를 정해진 시간에 8회로 균등 분할하여 급여 하였다.

## 2. 실험 장치의 구성

### 가. 실험 장치

산란계 원격감시시스템은 PC, 카메라구동부, 컬러 CCD 카메라, 보조조명장치, Illumination chamber 로 구성되었다. 실험 장치는 그림 1과 같다.



CCD camera and Illumination chamber

Fig. 1. The picture of the remote monitoring system for layer.

컬러 CCD 카메라로부터 얻은 영상을 Web 카메라를 통해 영상을 압축하고, 압축된 영상을 LAN을 통해 PC에 전송하는 시스템을 제작하였으며, PC에서 수신된 영상은 여러 가지 이미지 처리기법을 이용하여 병·폐사계의 발생 여부를 판정하는 시스템을 개발하였다. 산란계

사내의 평균조도는 5~10 lx로 보조조명장치 없이는 원하는 영상을 얻을 수 없었다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 13 W의 보조조명장치를 사용하여 조도를 45 lx로 조절하였다. 또한 카메라와 촬영 대상 산란계케이지를 외부의 빛으로부터 차단할 수 있도록 Illumination chamber를 설치하여 관찰케이지의 조도를 일정하게 유지하도록 하였다.

카메라의 촬영 위치 및 각도는 그림 2에서 보는 바와 같이 촬영케이지의 454 mm 전방에서 수평을 기준으로 8° 상향으로 기울여 촬영하도록 하였다.

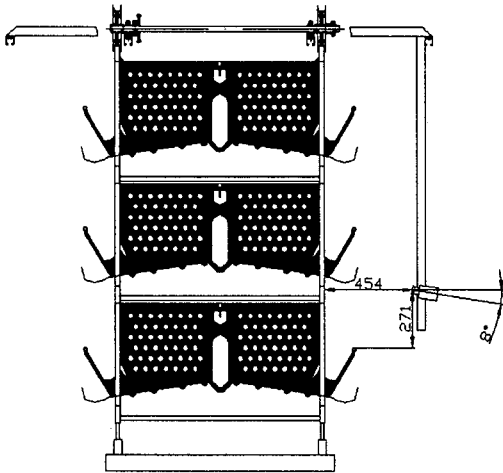


Fig. 2. The picture-taking position and angle of CCD camera for monitoring layers in cages.

### 3. 병계 및 폐사계의 판단을 위한 알고리즘 개발

#### 가. 산란계의 질병 항목 및 증상

유(2004)는 산란계의 주요 질병 및 증상에 대해서 책으로 정리하였다. 그 중 외적 증상이 나타나는 항목 수를 정리해보면 다음과 같다. 이상호흡음이 일어나는 질병은 8개, 설사가 일어나는 질병은 11개, 체온이 과도하게 상승하

는 질병은 1개, 점막이 생성되는 질병은 5개, 산란율이 저하되는 질병은 11개, 이상동작이 나타나는 질병은 6개, 기립불능인 질병 5개, 사망에 이르는 질병이 20개 항목 등으로 나타났다. 위와 같이 산란계의 사망원인은 다양하여 전염성이 강하고 폐사율이 높은 가금 인플루엔자 등의 질병 이외에도 다른 여러 원인으로 인하여 폐사하는 경우가 일반 산란계 사육농가에서 꾸준히 나타나고 있다. 그림 3은 산란계 농가의 산란계 생육기간 동안에 질병으로 인해 폐사한 산란계의 평균 산란계 누적폐사율을 나타낸 것으로, 78주령에서 산란계의 누적폐사율은 약 4.5%에 이르는 것을 알 수 있다.

#### 나. 산란계의 행동분석 및 병·폐사계의 판정기준

병·폐사계를 판별하기 위하여 앞서 문헌 조사한 질병에 대한 외부 증상들을 기반으로 하여 CCD 카메라로부터 획득한 영상을 여러 가지 영상처리 기법을 적용하여 관찰하였다. 질병에 대한 미미한 외부변화의 경우 군집사육을 하기 때문에 개별관찰이 어려워 영상을 이용한 판별이 불가능 하였으나 가장 큰 특징이라고 할 수 있는 기립불능이나 폐사계의 판별은 가능한 것으로 판단되었다. 산란계의 경우 사료에 대한 관심도가 매우 높아 사료를 급이 했을 때 모든 닭들이 기립하여 사료 통에 접근하고 사료를 섭취하는데 그중 질병에 걸려 기립불능인 병계나 폐사계의 경우 케이지의 바닥에 쓰러지게 되어 정상산란계와는 확연히 구별할 수 있었다. 이상의 관찰결과 산란계의 기립여부를 병계 및 폐사계의 판정기준으로 설정하였다.

산란계케이지 내의 기립불능인 병계 및 폐사계의 추출을 위한 감시시간을 결정하기 위하여 급이 후 산란계의 먹이에 대한 관심도를 조사하였다. 실험은 4칸의 케이지에 각각 5마리의 산란계를 표본으로 하였으며 사료투입 후 30초 이후부터 7분 30초 까지 1분 간격으로 육안에

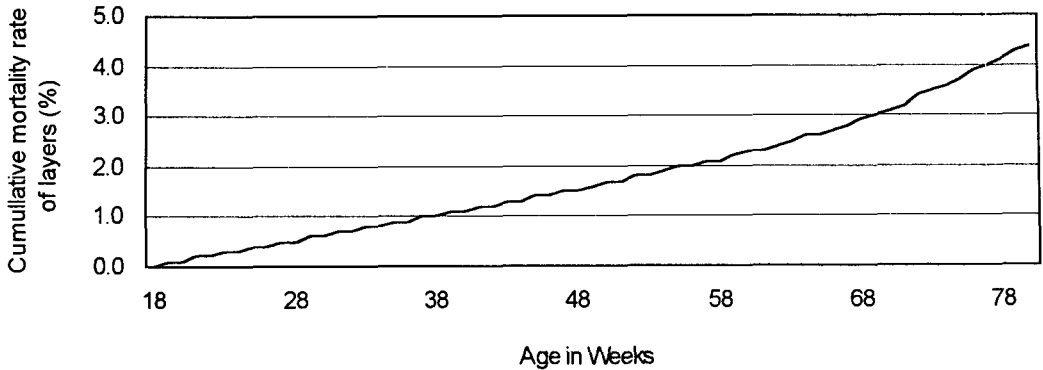


Fig. 3. The average cumulative mortality rate at layer farms.

의한 관찰을 실시하였다. 각 케이지당 100회의 실험을 실시하였으며 그에 대한 결과는 그림 4 와 같다.

급이 후 약 30초 동안은 자리를 잡기위한 이동을 하거나 자세를 낮추는 등의 행동을 하였으며 급이 후 약 1분 이후부터는 음수를 병행하였고 먹이에 대한 관심도가 점차 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 산란계의 사료섭취에 소요되는 시간은 약 12분 가량이었으며 그중 산란계의 먹이에 대한 관심도가 90% 이상인 즉 1개의 케이지당 4마리 이상의 산란계가 사료를 섭취하는 시간인 5분 30초 이내에 관찰하는 것이 적합할 것으로 판단되었다.

다. 병·폐사계의 자동판정을 위한 영상처리

**(1) 영상획득 및 2진화**

병·폐사계의 판정을 위한 산란계의 이미지 획득 위치는 산란계가 앉아 있거나 쓰러져 있는 상태를 정확하게 관찰할 수 있도록 그림 2에서 보는 것과 같이 수평을 기준으로 8° 상향으로 기울여서 산란계의 영상을 획득하였다. CCD 카메라로부터 입력된 영상은 가로×세로가 320×240 픽셀인 RGB포맷의 형태로 변환한 후 Red, Green, Blue로 이미지를 분류하였으며 이미지 처리를 위한 관찰 범위를 선택한 후 관찰 범위 이외의 화소는 모두 [x][y]=0으로, 즉 흑색으로 변환하였다. 관찰범위 내의 이미지에 대해서는 산란계의 각 부위별 RGB 값에 대한 히스토그램을 분석하여 Red, Green, Blue값에 대한 색상농도의 경계값을 찾아내고 경계값 내

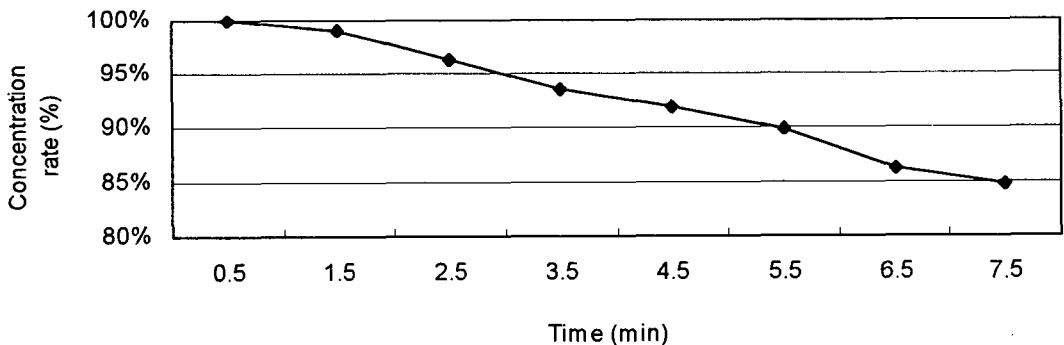


Fig. 4. The test results of intensity of concern of layers on feed by time interval after providing feed.

의 화소는  $[x][y]=255$ 로 그렇지 않은 화소는  $[x][y]=0$ 으로 변환하여 관찰범위내의 영상을 흑색과 백색으로 2진화 하였다. 산란계의 이미지 추출을 위한 각각의 농도는 촬영되는 조도의 값에 따라 변화된다. 따라서 본 실험에서는 영상이 명확하게 촬영될 수 있는 45 lx의 조도를 선택한 후 Red 0~140, Green 0~130, Blue 0~130의 범위를 선택하였다.

그림 5의 2진화된 이미지를 보면 일정간격을 사이에 두고 이미지들이 분리된 것을 확인할 수 있는데 이것은 산란계케이지 전면부의 철망이 빛의 반사를 일으켜 RGB 값이 모두 255을 나타냈기 때문이다.

**(2) 노이즈(Noise) 제거를 위한 필터링(Filtering)**

2진화된 영상은 노이즈를 다수 포함하고 있기 때문에 팽창 및 수축 기법을 이용하여 노이즈를 제거하였다.

이미지 내의 노이즈를 제거하기 위하여 팽창 처리를 한 후 수축처리를 하였으며, 배경에 대한 노이즈를 제거하기 위하여 수축처리를 한

후 팽창처리를 하였다. 이에 대한 결과는 그림 6과 같다.

**(3) 라벨링(Labeling)**

Filter 처리된 이미지중  $[x][y]=255$ 인 각각의 픽셀(Pixel) 덩어리에 Labeling 작업을 하였다. Label은 4 연결법과 8 연결법이 있는 데, 8 연결법을 사용하였다. Label은 왼쪽에서 오른쪽의 순으로 번호를 부여하였다. 이때 각각의 Label에 대한 면적을 함께 계산하였으며 면적이 200 픽셀이하인 Label을 노이즈로 가정하고 해당 Label을 모두  $[x][y]=0$ 으로 변환하여 Label을 제거하였다. 이것에 대한 결과는 그림 7과 같다.

**(4) 정상산란계에 대한 이미지 제거**

Filter 처리 후에 얻어진 이미지중 낮은 자세로 서있거나 자리이동을 위해 자세를 낮추게 되는 산란계의 이미지를 분리해내고 그에 해당하는 Label을 제거하기 위하여 이미지의 좌측상단의  $[x][y]=(0,0)$ 을 기준으로 각 Label들의 중심좌표(x,y)를 계산한 후 y의 값이 2진 처리된

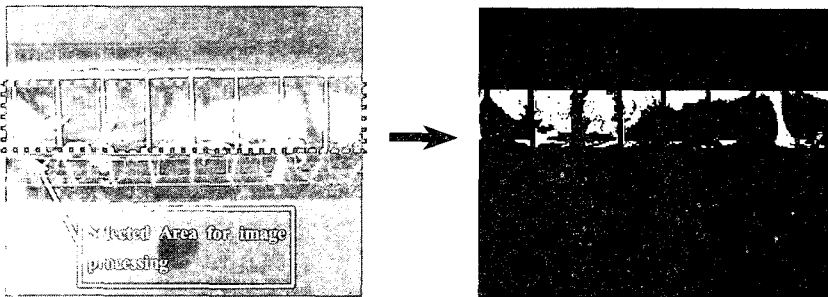


Fig. 5. An example of the captured image and binary-coded image.

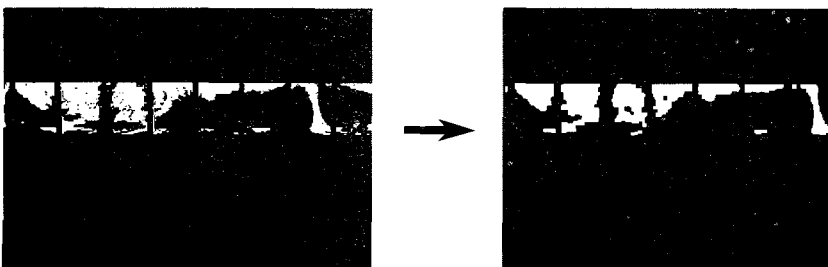


Fig. 6. The filtered images by erosion and expansion.

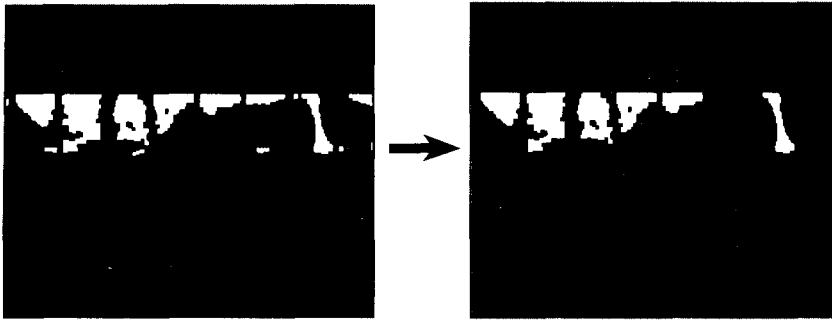


Fig. 7. One example of the labeling results after removing noise.

영상의 Y축 중심위치보다 약간 높은 80 이상이면 그 Label의 이미지에 해당되는 산란계는 쓰러져 있는 병계 및 폐사계로 판정한다. 반면 80 이하 이면 그 Label의 이미지에 해당되는 산란계는 서있는 정상 산란계로 판정하고 해당 Label에 대해 모두  $[x][y]=0$  으로 변환하여 해당 Label을 제거하였다. 이것에 대한 결과는 그림 8과 그림 9에서 확인할 수 있다. 그림 8은 정상산란계로 판정을 하여 정상 판정된 산란계의 이미지에 대한 Label이 제거된 것을 보여주는

것이고, 그림 9는 병·폐사계로 의심되어 의심된 Label이 제거되지 않은 것을 보여준다.

(5) 병·폐사계 판정을 위한 최종 면적분석  
 이미지 처리의 마지막 작업으로 각 Label간의 중심좌표 중 X축의 거리가 120 픽셀 이내 인 Label에 대해서는 한 마리의 이미지로 판단하고 범위내의 모든 Label의 면적을 합산하여 일정면적 이상이면 병계 및 폐사계로 판정을 하고 그렇지 않으면 정상으로 판정하도록 프로

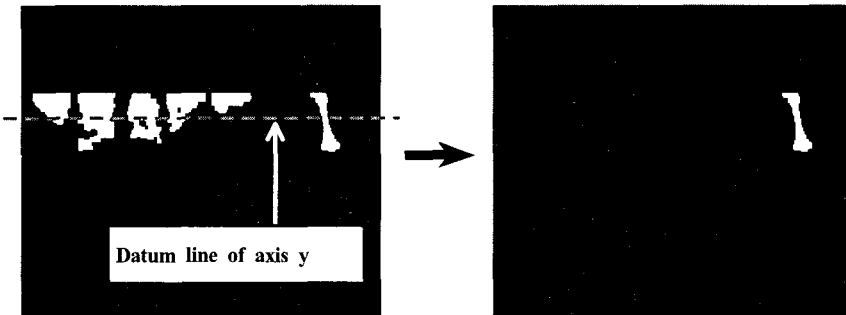


Fig. 8. An example of excluding the label of the healthy layers by the center coordinates(Healthy layers).

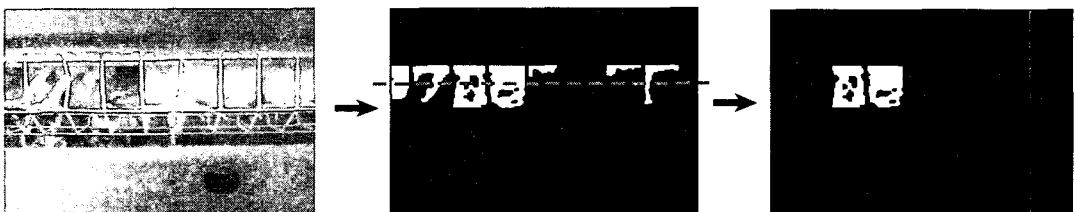


Fig. 9. An example of excluding the label of the healthy layers by the center coordinates (SDL).

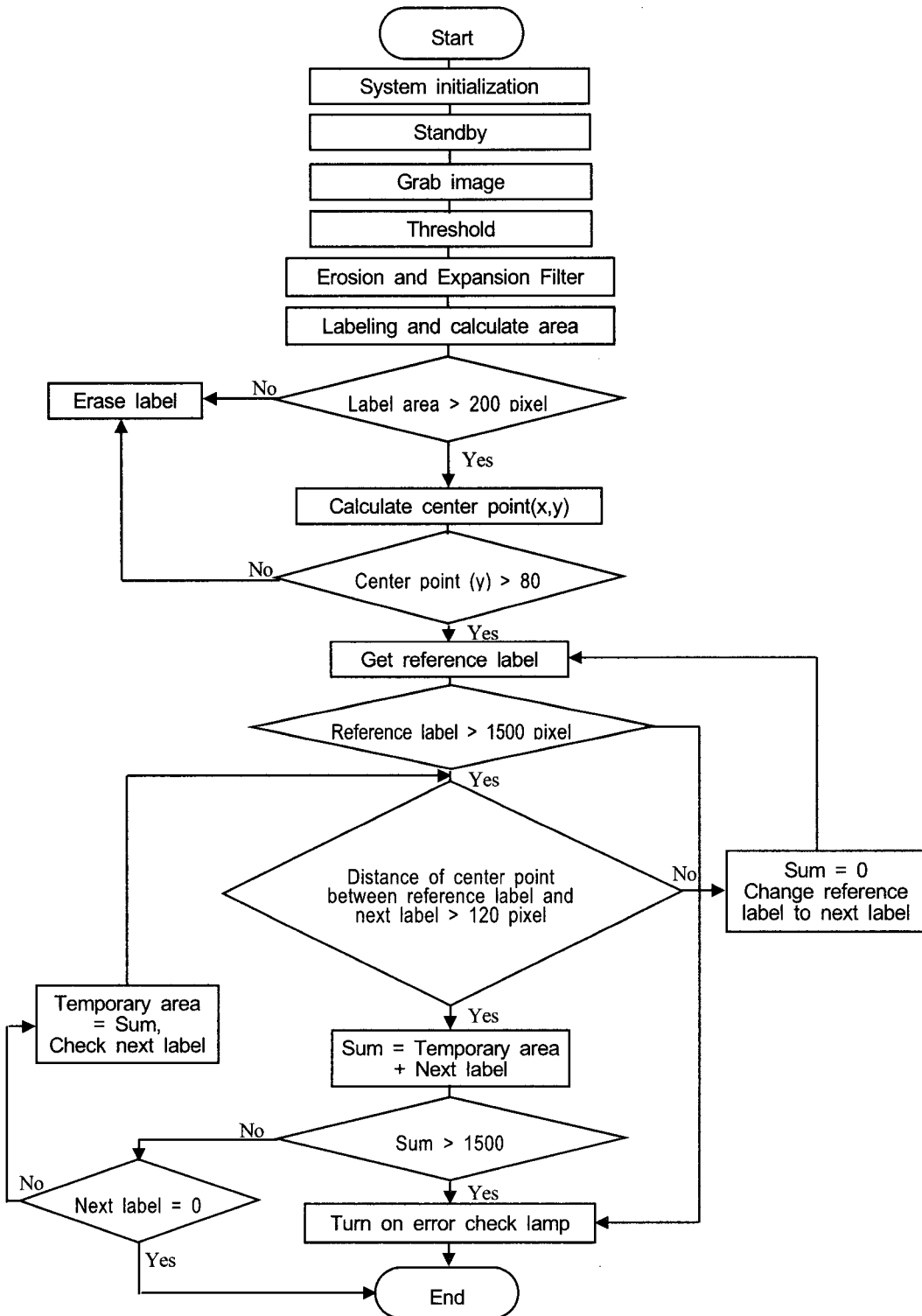


Fig. 10. Flow chart of image processing program for monitoring layers.

그래밍 하였다. 이것의 처리과정은 다음과 같다.

① 여러 처리과정을 거쳐 얻어진 이미지를 좌측에서부터 우측으로 검사하여 병계 및 폐사계로 의심된 Label의 유무를 확인한 후 병계 및 폐사계로 의심된 Label이 발견되면 해당 Label을 Reference label로 정하고 기준면적과 비교하여 1500 픽셀 이상일 경우 병계 및 폐사계로 판정하고 1500 픽셀 이하이면 다음의 Label을 검사하도록 하였다.

② Label들의 면적합계가 병계 및 폐사계로 판정되는 값을 얻을 때까지 Reference label 과 X축 사이 거리가 120 픽셀 이내인 모든 Label 들을 순차적으로 합산한다. 합산된 면적을 기준면적과 비교하여 1500 픽셀보다 크면 병계 및 폐사계로 판정하고 1500 픽셀 이하이면 정 산산란계로 판정한다.

③ 합산된 면적이 기준면적보다 작은 경우 합산된 모든 Label값을 버리고 Reference label

을 다음의 우측Label로 대체시킨 후 모든 Label 을 검사할 때 까지 ②의 과정을 반복 수행하게 된다.

(6) 소프트웨어 개발

병계 및 폐사계의 판별을 위하여 개발된 알고리즘은 C++언어와 호환되고, 계측제어 및 그래픽 처리를 하는데 용이한 LabWindows/CVI 언어를 이용하여 구현하였다. 개발된 프로그램의 순서도는 그림 10과 같고 개발된 프로그램의 주 화면은 그림 11과 같다.

프로그램의 왼쪽 상단에는 카메라로부터 입력된 실시간 이미지를 관찰할 수 있도록 하였고 중심의 상단에는 처리된 이미지를 확인할 수 있도록 하였다. 한편 자동으로 판정된 병계 및 폐사계에 대한 정보는 프로그램의 왼쪽하단에 LED 표시램프로 결과창을 만들어 병계 및 폐사계의 유무를 확인할 수 있도록 프로그래밍 하였다.

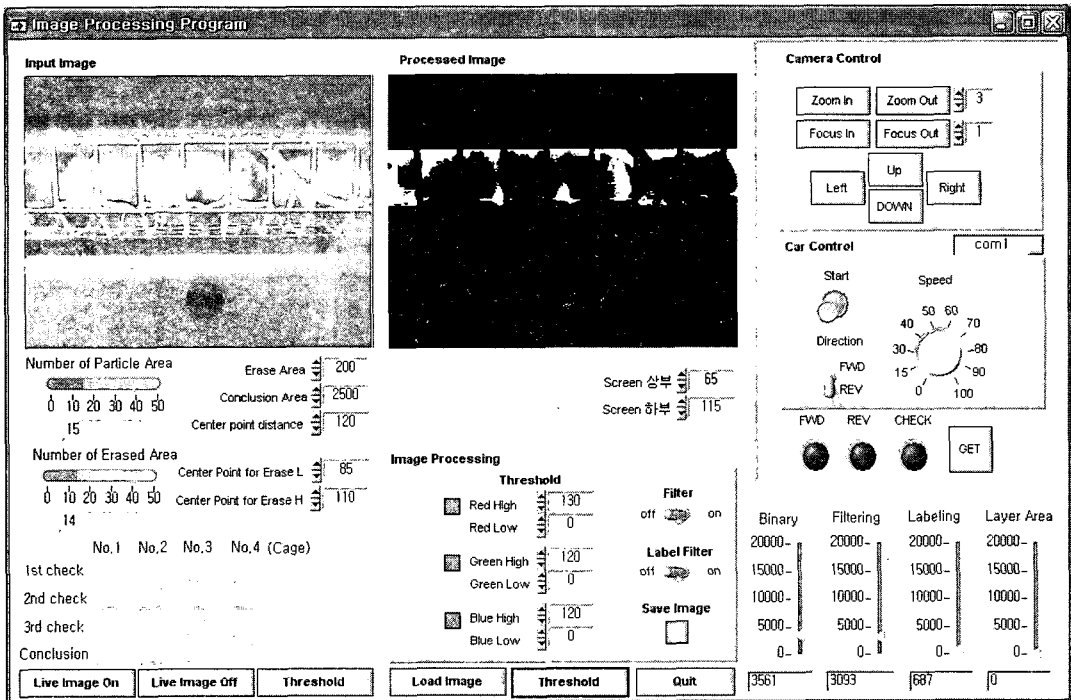


Fig. 11. The main display of the layer monitoring program developed.



## 결과 및 고찰

### 1. 병·폐사계의 판정 정확도

병·폐사계의 판정에 대한 실험을 하기 위하여 케이지당 산란계 5마리를 공시 하였다. 정확한 실험 및 결과를 얻기 위하여 정량의 사료를 매일 같은 시간에 급이 하였고 급이 후 30초 이후부터 5분 30초 까지 판정 실험을 실시 하였다. 실험은 두 종류의 실험을 진행하였으며 A형은 병·폐사계가 없는 4개의 산란계 케이지에 대하여 100회의 판정실험을 실시하였고, B형은 4개의 케이지에 각각 1마리의 기립이 불가능한 병·폐사계를 넣어 100회의 판정 실험을 실시하였다. 그 결과는 표 1과 같다.

Table 1. Monitoring correctness on SDL

| Monitoring result / Test type | Judging as the healthy | Judging as SDL |
|-------------------------------|------------------------|----------------|
| Cage with no SDL (Type A)     | 92%                    | 8%             |
| Cage with SDL (Type B)        | 4%                     | 96%            |

표 1의 결과에서 보는 것과 같이 정상인 산란계 케이지를 병계 및 폐사계가 있는 케이지로 오판한 비율은 8%로 나타났고 병·폐사계가 있는 산란계의 케이지를 정상산란계 케이지로 오판한 비율은 4%로 나타났다. 그 원인을 분석해 보면 A형의 실험에서는 산란을 위해 앉은 경우와 급이 후 사료를 섭취하는 과정에서 자리를 이동 또는 이동 후 불안정한 낮은 자세로 사료를 섭취하는 산란계로 인하여 정상임에도 불구하고 병·폐사계가 있는 케이지로 오판하는 결과가 나오게 되었으며, 보조조명에 의해 발생된 그림자가 산란계로 오판되는 경우도 발생되었다. B형 실험의 경우 대부분의 폐사계는 살아있는 닭에 의해 뒤로 밀려나게 되

는 것이 일반적이거나 폐사계가 전면부에 위치한 경우 원거리의 산란계보다 높은 조도가 형성되어 산란계의 이미지 추출을 위한 RGB 영역에서 벗어나 산란계의 이미지를 추출하지 못하게 되는 경우가 발생되었다. 또한 개발된 알고리즘으로 시스템을 구성하여 영상처리실험을 실시한 결과 판정에 소요되는 시간이 이미지의 종류에 따라 2초에서 3초가량 소요 되었다. 이렇게 많은 시간이 소요되는 것은 큰이미지를 사용한 것과 여러 가지의 영상처리기법을 적용하였기 때문인 것으로 판단되었다. 이미지 처리에 소요되는 과도한 시간이 본 실험에서는 문제점으로 부각되지 않았으나 자동화된 원격 감시시스템을 개발하여 대량의 산란계 케이지를 고속으로 감시하기 위해서는 시스템의 많은 부하가 초래될 것으로 판단된다.

### 2. 알고리즘의 개선안

이상의 성능실험에서 드러난 문제점들을 개선하기 위하여 아래와 같이 개선안을 나열해 보았다.

- ① 이미지 처리기법을 추가하여 보다 정확하게 산란계의 이미지를 추출할 수 있도록 알고리즘을 수정하여야 할 것이다.
- ② 보조조명장치를 제 설계하여 산란계의 그림자를 제거하고 그림자를 병·폐사계로 오판하지 않도록 하여야 할 것이다.
- ③ 입력된 이미지의 크기를 최소화하고 알고리즘을 단순화 하여 영상처리에 소요되는 시간을 대폭 줄여야 할 것이다.

## 적 요

본 연구는 병계 및 폐사계의 자동 판정을 위한 알고리즘을 개발하는 것을 목적으로 수행되었다. 알고리즘을 개발하기 위하여 산란계의 질병증상 및 행동을 분석하였고 개발된 알고리즘으로 시스템을 구축하고 프로그램을 제작하

여 성능을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약된다.

1. 병·폐사계의 판정을 위한 적정 촬영시간을 찾아내기 위해 산란계의 먹이에 대한 관심도를 조사한 결과 관심도가 90%를 넘는 급이 후 5분 30초 이내가 가장 적절한 것으로 판단되었다.

2. 외부의 빛을 차단하고 균일한 조도의 영상 얻기 위하여 Illumination chamber를 설치하였으며 보조 조명장치를 부착하여 조도를 45 lx 로 균일하게 하였다.

3. 산란계의 영상을 추출하기 위한 RGB의 농도범위를 Red 0~140, Green 0~130, Blue 0~130 으로 하였을 때 가장 좋은 영상을 얻을 수 있었다.

4. 병계 및 폐사계의 판별을 위하여 CCD 카메라로부터 얻은 이미지를 2진화하고 수축 및 팽창 처리를 하여 Noise를 제거하였으며, Labeling작업 후 중심점을 계산하여 정상인 산란계의 이미지를 제거하였다.

5. 개발된 알고리즘을 LABWindows/CVI를 이용하여 프로그램을 작성하였다.

6. 개발된 감시시스템을 이용하여 실험 유형별로 4개의 케이지 산란계 20 마리에 대하여 100회의 판별시험을 실시하였으며 그 결과 A

형의 실험에서 92%의 정확도를 나타냈고, B형의 실험에서 96%의 정확도를 나타냈다.

7. 개발된 영상처리알고리즘을 영상처리시스템에 적용하여 실험산란계사내의 고단직립식산란계케이지에서 실험을 실시한 결과 높은 성공률을 보였으며 앞으로 개발될 고단 직립식산란계케이지의 원격자동화감시시스템을 구성하는 데 있어서 적합한 영상처리알고리즘인 것으로 판단되었다.

## 인 용 문 헌

1. 유종철. 2004. 양계 시스템 사양관리 및 처방. (주)현축. 27-33
2. 장동일, 임영일, 장홍희. 1999. 영상처리와 인공지능망을 이용한 돼지의 체온조절행동 분류 시스템 개발 한국농업기계학회지, 24(5) 431-438.
3. 장동혁. 2001. (New Visual C++를 이용한)디지털 영상처리의 구현. 정보게이트.
4. 장요한, 장동일, 방승훈. 2001. 영상처리를 이용한 홍삼의 외형선별 시스템 개발. 한국농업기계학회, 26(3):279-286.
5. Landy, C. 1997. 영상처리이론과 실제. 홍릉과학출판사.