바이오시스템공학 (*J. of Biosystems Eng.*)
Vol. 31, No. 5, pp. 436~442 (2006)

기계시각을 이용한 고단 직립식 산란계 케이지의 유선 감시시스템 개발

정쌍양 장동일 이승주 소재광

Development of Wired Monitoring System for Layers Rearing in Muti-tier Layers Battery by Machine Vision

S. Y. Zheng D. I. Chang S. J. Lee J. K. So

Abstract

This research was conducted to design and develop a wired monitoring system for judging if sick or dead layers (SDL) exist in multi-tier layers battery (MLB) by machine vision, and to analyze its performance. In this study, 20 Brown Leghorn (Hi-Brown) layers aged 37 weeks old, were used as the experimental animals. The intensity of concern paid by layers on feed was over 90% during 5 minutes and 30 seconds after providing feed, and normal layers (NL) had been standing to take feed for that period. Therefore, in this study, the optimal judging time was set by this test result. The wired monitoring system developed was consisted of a driving device for carrying machine vision systems, a control program, a RS232 to RS485 convertor, an automatic positioning system, and an image capture system. An image processing algorithm was developed to find SDL in MLB by the processes of binary processing, erosion, expansion, labeling, and reckoning central coordinate of the captured images. The optimal velocity for driving unit was set up as 0.13 m/s by the test results for wired monitoring system, and the proximity switch was controlled not to be operated for 1.0 second after first image captured. The wired monitoring system developed was tested to evaluate the remote monitoring performance at lab-scale laying hen house. Results showed that its judgement success rate on normal cage (without SDL) was 87% and that on abnormal cage (with SDL) was 90%, respectively. Therefore, it would be concluded that the wired monitoring system developed in this study was well suited to the purpose of this study.

Keywords : Multi-tier layers battery, Wired monitoring system, Image processing, Layer rearing

1. 서 론

최근 한국의 경제적 발전으로 인한 식생활의 변화에 따라 국민 1인당 계란 소비량이 1992년 연간 1인당 9.7 kg이었던 것이 2002년에는 11.3 kg으로 지속적인 증가를 보였다(축산기술연구소, 2003).

계란의 소비량 증가에 따라 국내 산란계 사육수수도 꾸준히 증가하였지만 산란계 사육농가수는 점차적으로 줄어가고 있다. 특히 전체 산란계 사육농가 중에서 3만수 이상을 사육하는 농가에서 사육하는 산란계 사육수수가 차지하는 비율이 증가하였다. 이는 우리나라의 산란계 사육규모가 전업 내지는 기업규모로 변하고 있음을 나타낸다(농림부, 2002).

산란계사의 전업화·기업화·대형화됨에 따라 사육농가에서는 경제적인 면과 관리의 편리성을 고려하여 단위면적당 사육수수가 많은 고단 직립식 산란계 케이지를 선호하는 실정에 이르렀다. 고단 직립식 산란계 케이지를 사용하는 대부분의 농가에서는 4단 이상을 사용하는데, 장비나 기구를 사용하지 않고 육안으로 산란계의 생육을 관찰하는 것이 불가능하

This study was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea. This article was submitted for publication in March 2006, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in October 2006. The authors are Ssang Yang Zheng, Research Associate, Dong Il Chang, Professor, Seung Joo Lee, Research Associate, and Jae Kwang So, Research Associate, Division of Bioresources Engineering, Chungnam National University. The corresponding auther is D. I. Chang, Professor, Division of Bioresources Engineering, Chungnam National University, Deajeon, 305-764, Korea; E-mail: <dichang@cuvic.cnu.ac.kr>.

며, 4단 이상의 케이지에서 발생하는 병·폐사계의 빠른 조치를 할 수 없게 되어 결국 질병 확산의 원인이 되고 있다. 따라서 고단 직립식 산란계 케이지의 4단 이상을 유선 감시하여 병계 및 폐사계를 자동으로 판별할 수 있는 시스템의 개발이 절실히 필요한 실정에 이르렀다.

이에 본 연구의 목적은 고단 직립식 산란계 케이지 내를 감시하여 병계 및 폐사계를 판별할 수 있는 영상처리기법을 개발하여 설계·제작한 유선 감시시스템에 적용함에 있고, 유선 감시시스템의 성능을 평가함에 있다.

2. 재료 및 방법

가. 산란계의 행동분석 및 병·폐사계의 판정 기준

산란계는 케이지 내에서 군집사육을 하기 때문에 질병에 대한 미미한 외부변화의 경우 개별관찰이 어려워 영상을 이용한 판별이 힘들었으나, 병·폐사계에서 나타나는 가장 큰 증상인 기립불능을 이용할 경우 산란계의 질병 발생여부를 영상을 통하여 판별할 수 있다(백순용, 1995). 또한 산란계는 사료에 대한 관심도가 매우 높아 사료 급이시 케이지내의 모든 정상산란계들이 기립하여 급이통에 접근, 사료를 섭취하는 확률이 급이 후 5분 30초 내에 90%이상인 것으로 선행연구를 통하여 구명되었다(Fig. 1). 하지만 병·폐사계의 경우 케이지의 바닥에 쓰러져 있어 정상산란계와 확연히 구별할 수 있었다(Fig. 2(a)). 이상의 관찰 결과 급이 후 5분 30초 이내에 산란계의 기립여부를 병·폐사계의 판정기준으로 설정하였다.

나. 유선 감시시스템의 설계·제작

1) 구동시스템의 설계·제작

고단 직립식 산란계 케이지의 산란계 생육감시를 자동화하기 위해서는 구동시스템을 제어프로그램에 의하여 제어할 수 있어야 하며, 케이지내의 최적 영상을 획득하기 위하여 CCD 카메라가 일정 높이와 각도에서 전후로 이동하면서 각 케이지의 일정 위치에서 케이지의 영상을 획득할 수 있어야만 한다. 이에 구동시스템은 크게 구동부차체, 제어용 프로그램, RS232 to RS485 Convertor, 자동위치인식시스템으로 구성되었다.

구동부차체는 구동시스템이 케이지의 최상단부에 위치하기 때문에 차체 하중을 감소하기 위하여 알루미늄 합금을 사용하여 제작하였고, 감시시스템의 적정 이동속도를 도출해내기 위하여 구동모터에 공급되는 전원의 주파수 변조로 속도

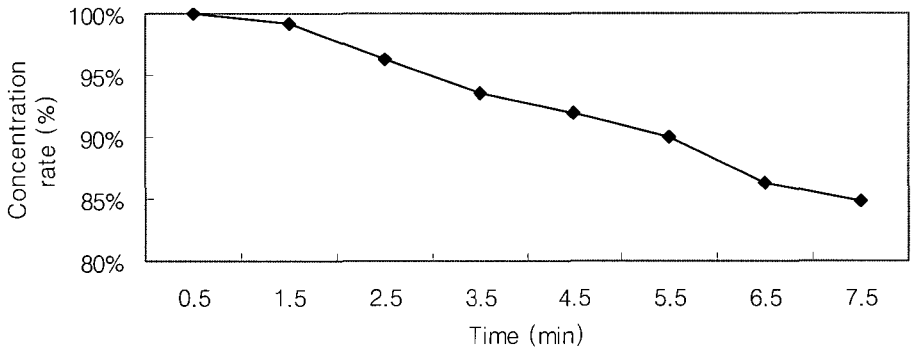

Fig. 1 Relationship figure between layers' concentration ratio and time after feeding.

(a) Captured image (b) Binary-coded image (c) Filtered image(erosion and expansion)

Fig. 2 Example of imaging processing.

(note : SDL - sick or dead layer, HL - healthy layer)

조절이 가능하게 구성하였다(Fig. 3).

제어용 프로그램의 경우, 구동시스템의 시작과 중단, 구동 방향, 운전속도, 영상처리기법 등을 제어할 수 있도록 Lab Windows/CVI를 이용하여 프로그래밍하였다. 또한 자동으로 판정한 병·폐사계가 있는 이상케이지에 대한 정보는 프로그램의 왼쪽하단에 LED 표시램프로 결과창을 만들었다(Fig. 4).

실제 산란계사의 길이는 약 100 m 정도이다. 제어용 컴퓨터의 통신방식인 RS232 통신의 통신가능 최대거리가 약 15 m인 관계로, 약 1200 m까지 통신이 가능한 RS485 통신방식으로 변환할 수 있는 RS282 to RS485 Convertor를 사용하여 RS232/RS485 Data 전송모듈을 구성, 유선 구동시스템을 제어하였다(Fig. 5).

구동시스템의 구동 중에 각 케이지별로 번호를 부여하고, 케이지 내의 정확한 영상을 획득하기 위하여 근접센서를 구동시스템에 장착하였고, 각 케이지마다 근접센서의 반응을 유도하기 위하여 금속편을 부착하였다. 근접센서로부터 입력받은 신호를 제어용 컴퓨터로 전송하기 위하여 RS232/RS485 Data 전송모듈을 이용하였다. 그리고 CCD 카메라에 의해 촬영되는 실시간 영상 중에 한 프레임을 자동으로 획득하여 영상처리하도록 제어프로그램을 프로그래밍하여 자동위치인식 시스템을 구성하였다.

2) 영상획득시스템의 구성 및 감시위치 선정

CCD 카메라로부터 얻은 영상을 MPEG-4 코덱을 사용하는 Web 카메라를 통해 영상을 압축, 압축된 영상을 LAN을 통해 제어용 컴퓨터에 전송하는 영상획득시스템을 구성하였으며, 보조조명장치를 장착한 Illumination chamber을 구성하여 영상이 명확하게 촬영될 수 있는 조도 45 lx로 설정하였다. 획득한 영상을 개발된 영상처리기법을 이용하여 병·폐사계가 있는 이상케이지 발생 여부를 판정하는 감시시스템을 개발하였다(Fig. 4).

영상획득 케이지의 454 mm 전방에서 각 케이지의 중앙부 영상을 각 케이지별로 획득하였고, 산란계 다리부분의 영상획득을 위하여 케이지 하단부 수평을 기준으로 8° 상향으로 영상을 촬영하도록 감시위치를 선정하였다(Fig. 6).

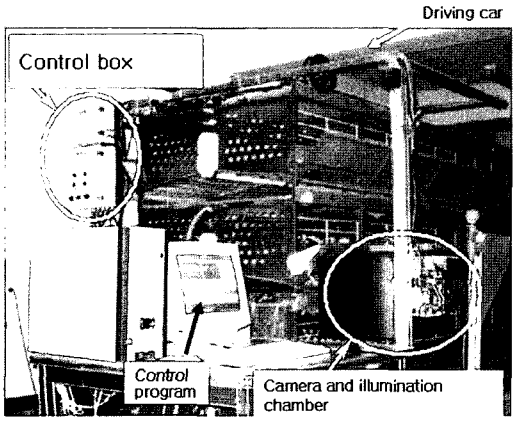

Fig. 3 Wired monitoring system.

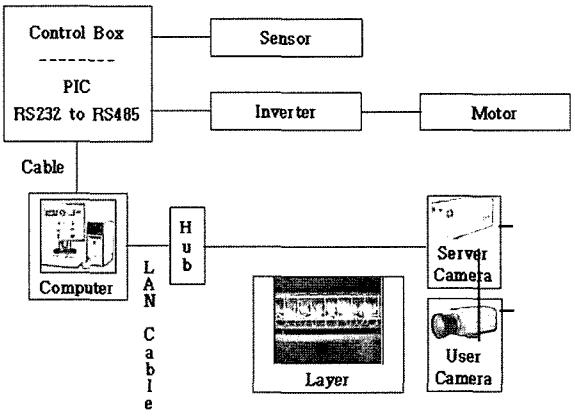

Fig. 5 Schematic of wired monitoring system.

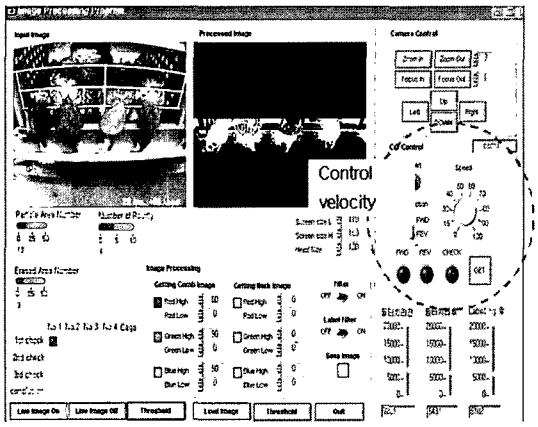

Fig. 4 Main display of control program.

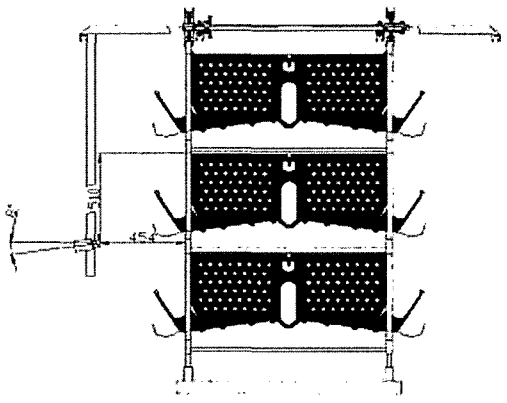

Fig. 6 Picture-taking position and angle of CCD camera.

3) 영상처리기법 개발

가) 획득영상의 2진화 및 불필요한 화소 제거

CCD 카메라로부터 입력된 영상(Fig. 2(a))을 가로 × 세로가 320 × 240화소인 RGB포멧의 형태로 변환하였다. RGB로 변환된 영상에서 관찰영역을 선택한 후 관찰영역 이외는 모두 흑색([x][y]=0)으로 변환하는 1차 2진화를 실시하였다(정쌍양, 2005). 예비실험을 통해 관찰영역내의 산란계의 깃털과 다리부분에 대한 RGB 값의 histogram을 분석하여 Red, Green, Blue에 대한 색상농도의 경계값(산란계의 색농도 범위인 R : 0～140, G : 0～130, B : 0～130)을 찾아냈다. 1차 2진화된 영상의 관찰영역 중에 RGB 색농도 범위 내의 화소들은 백색([x][y]=255)으로, RGB 색농도 외의 화소들은 흑색([x][y]=0)으로 변환하여 2차 2진화를 실시하였다(Fig. 2(b)).

2진화된 영상은 불필요한 화소를 다수 포함하고 있기 때문에 영상내의 불필요한 화소를 제거하기 위하여 팽창처리를 실시한 후 수축처리를 하였으며, 배경에 대한 불필요한 화소를 제거하기 위하여 수축처리를 실시한 후 팽창처리를 하였다(Fig. 2(c)).

나) Labeling

불필요한 화소가 처리된 영상 중 백색인 각각의 화소 덩어리에 8연결법을 사용한 labeling 작업을 하였다. 각각의 label에 대한 면적을 계산하였으며 면적이 200 화소 이하인 label을 불필요한 화소로 가정하고 해당 label을 제거하였다(Landy, 1997;정쌍양, 2005)(Fig. 7).

다) 이상영역 영상 제거

Filter처리 후에 얻어진 영상 중 낮은 자세로 서있거나 자리이동을 위해 자세를 낮추게 되는 정상산란계의 영상을 분리해내기 위하여 다음과 같은 영상처리법을 사용하였다. 영상 좌하단의 [x][y]=[0,0]인 점을 기준으로 각 label들의 중심좌표[x,y]를 계산한 후 label들의 y축 값이 2진화된 영상의 [0,160]보다 높은 위치에 있는 label은 정상산란계의 이상한 label로 판정되어 흑색으로 변환하여 해당 label을 제거하였다(Fig. 8). 반면 [0,160]보다 낮은 위치에 있는 label은 병·폐사계의 영상으로 판정하였다(Fig. 9).

라) 병·폐사계 판정을 위한 최종 면적분석

영상처리의 마지막 작업으로 각 label간의 중심좌표 중 X축의 거리가 120화소 이내인 label에 대해서는 한 마리의 영상으로 판단하고 범위내의 모든 label의 면적을 합산하여 일정 면적 이상이면 병·폐사계로 판정하였다. 반면 그렇지 않으면 정상으로 판정하도록 프로그래밍하였다. 이것의 처리과정은 다음과 같다.

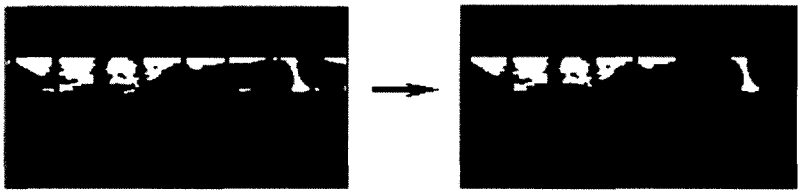

Fig. 7 Image of the labeling results after removing of unnecessary pixel.

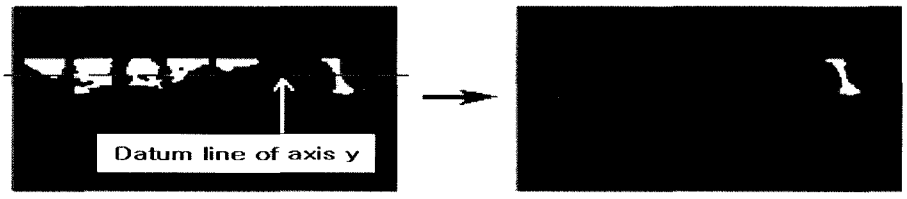

Fig. 8 Image after label exclusion by central coordinate (HL).

Fig. 9 Image after label exclusion by central coordinate (SDL).

① 여러 처리과정을 거쳐 얻어진 영상을 좌측에서부터 우측으로 검사하여 병·폐사계로 의심된 label이 영상 내에 존재하는지 유무를 확인한다. 그리고 병·폐사계로 의심된 label이 발견되면 해당 label을 reference label로 정하고 기준면적과 비교하여 1500화소 이상일 경우 병·폐사계로 판정한다. 반면 1500화소 이하이면 다음 label을 검사하도록 한다.

② Label들의 면적합계가 병·폐사계로 판정되는 값을 얻을 때까지 reference label과 X축 사이의 거리가 120화소 이내인 모든 label들을 순차적으로 합산한다. 합산된 면적을 기준면적과 비교하여 1500화소보다 크면 병·폐사계로 판정한다. 반면 1500화소 이하이면 정상산란계로 판정한다.

③ 합산된 면적이 기준면적보다 작은 경우 합산된 모든 label값을 버리고 reference label을 다음의 우측label로 대치시킨 후 모든 label을 검사할 때까지 ②의 과정을 반복 수행하게 된다.

다. 유선 감시시스템의 성능실험

1) 공시동물

본 연구에 사용된 산란계는 한국에서 가장 많이 사육되는 갈색레그혼(Hi-Brown)종으로 증체가 멈추게 되는 37주령 이상 된 산란계를 공시하였다. 산란계의 외부깃털은 갈색이고 평균 체중은 2 kg이었다. 충남대학교 농업생명과학대학 내의 실험계사에 설치한 고단 직립식 산란계 케이지에서 실험 시작 2주전부터 산란계의 적정 사료 급이량인 100 g/day을 정해진 시간에 8회 균등 분할하여 급이하였다(김우영, 1992).

2) 구동시스템의 구동속도 측정 실험

설계·제작된 구동시스템을 설치된 직립식 산란계 케이지에 장착하여 제어프로그램에서 구동모터에 공급되는 전원의 주파수를 변화시키면서 3반복 실험을 실시하였다. 본 연구에서 개발된 감시시스템이 이동 중에 케이지의 중앙부에서 영상을 획득하고 영상처리를 실시하는데 소요되는 시간이 최대 3~4초였다. 또한 실제 산란계사내에 설치된 호퍼식 급이기의 이동속도는 0.17 m/s이었다. 따라서 이러한 제약조건들을 고려하여 구동 가능 최저 주파수인 25 Hz부터 구동모터에 공급되는 전원의 주파수를 5 Hz씩 변화시키면서 60 Hz까지 실험을 실시하였다. 또한 설정한 각 주파수마다 케이지 중앙에서 획득한 케이지내의 영상을 육안으로 분석하여 적정 구동속도를 선정하였다.

3) 자동위치인식시스템의 최적 지연시간 측정 실험

설계·제작된 구동시스템의 최적구동속도인 0.13 m/s로 구동시스템을 구동하면서 상기한 자동위치인식시스템에 의해 케이지 중앙부의 영상을 획득하도록 감시시스템을 구성하였다. 그러나 구동시스템의 제어시스템은 근접센서가 금속편을 통과할 때 촬영되는 모든 영상을 제어용 컴퓨터에 전송하도록 되어 있다. 여러 장의 영상이 전송됨에 따라 영상처리가 지연되는 결과를 초래하여 근접센서가 금속편에 반응하여 획득되는 처음 영상만 제어용 컴퓨터에 전송하여 영상처리하고 일정시간 동안은 획득한 영상을 제어용 컴퓨터에 전송하지 않도록 프로그램을 수정하였다. 이에 본 실험에서는 첫 번째 영상 획득 후 센서가 반응하지 않는 최적의 지연시간을 설정하고자 3반복 실험을 실시하였다.

4) 병·폐사계의 판정 정확도 실험

병·폐사계 판정 정확도 실험을 하기 위하여 실험실 규모의 산란계사에서 직립식 케이지를 설치, 케이지당 산란계 5마리를 공시하였다. 정확한 실험 및 결과를 얻기 위하여 정량의 사료를 매일 같은 시간에 급이하였고, 급이 후 30초 이후부터 5분 30초까지 판정실험을 실시하였다. 정상산란계만 있는 4개의 정상케이지(각 케이지당 정상산란계 5마리씩)에 대하여 100회의 판정실험을 실시하였다. 또한 4개의 케이지에 각각 1마리의 기립이 불가능한 병·폐사계를 넣은 비정상케이지(각 케이지당 정상산란계 4마리, 비정상산란계 1마리)에 대해서도 100회의 판정실험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 구동속도 측정 실험 및 최적 지연시간 측정 실험 결과

설계·제작된 구동시스템의 구동속도 측정 및 최적 구동속도 선정을 위하여 실험을 실시하였다. 구동시스템의 이동거리는 5.0 m이였으며, 줄자 및 초시계를 이용하여 3반복 실험을 실시하였다. 또한 이동속도 측정실험과 동시에 각 측정 주파수마다 케이지내의 영상을 획득하여 육안으로 분석하였다. 그 결과 60 Hz 이하에서는 모두 정상으로 판정되었다(Table 1). 하지만 0.14 m/s 이상으로 구동시스템을 운용하였을 경우(정쌍양, 2005), 획득 영상에 불필요한 화소가 발생하였다.

획득 영상에 불필요한 화소가 발생하지 않고 구동시스템이 구동할 수 있는 최적의 속도인 0.13 m/s로 구동시스템을 구동하여 자동위치인식시스템의 최적 지연시간 측정 실험을 실시하였다. 그 결과 표 2에서 보는 바와 같이 1칸의 케이지에서 영상을 두 번 이상 획득하지 않게 하기 위한 최적 인식지

연시간을 1.0초로 설정해야 하는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 구동시스템의 최적 구동속도를 개발된 영상처리기법으로 케이지 내에 병·폐사계 존재 유무를 분석하는데 소요되는 시간과 한 케이지에서 두 개의 영상을 획득하는 것을 방지하기 위하여 개발된 자동위치인식시스템의 최적 지연시간까지 고려하여 케이지의 이동속도를 0.13 m/s (60 Hz)로 설정하였다.

나. 병·폐사계의 판정 정확도 실험 결과

상기와 같은 실험조건으로 정상산란계 및 병·폐사계 판정 정확도 실험을 실시한 결과는 표 3과 같다.

표 3의 결과에서 보는 바와 같이 정상케이지를 병·폐사계가 있는 비정상케이지로 오판한 비율은 13%로 나타났고, 병·폐사계가 있는 비정상케이지를 정상케이지로 오판한 비율은 10%로 나타났다.

그 원인은 A형(정상산란계만 있는 케이지)의 실험에서는 산란을 위해 앉은 경우와 급이 후 사료를 섭취하는 과정에서 자리를 이동 또는 이동 후 불안전한 낮은 자세로 사료를 섭취하는 산란계로 인하여 정상임에도 불구하고 병·폐사계가 있는 케이지로 오판하는 결과가 나타났다. 또한 보조조명에 의해 발생된 그림자를 병·폐사계로 오판하는 경우도 발생되었다.

B형(병·폐사계가 있는 케이지) 실험의 경우, 폐사계가 전면부에 위치하여 조도가 높은 빛에 의해 폐사계의 영상을 형성, 영상처리기법에서 선택한 RGB 영역에서 벗어나 영상을 추출하지 못하는 경우가 발생되었다. 또한 개발된 영상처리기법으로 판단실험을 실시한 결과 3~4초가 소요되었다. 따라서 자동화된 유선 감시시스템을 개발하여 대형 산란계사를 고속으로 감시하기 위해서는 시스템에 많은 부하가 발생될 것으로 판단되었다.

Table 1 Relationship between velocity and image result by the different motor frequency

Frequency (Hz)	Velocity of driving car (m/s)	Image result
25.0	0.0670	clear
30.0	0.0760	clear
35.0	0.0853	clear
40.0	0.0941	clear
45.0	0.1026	clear
50.0	0.1120	clear
55.0	0.1218	clear
60.0	0.1308	clear

Table 2 Relationship between recognizing time and accuracy

Recognizing time (s)	Accuracy (%)
0.1	4
0.2	18
0.4	43
0.6	65
0.8	87
1.0	100

Table 3 Monitoring correctness on SDL

Test type \ Monitoring results	Judging as HL (%)	Judging as SDL (%)
Cage with no SDL (Type A)	87	13
Cage with SDL (Type B)	10	90

다. 영상처리기법의 개선안

이상의 성능실험에서 드러난 문제점들을 개선하기 위한 수정·보안점을 요약해 보면 다음과 같다.

① 획득하는 영상의 크기를 최소화할 수 있는 이미지 압축 기술을 활용하여 영상 데이터의 전송시간을 줄여야할 것이다.

② 영상처리 알고리즘의 단순화를 통해 보다 정확하고 신속한 영상처리를 실시해야 할 것이다.

이러한 문제점들을 해결한다면 앞으로 개발될 고단 직립식 산란계 케이지의 원격 자동화 감시시스템을 구성하는데 있어서 적합한 감시시스템으로 판단되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 기계시각을 이용한 유선 감시시스템을 설계·제작하고, 고단 직립식 산란계 케이지 내를 감시하여 병·폐사계 유무를 판정할 수 있는 영상처리기법을 개발하고, 영상처리를 이용한 유선 감시시스템의 성능을 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 산란계의 급이 후 5분 30초 이내에 사료에 대한 반응도가 90%이상인 것을 이용하여 산란계의 급이 후 기립여부를 병·폐사계 판정기준으로 설정하였다.

2) 고단 직립식 산란계 케이지의 유선 감시시스템의 구동시스템은 크게 구동부차체, 제어용프로그램, RS232 to RS485 Convertor, 자동위치인식시스템으로 구성되었으며, 케이지 하단부 수평기준 8° 상향으로 산란계의 다리부분을 촬영하도록 설정하였다.

3) 병·폐사계 판정을 위하여 CCD 카메라로부터 얻은 영상

을 2진화하고 수축 및 팽창 처리를 하여 불필요한 화소를 제거하였으며, labeling작업 후 중심점을 계산하여 정상인 산란계의 영상을 제거하여 영상처리기법을 개발하였다.

4) 개발된 구동시스템의 구동속도 측정과 획득한 영상의 분석을 실시하여 최적 구동속도를 0.13 m/s로 설정하였고, 한 칸의 케이지에서 여러 장의 영상을 획득하지 않게 하기 위하여 첫 영상 획득 후 1.0초 이후에 근접센서가 반응하도록 자동위치인식시스템을 설계·제작하였다.
5) 개발된 유선 감시시스템을 이용하여 실험 유형별로 4개의 케이지/산란계 20마리에 대하여 100회의 판정실험을 실시하였는데, 그 결과 A형의 실험에서 87%의 판정 성공률을, B형의 실험에서 90%의 판정 성공률을 나타냈다.
6) 개발된 유선 감시시스템을 이용하여 고단 직립식 산란계 케이지에서 실험을 실시한 결과 높은 성공률을 보였으며, 발생된 문제점을 해결한다면 앞으로 개발될 고단 직립식 산란계 케이지의 원격 자동화 감시시스템을 구성하는데 있어서 적합한 감시시스템으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 가축통계. 2002. 농림부-국립농산물품질관리원.
2. 김시동 외 9인. 2003. 축산연구를 위한 통계자료집. 농촌진흥청 축산기술연구소.
3. 김우영. 1992. 양계 경영과 사육. 오성출판사.
4. 백순용. 1995. 닭의 질병. 내외출판사.
5. 장동일, 장홍희, 임영일. 1997. 이미지 처리를 이용한 돼지의 체온 조절 행동분류(I). 한국축산시설환경학회지 3(2): 105-113.
6. 정쌍양. 2005. 기계시각을 이용한 고단직립식케이지의 산란계 감시시스템 개발. 충남대학교.
7. 한국농업기계학회. 1998. 농업기계핸드북. 문운당.
8. Bato, P. M., M. Nagata, Q, Cao, B. P. Shrestha and R. Nakashima. 1999. Strawberry sorting using machine vision. ASAE Paper No. 993162.
9. Chang, Y. H., D. I. Chang and S. H. Bang. 2001. Development of a Korean red-ginseng's shape sorting system using image processing. J. of KSAM 26(3): 279-286.
10. Igueiredo, G. F., M. D. Dawson, E. R. Benson, G. L. Van Wicklen and N. Gedamu. 2004. Advanced in whole house machine vision based poultry behavior analysis. CSAE Paper No. 043084. Ottawa.
11. Landy, C. 1997. A Simplified Approach To Image Processing. Hung lung Science Publisher.