

최 종
연구보고서

고단 직립식케이지의 산란계 생육관리
감시 시스템 개발

Development of an Automated Management
Systems for Layer Reared in High and
Multi-layer Upright Cage

연 구 기 관

충 남 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고단 직립식케이지의 산란계 생육관리 감시 시스템의 개발” 과제
의 최종보고서로 제출합니다.

2006 년 5 월 24 일

주관연구기관명 : 충남대학교
총괄연구책임자 : 장 동 일
협동연구책임자 : 오 권 영
연 구 원 : 김 명 철
연 구 원 : 정 쌍 양
연 구 원 : 이 승 주
연 구 원 : 임 송 수
연 구 원 : 소 재 광
연 구 원 : 장 두 영
연 구 원 : 박 호 일
연 구 원 : 하 재 기
연 구 원 : 김 의 중
연 구 원 : 정 운 택
연 구 원 : 최 광 재
연 구 원 : 이 성 현
연 구 원 : 유 병 기
연 구 원 : 노 환 국

요 약 문

I. 제 목

고단 직립식케이지의 산란계 생육관리 감시 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

산란계사에 투여되는 많은 약품을 줄임으로써, 관리자의 경제적 손실을 막을 수 있고, 산란계에게 질병을 예방함으로써 산란계의 생산성 향상에 크게 기여할 수 있는 산란계 생육관리 감시시스템을 개발한다.

2. 연구개발의 필요성

국민 식생활 변화로 인한 계란의 소비량이 증가하였고, 산란계 농장은 단위면적당 사육수수를 높이기 위해 고단 직립식 산란계케이지를 이용하여 전업화·기업화되고 있다.

케이지 고단화로 인하여 케이지 4단 이상은 주기적 육안관찰이 불가능하여 폐사계의 발생과 부패 등으로 계사내의 환경이 악화될 뿐만 아니라, 질병발생의 원인이 되고 있어 농가에서는 도구를 이용, 많은 노동력과 시간을 투자하여 산란계 생육상태 감시를 하고 있는 실정이다. 또한 1일 1회 이상의 주기적 관찰이 불가능할 뿐만 아니라 수의사의 신속하고 정확한 진단을 받을 수 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 산란계의 생육상태를 영상처리시스템을 이용하여 케이지내에 병·폐사계 발생유무를 확인하고, 케이지 별 산란수량, 급이량, 급수량을 측정하여 케이지 내 산란계 생육상태를 종합적으로 분석하고자 하였다. 이를 활용하여 케이지 별 산란계 생육상태, 채산한계 등을 파악할 수 있는 산란계 생육상태 원격감시시스템을 개발하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구의 개발 내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 연구수행을 위한 기초자료 조사

- ▷ 산란계의 생리특성 및 질병
 - 문헌조사를 통해 산란계의 특성 파악
- ▷ 산란계사의 환경조사
 - 문헌 연구 및 현장조사를 통해 산란계사의 특성 파악
- ▷ 영상처리기법 및 무선 원격감시 및 제어
 - 동물의 생육상태 또는 식물의 등급판정에 활용한 영상처리기법에 대하여 문헌조사
 - 무선 랜 관련 내용, 무선 원격감시 및 제어에 대한 문헌조사

2. 유선 원격감시시스템의 개발

- ▷ 유선 원격감시시스템의 개발
 - 유선 원격감시시스템의 H/W 개발
 - 유선 원격감시시스템의 S/W 개발

3. 유선 원격감시시스템의 영상처리시스템 개발

- ▷ 병계 및 폐사계 자동판정 알고리즘의 개발
 - 입력영상의 특성분석(다리부분, 머리부분)

- 다리부분을 이용한 자동판정 알고리즘 개발
- 머리부분을 이용한 자동판정 알고리즘 개발
- ▷ 영상처리시스템의 성능평가

4. 유선 원격감시시스템의 성능평가

- ▷ 유선 원격감시시스템의 성능평가 방법
- ▷ 유선 원격감시시스템의 성능평가 결과

5. 무선 원격감시시스템의 개발 및 성능평가

- ▷ 무선 원격감시시스템의 개발
 - 무선 원격감시시스템의 H/W 개발
 - 무선 원격감시시스템의 S/W 개발
- ▷ 무선 원격감시시스템의 성능평가
 - 실험산란계사내에서의 성능평가
 - 실제산란계사내에서의 성능평가

6. 생육상태 진단 및 처방시스템 개발 및 성능평가

- ▷ 영상처리기법 개발
- ▷ 생육상태 진단 및 처방시스템 개발
- ▷ 생육상태 진단 및 처방시스템의 성능평가

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 계획 및 건의

1. 연구 개발 결과

가. 연구수행을 위한 기초자료 조사

1) 산란계의 생리특성 및 질병

산란계의 일반적인 수명은 65주령이고, 성계기의 일일 사료섭취량은 110 g/day이

다. 산란계의 생산성은 크게 온도, 습도, 환기, 조명, 설치류, 소음, 외부인의 잦은 계사 출입, 사료 급이 성분 불량, 부족한 음수 및 과급이 등에 의해 영향을 받는다.

산란계는 질병이 발생되었을 경우 급격한 사료섭취량 또는 음수량의 감소 및 급이시에 사료에 대한 반응이 없는 것으로 문헌 조사되어 산란계 생육상태 감시 적정 시간을 설정할 수 있었다.

2) 산란계사의 환경조사

직립식 산란계 케이지의 제원 및 산란계사의 제원을 문헌연구와 현장조사를 통하여 실시하였고, 이를 바탕으로 실험계사의 조성 및 운용을 실시하였다. 또한 원격감시시스템의 설계기준으로 활용하였다.

3) 영상처리기법 및 무선 원격감시 및 제어

동·식물의 생육상태 감시 및 등급 판정에 활용한 영상처리기법을 활용하여 영상감시시스템의 영상처리기법을 개발하였고, 무선 통신을 이용한 여러 가지 연구를 문헌 조사하여 무선 제어시스템 개발의 기초 자료로 활용하였다.

나. 유선 원격감시시스템의 개발

1) 구동시스템

직립식케이지의 특성을 고려하여 설계조건을 설정하여 하드웨어를 구성한 후 구동시스템의 미케니즘과 구동 알고리즘을 토대로 구동시스템의 소프트웨어를 개발하였다. 구동시스템의 최적 이동속도 설정 실험을 통하여 구동모터에 공급되는 전원의 주파수가 60 Hz일 때, 0.13 m/s로 설정하였다.

2) 제어프로그램

LabWindows/CVI를 이용하여 구동시스템의 제어부분, 영상처리를 위한 RGB 값 설정 부분, 영상처리 필터 설정 부분, 획득 영상과 영상처리 후 이미지를 보여주는 부분 등으로 구성하여 개발하였다.

3) 영상획득시스템

영상획득시스템은 CCD 카메라, 서버용 Web 카메라, 조명장치로 구성하였고, CCD 카메라에서 획득한 영상을 서버용 Web 카메라가 제어용 컴퓨터에 영상을 전송하도록 구성하였다. CCD 카메라의 감시각도는 각각 다리와 머리 감시시 렌즈와 수평선의 각도를 -8° , 49° 로 설정하였다.

4) 자동위치인식시스템

근접센서에서 케이지를 인식한 신호가 PIC보드를 거쳐 제어용컴퓨터에 전송되어 각 케이지별 영상의 획득 위치 자동으로 파악할 수 있게 시스템을 구성하였다. 또한 각 케이지 별로 실시간 영상 중에 한 프레임을 자동으로 획득하도록 하고 획득된 케이지에 지연시간 0.1초를 두어 케이지별 두 장 이상의 영상이 획득되는 것을 방지하였다,

5) 통신시스템

RS 232 데이터 전송 모듈, RS 485 데이터 전송모듈, RS 232 to RS 485 data convertor, LAN등을 활용하여 구동시스템의 제어 및 영상을 획득하고 전송할 수 있는 유선 통신시스템을 구성하였다.

다. 유선 원격감시시스템의 영상처리시스템 개발

1) 자동판정 알고리즘 개발

산란계의 다리부분과 머리부분의 이미지추출을 위해 RGB 농도 히스토그램 분석을 한 결과 다리부분은 R:0~140, G:0~130, B:0~130로, 머리부분은 R:0~130, G:0~110, B:0~110로 설정하였다. 설정된 농도값을 가지고 획득 이미지 중 해당 영역이 아니면 흑색으로, 해당 영역이면 백색으로 2진화하였고, 팽창·수축기법을 이용하여 2진화 영상의 노이즈를 제거하였다. 제거된 영상을 레이블링하고 최종 면적계산을 통해 케이지내 병·폐사계 발생유무를 확인하였다.

2) 영상처리시스템의 성능평가

다리부분의 영상감시를 이용하여 정상케이지 및 비정상케이지의 판정을 해 본 결과 각각 87%, 90%의 판정 성공률을 나타냈다. 오판의 원인은 정상산란계의 불안정한 자세, 병·폐사계의 기립 위치가 정상산란계보다 앞에 위치하여 조명에 의해 설정 RGB 영역을 벗어났기 때문이다.

또한 머리부분의 영상감시를 이용하여 판정을 해 본 결과 각각 51%, 63%의 판정 성공률을 나타냈다. 오판의 원인은 사료 섭취시 빈번한 머리의 이동, 자리이동 등이었다. 따라서 다리부분의 영상처리를 통하여 산란계의 원격감시시스템을 구성하기로 하였다.

라. 유선 원격감시시스템의 성능평가

개발된 구동시스템과 영상처리시스템을 활용하여 판정결과가 우수한 다리부분을

이용하여 실험계사에서 유선 원격감시시스템의 성능평가를 실시하였다. 그 결과 정상 케이스에서는 86%, 비정상산란계케이스에서는 89%의 판정정확도가 나타났다. 오판의 원인은 영상전송 지연, 불안정한 자세, 조명에 의한 영상이 설정 RGB 영역을 벗어난 경우 등이다.

마. 무선 원격감시시스템의 개발 및 성능평가

1) 무선 원격감시시스템의 H/W 개발

유선 원격감시시스템의 구동시스템을 사용하여 무선 원격감시시스템에 맞게 설계 변경하여 구동시스템을 구성하였다. 또한 기존의 PIC 타입의 제어방식을 프로그램 수정이 용이하고 안정적인 PLC 타입으로 교체하여 컨트롤 박스를 개발하였다. 유선을 무선으로 교체하여 통신시스템을 구성함에 따라 RS 485 to RS 232 data convertor, RS 232 to Ethernet data convertor 및 무선 AP 등을 사용하였고, 자동 위치인식시스템의 경우 기존의 근접센서 대신 컨트롤 트리거와 PIC 보드를 사용하여 위치인식으로 인한 통신의 지연시간을 감소시켰다.

데이터전송시스템 및 대화시스템은 기존의 Windows 메신저를 이용하여 원격접속을 제어용 컴퓨터에 접속, 획득이미지를 전송할 수 있게 하였고 수의사와 관리자간의 대화시스템도 구성하였다.

2) 무선 원격감시시스템의 S/W 개발

기존의 유선 원격감시시스템의 제어용프로그램을 무선제어가 가능하도록 프로그램의 알고리즘을 수정·보완하였다. 또한 실시간 이미지 처리방식에서 각 케이스별로 산란계의 이미지만을 획득한 후 일괄 영상처리하는 방식으로 프로그램을 수정하여 영상처리에 의한 지연시간을 감소시켰다.

3) 무선원격감시시스템의 성능평가

가) 실험산란계사내에서의 성능평가

실험계사에서 실시한 무선 영상전송속도 측정실험의 결과가 정지시: 120~360 kbps, 이동시: 637~760 kbp의 영상 전송속도를 나타냈다.

구동시스템의 적정이동속도인 0.13 m/s에서 재개발한 자동위치인식시스템의 적정 통신주기 설정 실험을 통신지연시간을 변경하면서 실시한 결과, 통신 주기를 2초 이상으로 늘려 통신횟수를 줄임으로써 과다 통신으로 인한 시스템의 과부하를 줄일 수 있었다.

무선 원격감시시스템을 이용하여 기존의 실험방식과 동일하게 실험산란계사내에서 정상케이지 및 비정상케이지에 대한 판정실험을 실시하였다. 그 결과 정상케이지 82.3%, 비정상케이지 87.5%의 판정 정확도가 나타났다. 오판의 원인은 무선통신의 traffic으로 인한 전송지연, 불안정한 자세, 조명에 의한 영상이 설정 RGB 영역을 벗어난 경우 등이다.

나) 실제산란계사내에서의 성능평가

실제계사에서 실시한 거리별 무선 영상전송속도 측정실험의 결과가 거리에 크게 상관없이 700~900 kbps의 전송속도를 나타냈는데, 이는 무선 AP의 성능에 크게 못 미치는 수준이었다. 또한 자동위치인식시스템의 성능에서 위치인식은 정확하였지만 무선통신 traffic으로 인하여 3.4%의 정확하지 못한 위치의 이미지를 획득하였다.

바. 생육상태 진단 및 처방시스템의 개발 및 성능평가

1) 영상처리기법 개발

트리거 신호에 의해 RGB 24 컬러 영상을 자동으로 획득된 영상을 수축, vid창, Sliding, Slice, 경계 값 처리, 라벨링 기법 등을 이용하여 영상처리기법을 개발하였다.

2) 생육상태 진단 및 처방시스템의 개발 및 성능평가

일정시간이 되면 구동시스템이 작동되게 설정하였고, CCD 카메라를 이용하여 산란계의 영상을 각 케이지별로 획득하여 산란수량을 측정할 수 있는 영상처리시스템을 구성하였다. 또한 각 케이지별 급이·급수량 측정 시스템을 구성하였다.

계사내의 생육상태 표준을 설립하기 위하여 온·습도, 암모니아 가스농도를 계측하였다.

2. 활용에 대한 계획 및 건의

가. 본 연구과제개발에 의한 기대효과

- 산란계용 고단 직립식케이지의 원격감시 및 관리기술 개발에 기초를 마련
- 다른 축산시설에도 응용 가능

- 계란의 생산단가 하락과 생산성 향상에 기여
- 외부로부터 질병 등의 유입 및 확산을 미연에 방지할 수 있음
- 산란계의 산란기간 예측 가능

나. 연구개발결과의 활용에 대한 계획

- 사각지대의 병·폐사계 감시에 대한 시스템의 보완
- 비교적 높은 판정 실패율에 대한 시스템의 보완
- 비정상케이지 판단 표시의 단순화를 통한 시스템의 보완
- 무선 원격감시시스템에 관한 기술특허
- 산란계 생육상태 감시시스템에 관한 기술특허
- 축산시설내 기계장치의 무선 제어시스템 운용기술
- 병·폐사계 발생을 자동으로 판정할 수 있는 무선 원격감시시스템 운용기술
- 케이지별 산란수량 측정시스템의 운용기술

다. 연구개발결과의 활용을 위한 건의

- 적극적인 산업재산권 보호를 위한 정부의 노력
- 산업화를 위한 추가 연구

SUMMARY

I. Title

Development of an Automated Management Systems for Layer Reared in High and Multi-layer Upright Cage

II. Objectives and Necessity of Research

1. Objectives of Research

The purpose of this study is to design and develop an automated management system for layer reared in high and multi-layer upright cage, which can prevent economical damage of administrator by reducing of a lot of manpower and time to manage layer house and can contribute greatly in productivity increases of them by preventing spread of their diseases efficiently.

2. Necessity of Research

The egg consumption increased by change of the food life, and the layer farmers industrialized and commercialized using high and multi-layer upright cage to increase the number of breed per unit area.

Over the 4 story cages, it is impossible to observe layers and it causes the occurrence of dead layers and worsens the environment inside of the layer house

due the dead layers, causes the disease. Thus, farmers observe the layers' rearing condition using equipment with a large amount of the time and labor. Also, it is impossible to observe once a day, and to have accurate and speedy diagnosis by veterinarian.

This research carried out to identify the sick or the dead layers(SDL) inside of cage using an image processing system of layers' rearing, and to analyze the layers' rearing inside of the cage by measuring the quantity of egg production, the amount of feed, an the amount of water per cage, and to develop a remote monitoring system for rearing conditions of layers capable of grasping the layers' rearing and a profitable limit by cages.

III. The Content and Range of Research

The content and range of this research are as follows.

1. Basic reference investigation for research achievement

- ▷ Physiological characteristics and diseases of layers
 - Research of layers' characteristics though reference study
- ▷ Environmental research of layer house
 - Research of layer house's characteristic though reference study and field study
- ▷ Image processing method and wireless remote monitoring and control
 - Reference study of image processing method for rearing condition of animals and grade judgement of plants
 - Reference study of wireless LAN, wireless remote monitoring and control

2. Development of wired remote monitoring system(RMS)

- ▷ Development of wired RMS
 - H/W development of wired RMS
 - S/W development of wired RMS

3. Development of image processing system for wired RMS

- ▷ Development of algorithm for automated judgement of the sick and the dead layers(SDL)
 - Analysis characteristics of input image(legs parts, head parts)
 - Development of automated judgement algorithm using legs of layers
 - Development of automated judgement algorithm used heads of layers
- ▷ Performance test of image processing system

4. Performance test of wired RMS

- ▷ Methods for performance test of wired RMS
- ▷ Results of test

5. Development image processing system for wired RMS and its performance test

- ▷ Development of wireless RMS

- H/W development of wireless RMS
- S/W development of wireless RMS
- ▷ Performance test of wireless RMS
 - Performance test of wireless RMS in experimental layer house
 - Performance test of wireless RMS in farm layer house

6. Development of a diagnosis and prescription system for rearing conditions of layers and its performance test

- ▷ Development of image processing method
- ▷ Development of a diagnosis and prescription system for rearing conditions of layers
- ▷ Performance test of a diagnosis and prescription system for rearing conditions of layers

IV. Results and Discussions for Application

1. Results of the study

A. Date research for study accomplishment

1) Physiological characteristics and disease of layers

General life span of the layer is 65 weeks, and daily feed intake of mature

layers is 110 g. The productivity of the egg layers is affected by temperature, humidity, ventilation, illumination, rodents, noise, frequent in and out of outsider, poor ingredients of feed, lack of water or over intake.

Proper observation time of layers' rearing was selected based on the data stated that the feed intake and/or water intake of layers sharply decrease and/or no response on feed when disease broke out.

2) Environmental research of layer house

The specification of upright layer cage and the specification of layer houses were carried out by data and field research, and based on the research, the construction and operation was carried out. Also, that information was applied for the design base of a remote monitoring system.

3) Image processing method and wireless remote monitoring and control

The image processing method of the imaged monitoring system was developed using an image processing system applied to observation of growth status and grade evaluation of animal and plant, various researches employed the wireless communication was used to develop the wireless control system.

B. Development of wired RMS

1) Driving system

Software for the driving system was developed based on the mechanism and algorithm of the driving system after organized the hardware and selected the design condition considering the upright cage characteristics. Optimum transfer speed of the driving system was selected as 0.13 m/s at 60 Hz of the power source.

2) Control program

The control program was developed which consisted of a control system for the driving system, selection of the RGB value for the image processing, selection of the filter for the image processing, and image display of grabbed image and processed image.

3) Image grabbing system

The image grabbing system was consisted of CCD camera, Web camera for servo, and illumination equipment. The grabbed image was transferred to the control computer by the Web camera. The observation angle of the CCD camera from the horizon was selected as -8 or 49 degree for the observation of legs or heads the layers, respectively.

4) Automatic position recognition system

The system was consisted as to capable of identifying the image grabbing position automatically per each cage by a signal from an proximity sensor recognized a cage and transferred to the control computer through PIC board. Also, this system grabbed an image per cage automatically among real-time image, and protected grabbing the image more than two images by setting a lag time of 0.1 second on the grabbed cage.

5) Communication system

The communication system was consisted of RS 232 data transfer module, RS 485 data transfer module, data convertor, and LAN, and it controlled the driving system and grabbed images and transferred images.

C. Development of image processing system for wired RMS

1) Development of an algorithm for automated judgement

The depth of RGB histogram was analyzed to capture the images of head and leg of layers. By the analyzed results, for the legs, the values were established as R : 0-140, G : 0-130, B : 0-130; for the heads, those were set as R : 0-130, G : 0-110, B : 0-110. the cage was identified by final area calculation after labeling.

The captured images of layers were processed for binary-coded images such as black color for out ranges and white color for ranges of RGB depth established, and the noises of the binary-coded image were removed by the filter techniques of erosion and expansion. Then the existence of SDL were confirmed by labeling and area calculation of the images processed.

2) Performance test of the image processing system

In order to evaluate the judgment success ration to find SDL in the cages, performance tests were taken for two cases. One was monitoring legs of layers and the other one was monitoring heads of layers by the RMS systems developed. For monitoring legs of layers, the judgment success ratio for SDL were 87% and 90% without and with abnormal layers in cages, respectively. For the case of monitoring heads of layers, the judgment success ratio for SDL were 51% and 63% without and with abnormal layers in cages, respectively. Therefore, the RMS for SDL was constructed for monitoring legs of layers in cages.

D. Development of a wireless RMS and its performance test

1) H/W development of wireless RMS

Utilizing the driving system of the wired RMS, a driving system was

constructed, which was redesigned in order to fit for the wireless RMS developed. And a control box was developed by adopting PLC, of which control program was more easy to revise and stable, instead of PIC control method. As a result of substitution the wired RMS with the wireless RMS, communication system consisted of a RS 485 to RS 232 data convertor, a RS 232 to Ethernet data convertor, and wireless AP. For the automatic acquisition of position, a proximity sensor was substituted with a control trigger and a PIC board. This substitution made it possible to reduce the time of communication. For the wireless RMS, the data transmission systems and the conversation system were developed to reach and send the captured images to the control system through Windows Messenger, which also could be used to have conversation between the systems manager and a veterinarian for about layer conditions.

2) S/W development of wireless RMS

For the development of S/W, the algorithm of existing control program for the wired RMS was modified and replenished to meet the requirement of wireless control. Also the existing S/W using real-time image processing method was modified to use batch processing of layers' image of each cage in order to reduce the time delay caused by image processing.

3) Performance test of the wireless RMS

a) Performance test in experimental layers house

In the experimental layers house, the wireless image transmission speed was 120-360 kbps for stillness, and 637-760 kbps for shifting. Several experiments were conducted with various image transmitting speed to find the optimum transmitting speed of the automatic acquisition of position, which was redesigned for driving system operated at the optimal driving speed of 0.13 m/s. Results showed that the system over-load could be reduced by increasing the periodic time to more than two seconds, which resulted in less transmitting

frequency. The developed wireless RMS was tested for monitoring efficiency evaluation at a pilot farm. As a result, monitoring layers in cages without and with abnormal layers, the judgment success ratio for judging if SDL exist, was 82.3% and 87.5%, respectively. The causes of misjudgment were due to the transmitting delay by communication traffic, unstable posture of layers, and capturing images for out of RGB depths established due to intensity of illumination.

b) Performance test in farm layer house

The wireless communication performance was tested at farm layer house that had 70m length and equipped with high multi-tier vertical cages and automated equipment. The image transmitting speeds were measured at every one meter while the AP and CCD camera were moving in a layer house. The results of the image transmitting performance were as follows: the image transmitting speed was 700–900 kbps where ventilation fans, feeders, and drying belts for layer dropping and others were being operated. And the performance of position acquisition was accurate, when the automatic position acquisition system was tested. But, among the position images, owing to communication traffic, about 3.4% of images were not correct.

E. Development of a diagnosis and prescription system for rearing conditions of layers and its performance test

1) Development of image processing method

An image processing method was developed by applying erosion, expansion, sliding, slice, threshold process, and labelling on RGB 24 color images captured by trigger signals.

2) Development of a diagnosis and prescription system for rearing conditions

of layers and its performance test

The driving system carrying image capturing system was programmed to be operated by the designated time period. And an image processing system was constructed with a CCD camera to measure the quantity of egg production. Also, the measurement system was constructed to measure the quantity of feed and watering .by cage. In order to establish the standards of rearing conditions of layers, a set of measurement system was installed in the experimental layer house and measurement was taken for temperature, humidity, and concentration of NH₃.

2. Plan and recommendation for application

A. Expectations on this research project

- Providing the basis for the remote monitoring and management skill for multi-tier vertical cages of layer
- Possible application on other livestock housing and facilities
- Decreasing egg production costs and increasing productivity of egg
- Prevention of disease inflow from outside and its spreading
- Possible forecasting on egg delivery period of layers

B. Plan for application of study results

- Complement of the developed system for monitoring sick or dead layers at blind areas
- Complement of the developed system with relatively high misjudgement ratio

- Complement of the developed system by simplifying the abnormal cage judgement indication
- Applying patent on wireless remote monitoring systems
- Applying patent on monitoring system of rearing conditions of layers
- Application of wireless control system for mechanical equipment in livestock facilities
 - Application of wireless remote monitoring systems for automated judging the existence of the sick and the dead layers
 - Application of measurement system for measuring egg production by cage

C. Discussions for Application of the Study Results

- Effort of government for protection of industrial property right
- Supplement study for industrialization

CONTENTS

Chapter 1. Summary of research and development	27
Section 1. Necessity of research and development	27
Section 2. Objectives of research and development	29
Section 3. Contents of research and development	30
Chapter 2. Current status of technical development in nation and foreign countries	33
1. Animals	33
2. Plants	34
Chapter 3. Contents and results of research and development achievement	35
Section 1. Physiological characteristics and diseases of layers	35
1. General physiological characteristics of layers	35
2. Influence factor of layers' rearing	35
3. Diseases list and symptoms of layers	38
4. Diseases symptoms judging by external appearance of layers	39
Section 2. Environmental research of layer house	40
1. High and multi-layer upright cage	40
2. Layer house	43

Section 3. Wireless LAN	46
Section 4. Development of wired RMS	49
1. Introduction	49
2. Reactions of layers after feeding	49
3. Design conditions of wired RMS	51
4. Design and manufacture of wired RMS	51
5. Performance test of wired RMS	65
6. Improvements of wired RMS	70
Section 5. Development of image processing system for wired RMS	71
1. Introduction	71
2. Development of algorithm for automated judgement of SDL	71
3. Performance test of image processing system	91
4. Problems of image processing system	98
Section 6. Performance test of wired RMS	99
1. Introduction	99
2. Materials and methods for performance test of wired RMS	99
3. Results of test	102
Section 7. Development of wireless RMS	105
1. Introduction	105
2. H/W Deveolpment of wireless RMS	105
3. S/W Deveolpment of wireless RMS	117
4. Comparison of wired RMS and wireless RMS	118
Section 8. Performance test of wireless RMS	120
1. Performance test of wireless RMS in experimental layer house	120
2. Performance test of wireless RMS in farm layer house	126
3. Modifications of control program for wireless RMS	128
Section 9. Development of a diagnosis and prescription system for rearing	

conditions of layers	130
1. Introduction	130
2. Development of image processing methods	130
3. Development of a diagnosis and prescription system	133
Section 10. Performance test of a diagnosis and prescription system for rearing	
conditions of layers	142
1. Spots and methods of test	142
2. Results of test	145
Chapter 4. Achievement of objectives and contribution to	
associated area	161
Section 1. Achievement of objectives of research and development	161
Section 2. Contribution to associated area	162
Chapter 5. Plan of application of research and development results	163
Chapter 6. Collected foreign science and technology information during	
research and development	164
Chapter 7. References	166

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	27
제1절 연구개발의 필요성	27
제2절 연구개발의 목적	29
제3절 연구개발의 범위	30
제 2 장 국내외 기술개발 현황	33
1. 동물	33
2. 식물	34
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	35
제1절 산란계의 생리특성과 질병	35
1. 산란계의 일반적인 생리특성	35
2. 산란계의 생육에 영향을 미치는 인자	35
3. 산란계의 질병 항목 및 증상	38
4. 산란계의 외형으로 판단하는 질병 증상	39
제2절 산란계사의 환경조사	40
1. 직립식 산란계 케이지	40
2. 산란계사	43
제3절 무선 랜(Wireless LAN)	46
제4절 유선 원격감시시스템의 개발	49

1. 서론	49
2. 급이 후 산란계의 반응	49
3. 유선 원격감시시스템의 설계기준	51
4. 유선 원격감시시스템의 설계 및 제작	51
5. 유선 원격감시시스템의 성능평가	65
6. 개선점	70
제5절 유선 원격감시시스템의 영상처리시스템 개발	71
1. 서론	71
2. 병계 및 폐사계 자동판정 알고리즘의 개발	71
3. 영상처리시스템의 성능평가	91
4. 영상처리시스템의 문제점	98
제6절 유선 원격감시시스템의 성능평가	99
1. 서론	99
2. 유선 원격감시시스템 성능평가의 재료 및 방법	99
3. 유선 원격감시시스템 성능평가의 결과	102
제7절 무선 원격감시시스템의 개발	105
1. 서론	105
2. 무선 원격감시시스템의 H/W 개발	105
3. 무선 원격감시시스템의 S/W 개발	117
4. 유선 원격감시시스템과 무선 원격감시시스템의 비교	118
제8절 무선 원격감시시스템의 성능평가	120
1. 실험산란계사내에서의 무선 원격감시시스템 성능평가	120
2. 실제산란계사내에서의 무선 원격감시시스템 성능평가	126
3. 무선 원격감시시스템의 제어프로그램 수정	128
제9절 생육상태 진단 및 처방시스템 개발	130
1. 서론	130

2. 영상처리기법 개발	130
3. 생육상태 진단 및 처방시스템 개발	133
제10절 생육상태 진단 및 처방시스템의 성능평가	142
1. 성능평가의 장소 및 방법	142
2. 성능평가의 결과	145
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	161
제1절 연구개발목표의 달성도	161
제2절 관련분야의 기술발전예의 기여도	162
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	163
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	164
제 7 장 참고문헌	166

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 개발 기술의 개요

최근 경제적인 발전으로 인한 식생활의 변화에 따라 계란의 소비량은 1991년에 1인당 소비량이 178개였던 것이 2002년에는 203개로 지속적으로 그 소비량이 증가하였음을 알 수 있다. 소비량이 급격히 증가하고 있는 계란을 생산하기 위하여 사육되고 있는 산란계 사육수수는 2004년 말 현재 47,880,881수였다. 또한 산란계의 경우 10,000수 이하의 규모에서 사육되고 있는 수수의 비율은 전체 산란계 수수의 9.7%에 지나지 않고 10,000수 이상의 규모에서 사육되고 있는 수수의 비율은 90.3%나 되어 우리나라의 산란계 사육 규모가 전업 내지는 기업규모로 변화하였다는 것을 알 수 있다.

따라서 산란계 농가에서는 단위면적당 사육수수의 증가를 위해 계단식케이지(A형)에 비하여 단위면적당 사육수수가 높은 직립식케이지를 많이 사용하고 있는 실정이다. 또한 직립식케이지의 고단화를 이루어 단위면적 당 사육수수를 더욱 증가시키고 있는 실정이다.

케이지 고단화로 인하여 케이지 4단 이상은 주기적 육안관찰이 불가능하여 폐사계의 발생과 부패 등으로 계사내의 환경이 악화될 뿐 만 아니라 질병발생의 원인이 되고 있어 농가에서는 케이지 중간에 작업대 또는 사다리를 이용하여 상부의 케이지를 관리, 관찰하고 있으나 이 또한 많은 노동력과 시간이 소요되므로 주기적 관찰은 힘든 실정이다. 따라서 영상처리 등을 이용한 관찰시스템이 절실하게 필요한 실정이다. 또한 관리자가 산란계의 생육상태를 직접 관찰할 수 있더라도, 사육상의 이상 상태를 처방할 수 있는 능력이 부족하므로, 수의사의 신속하고 정확한 진단을 받아야 된다. 이를 위하여 정확한 생육상태 판단을 위해 저장되는 영상자료를 수의사의 원격컴퓨터에 전송하여 수의사가 산란계의 생육상태를 판단하게 한다. 이 때 산란계 케이지 안의 사육두수, 생육상태, 사료섭취상태, 산란수량이 이상이 있을 경우, 수의사가 영상처리장치를 원격리 원격제어하여 해당 케이지의 생육상태를 자세히 실시간으로 관찰하여 수의사가 진단 후 원격리 통신을 통해 농장주와 상의하게 한다. 수의사의 처방방법을 전달받은 농

장주는 해당 산란계의 생육상태 등을 직접 확인 후 수의사의 지시에 따라 처리하는 시스템 개발을 필요로 한다.

2. 기술개발의 효과

가. 기술적 측면의 기대효과

- 1) 산란계용 고단 직립식케이지의 원격감시 및 관리기술 개발의 기초를 마련할 수 있다.
- 2) 노동력 부족으로 인해 제한된 농장규모를 시설화에 의해 대폭 증가시킬수 있다.
- 3) 다른 축산시설에도 응용될 수 있으므로 큰 파급효과가 있다.

나. 경제·산업적 측면의 기대효과

- 1) 관리인원의 노동력 절감으로 생산단가 감소를 가져올 수 있고, 생산력 향상에 큰 도움을 줄 것이다.
- 2) 산란계의 실시간 생육상태 감시로 인해 질병 등의 유입 및 확산을 미연에 방지할 수 있다.
- 3) 산란계뿐 만 아니라 다른 양계시설과 축산시설에 응용할 수 있을 것이다.
- 4) 개별산란수량 평가시스템의 활용으로 산란계의 산란기간을 예측할 수 있을 것이다.

제 2 절 연구개발의 목적

산란계의 사육관단을 하기위한 기초연구로 산란계의 생리특성 및 질병, 사육상의 특성을 파악한다. 또한 직립식 케이지에 대한 구조적인 특성을 파악한다. 영상처리 알고리즘, 영상획득시스템, 조명장치, 구동시스템, 통신시스템을 구성하여 유선 원격감시시스템을 개발하고, 유선 원격감시시스템의 문제점/미비점을 보완할 수 있는 무선 원격감시시스템, 산란수량 측정시스템, 급이·급수량 측정시스템을 개발함으로써 산란계의 생육감시로 인한 많은 노동력과 시간의 소요를 줄임으로써 관리자의 경제적·시간적 손실을 막을 수 있을 뿐 만 아니라, 질병의 확산을 효율적으로 방지하여 산란계 생산성 향상에 크게 기여하고자 하며, 이를 위한 최종연구목표는 다음과 같다.

1. 최종목표

고단 직립식케이지의 산란계 생육관리 원격 감시 시스템 개발

제 3 절 연구개발의 범위

1. 연구개발의 목표와 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
1차 년도 (2004년)	주관연구과제 : 생육관리 원격감시 및 통신시스템 개발 1) 기초연구 2) 영상처리시스템 개발 3) 구동시스템 개발 4) 통신시스템 개발(1)	- 관련자료의 수집 및 분석 - 영상처리 알고리즘 개발 - 최적위치선정을 위한 예비실험 - H/W 및 S/W 개발 - 영상데이터 저장시스템 개발 - 조명장치의 개발 - 구동 미캐니즘 설계, 개발 - 제어프로그램 개발 - 미비점, 문제점 보완 설계 - 데이터전송시스템 개발 - 영상처리시스템, 데이터저장시스템, 원격감시시스템 연결을 위한 네트워크 구성
	협동연구과제 : 산란계의 생육감시에 따른 생육상태 진단 및 처방시스템 개발 1) 기초연구 2) 산란계의 산란수량 평가시스템 개발	- 관련자료의 수집 및 분석 - 센서를 이용한 산란수량 측정 시스템 개발 - 산란수량 통계시스템 개발 - 산란수량통계방법 개발 - 자료수집, 성능해석

구분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
2차년도 (2005년)	주관연구과제 : 생육관리 원격 감시 및 통신시스템 개발 1) 통신시스템의개발(2) 2) 원격 감시시스템의 개발 3) 시작기 성능평가, 문제점 분석 및 보완설계	- 원격감시시스템을 위한 보완설계 및 제작 - 수의사와 관리자 간의 대화시스템 개발 - 산란계의 질병치료 database 개발 - 최적위치선정을 위한 예비실험 - 영상처리시스템의 보완설계 및 제작 - 원격 감시시스템의 미비점 보완 설계 및 제작 - 기존 고단 직립식케이지의 산란계 사육 시스템과 시작기의 성능비교분석 - 생육관리 원격감시 및 통신시스템 성능 평가, 문제점 파악 및 보완 설계 - 애로기술 보완 설계
	협동연구과제 : 산란계의 생육 감시에 따른 생육상태 진단 및 처방시스템 개발 1) 급이, 급수량 측정시스템 개발 2) 산란계의 생육상태 표준설립	- 유량계, 로드셀을 이용한 시스템 개발 - 건강산란계의 생육상태표준 설립 - 건강산란계의 사료섭취상태표준 설립

2. 개발내용 및 개발범위

가. 주관연구과제 : 생육관리 원격감시 및 통신시스템 개발

▷ 기초연구

- 산란계의 생리특성 및 질병
- 영상처리시스템 및 구동시스템 설치를 위한 산란계사의 환경조사

▷ 영상처리시스템 개발

- 영상처리시스템의 H/W 및 S/W 개발
- 영상처리 알고리즘 개발

- 조명장치의 개발
- ▷ 구동시스템 개발
 - 구동부의 설계·개발
 - 구동부 제어프로그램 개발
- ▷ 통신시스템개발
 - 영상처리시스템, 데이터저장시스템, 데이터전송시스템 및 원격 제어시스템을 구동할 수 있는 유선 원격 통신시스템 개발
 - 원격감시시스템을 위한 유선 원격 통신시스템의 보완 설계 및 제작
 - 저장된 영상데이터를 원격컴퓨터에 전송할 수 있는 데이터전송시스템 개발
 - 원격으로 관리자와 수의사간의 데이터 교류 및 대화할 수 있는 대화시스템 개발
 - 산란계의 질병치료 database 구축
- ▷ 원격감시시스템의 개발
 - 최적위치선정을 위한 예비실험
 - 원격 감시시스템의 미비점 보완설계 및 제작
- ▷ 시작기 성능평가, 문제점 분석 및 보완설계·제작
 - 기존 산란계 사육시스템과 시작기의 성능비교분석
 - 생육관리 원격감시 및 통신시스템 성능평가, 문제점 파악 및 보완 설계·제작

나. 협동연구과제 : 산란계의 생육감시에 따른 생육상태 진단 및 처방시스템 개발

- ▷ 기초연구
 - 산란계의 생리특성 및 질병
 - 산란계의 사육관련 자료 조사
- ▷ 산란계 산란수량 평가시스템 개발
 - 산란수량 평가시스템의 H/W와 S/W 개발
 - 영상처리 알고리즘 개발
 - 산란수량 평가시스템의 성능평가
- ▷ 급이·급수량 측정시스템 개발
 - 측정시스템의 H/W와 S/W 개발 및 성능평가
- ▷ 산란계의 생육상태 표준 설립
 - 측정시스템의 H/W와 S/W 개발
 - 성능평가를 통한 산란계의 생육 및 산란상태 표준 설립

제 2 장 국내외 기술개발 현황

일반적으로 동·식물의 품질검사 및 선별에 대한 연구는 영상처리법을 이용하였다. 여러 연구자들이 CCD 카메라를 통해 획득한 영상을 영상처리하여 동·식물의 품질검사 및 선별 연구를 수행하였고, 국내·외의 관련 문헌이 많이 보고되어 있다. 동·식물의 판정을 위한 연구 활동은 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 동물

장 등(1997)은 영상처리 기술을 이용하여 돼지의 체온조절 행동을 분류하고 유해가스의 농도를 측정한 후, 이 결과들을 토대로 하여 무창돈사내의 배기 팬(ventilation fan), 냉·난방기, 그리고 입기구 개폐기 등을 제어함으로써 돈사내부의 환경을 적정 환경으로 유지할 수 있는 무창돈사의 복합환경제어 시스템을 개발하였다.

그리고 장 등(1999)은 돼지의 영상처리를 이용하여 체중계측을 위해 획득한 영상에서 얻어진 몸의 길이, 폭, 면적, 높이 등과 체중과의 관계를 구명하고자 하였다. 또한 영상정보에 적은 영향을 미치는 머리, 귀, 꼬리의 처리를 고려하였고, 영상획득과 분석이 별개의 장치를 통해 이루어져, 전체적인 계측장치를 이용하여 시스템의 자동화 문제를 해결하였다.

이 등(2001)은 영상처리법을 이용한 쇠고기의 외형 판단 알고리즘을 개발하였다. 다른 품질의 쇠고기가 살코기 조직과 주위 지방의 외형그림이 같지 않는 특성을 이용하여 쇠고기의 품질을 판정하였다.

이(2002)는 젓소 영상을 이용한 개체인식 기술을 개발하였고, 젓소의 외형 정보를 분석하기 위한 컴퓨터 시각판정시스템을 개발하였다. 젓소에 주는 스트레스를 최소화하기 위해 젓소가 다니는 통로에 카메라를 설치하였으며, 자연광 상태와 자연스러 자세에서 획득한 영상으로 반사된 빛의 특성을 분석하고 영상처리기법을 개발·이용하여 개체를 인식하는 방법을 제시하였다.

Figueiredo 등(2003, 2004)은 상용계사에서 자동으로 영상을 획득하고 획득한 영상을 분석하는 시스템을 개발하였다. 계사내부에 두 대의 CCD 카메라를 조명장치와 함께 설치하였고, LabVIEW로 프로그래밍한 제어프로그램을 이용하여 전체 닭의 영상을 획득·저장하였다. 또한 획득한 영상을 MATLAB을 이용하여 프로그래밍한 영상처리 프로그램을 통해 닭이 물을 마시고 사료를 섭취하고, 활동하는 등의 전반적인 닭의 생육

활동 감시 판정을 실시하였다.

2. 식물

Sarkar와 Wolfe(1985)는 흑백 영상처리 시스템을 이용하여 토마토의 형상, 크기, 색깔, 흠집 등을 검출하는 알고리즘을 개발하였으며, 계속해서 Miller와 Delwiche(1989)는 칼라 영상처리 시스템을 이용하여 복숭아의 색채 판정 알고리즘을 제시하였다.

Noh 등(1990, 1991)은 영상처리를 이용하여 과일의 둘레, 면적, 장·단축 및 부피를 추정하였으며, 사과와 크기의 크기, 표면색채, 결점 등을 검출하였다.

Cho와 Song(1994)은 컴퓨터 시각을 이용하여 잎담배의 기하학적 특징과 색 특징을 추출하여 품질판정 자동화에 이용하였다.

Hwang과 Lee(1996)는 건표고 자동 등급판정 시스템 개발을 위하여 양면 영상 획득 장치의 개발과 건표고의 양면영상을 이용한 등급판정 기술에 관한 연구를 수행하였다. 전자셔터 속도제어기를 활용하여 영상의 오점을 감소시켰다.

장 등(2001)은 홍삼의 제조공정 중 선별공정에서 영상처리 시스템을 이용하여 홍삼의 외형특징에 따라 홍삼의 외관 품질을 선별하였다. 홍삼의 영상을 분석하기 위하여 특정 값을 갖는 픽셀들의 위치를 직교좌표를 이용하여 수치화 하였고, 일정 영역에 해당하는 픽셀들의 분포 정도를 수치화 하였다.

위와 같이 국내·외에서 여러 연구들이 있었지만 산란계의 영상을 자동으로 획득하여 생육상태를 자동으로 판정·분석해주는 연구와 산란수량, 급이·급수량 측정을 하여 산란계의 생육상태를 분석해주는 국내·외적으로 전무한 실정이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 산란계의 생리특성 및 질병

1. 산란계의 일반적인 생리특성

산란계의 일반적인 수명은 65주령이고, 1일령 병아리의 중량은 40 g 미만이다. 부화 기간은 21일로 체내에서의 생성기간까지 22일의 발생일을 갖는다. 혈액량은 체중의 8% 내외로서 분당 221회의 심장박동수와 81.4 mmHg의 혈압을 유지한다. 또한 산란계의 건강상태를 나타내는 호흡수는 분당 49회 내외이나 여름철에는 분당 100~200회로 호흡수를 알면 더위 스트레스 정도와 더위로 인한 폐사 예상 시간까지 파악할 수 있다. 닭은 땀샘이 없고 깃털로 온몸이 싸여 있어 기온이 높은 여름에는 호흡에 의한 열 발산이 많기 때문이다. 그리고 닭의 분노 형태는 요산의 형태로 호기상태에서 물과 접촉을 하면 암모니아 가스와 이산화탄소가 발생한다.

산란계의 일생은 크게 3단계로 구분된다. 제1단계는 육추기, 제2단계는 육계기, 제3단계는 성계기로 구분할 수 있다.

2. 산란계의 생육에 영향을 미치는 인자

가. 온도

산란계의 정상체온은 41.2℃인데, 산란계의 알맞은 온도 범위는 13~25℃가 적당하며, 산란계는 환경 온도가 너무 높거나 낮으면 생리 기능에 나쁜 영향을 미쳐 생산 능력이 떨어지게 된다.

산란계에서 고온의 영향이 현저히 나타나는 것은 30℃ 이상이며, 30℃ 이상에서는 피부 온도가 상승하고 호흡수가 많아지며, 음수량이 현저히 증가하고 고온이 계속되면 사료 섭취량이 극도로 감소하여 산란율이 저하되고 계란의 중량이 감소하며 난각 질도 얇아진다.

한편 산란계는 저온에 대한 저항력이 비교적 강하나 갑작스럽게 저온이 되면 영향이 크며, 기온이 저하되면 사료 섭취량이 증가하고 산란율이 떨어지므로 사료효율이

크게 저하된다. 따라서 산란계사내의 적정 온도로 13~25℃를 유지해 주어야 한다.

나. 습도

산란계의 생산성과 습도의 관계에 대한 보고는 별로 없지만 적온에서는 영향이 적고 고온이나 저온시에는 영향이 크다. 우리나라의 여름철은 다습하기 때문에 체감온도의 상승, 병원균의 발호 등의 나쁜 영향이 문제가 된다.

산란계사의 온·습도는 최적 온도를 24℃ 이상, 이 때의 허용 습도를 75% 이하로 하고 가급적이면 외기온에 가깝도록 조절하여 가능한 한 습도가 낮게 사양관리할 필요가 있다. 물론 혹서기를 제외하면 계사내 일교차를 크게 하는 일이나 일반적으로 습도를 높게 해주는 것은 좋지 않으며, 하루 중의 온도 차이는 되도록 크지 않게 계획적인 온도 조절이 필요한 것이다. 산란기의 적정 상대습도는 표 1에서 보는 바와 같다.

Table 1 Arrangement of proper humidity in the course of laying(relative humidity)

	Max. humidity	Proper humidity	Min humidity
Layers' age more than 120 days	75%	50%	40%

과습의 피해로서는 사료의 곰팡이 발생증가 및 이로 인한 피해가 증가되며, 밀사시에는 계사안의 온도가 너무 높아 바닥이 불결해지게 되고, 복부오염이 증가하게 되며 가슴 부분에 물집이 생기게 되어서 각종 질병 발생이 용이하게 되어 폐사율을 증가시킨다.

다. 환기

산란계의 사양관리에 있어서 환기관리는 연중 소홀히 할 수 없으며, 특히 환절기 일교차가 심할 때는 일교차에 의한 스트레스와 환기 불량으로 인한 스트레스를 추가로 받게 되어 호흡기병에 걸리기 쉽다. 겨울철에는 산란계사내의 보온 유지를 위하여 밀폐된 상태에서 닭을 사육하기 때문에 계사내에서는 암모니아 가스(NH₃), 탄산가스(CO₂), 유화수소(H₂S), 일산화탄소(CO) 등의 유해가스와 배설물이나 먼지를 매

체로 날아다니는 각종 병원균과 일반세균 등이 닭의 질병을 발생시켜 환기불량으로 인한 생산성 저하 및 호흡기 질병 등, 막대한 손실을 가져오기 쉽다.

따라서 효율적인 방법으로 계사내의 열기와 습기를 제거하고, 유해가스, 먼지 및 병원체 등을 밖으로 배출시키는 한편 신선한 공기를 계사내로 유입하여 각종 질병과 스트레스로부터 닭을 보호하여 생산성을 향상시켜야 한다. 표 2는 건물의 단열 수준이 204.9 BTU/h°F(스티로폴 5 cm 두께의 단열재로 완전 단열된 수준)이고 실내습도를 70%, 실내온도를 15°C로 유지하고자 할 때 1분간 필요한 환기요구량이다.

Table 2 Ventilation 1,000 layers need in every minute

Temperature (°C)	Ventilation by adjusting temperature (m ³)	Ventilation by adjusting humidity (m ³)
10.0	42.3	31.7
4.4	18.5	15.9
1.1	10.5	11.3
-6.7	6.5	9.2
-12.2	4.2	8.3
-17.7	2.6	7.7
-23.3	1.4	7.5

라. 조명

산란계는 일종의 장일성(長日性) 동물이기 때문에 빛과 산란능력 간에는 밀접한 관련이 있다. 일정시간을 고정시켜 점등을 하는 경우 하루 몇시간을 점등해야 최고의 산란을 할 수 있는가를 알기 위해서 하루 중 7시간, 9시간, 11시간, 13시간, 15시간, 17시간, 19시간 및 24시간을 점등하여 본 결과 13시간을 점등한 경우가 산란율이 가장 높았다는 연구보고들이 있었다. 우리나라의 최소 점등시간은 하지 때로 자연 일조시간인 14시간 46분과 해뜨기 전과 해진 후의 여명(餘命)을 1시간씩 더하면 최소 점등시간은 16시간 46분이 되지만 46분에 14분을 더하여 17시간이다.

또한 산란계가 활발하게 사료를 섭취할 수 있는 광도는 8~10 lx라고 하며 우리나라

라에서 가장 많이 사육중인 갈색 산란계의 적정광도는 30 lx이다. 광도에 있어서도 점등시간과 같이 산란기간 중에는 점등광도가 낮아지면 산란율이 떨어지게 되어 점등광도를 일정 수준으로 유지하여야만 높은 산란율을 유지할 수 있다.

위의 4가지 주요요인 이외에도 산란계의 생장에 영향을 끼치는 요인은 계사내의 쥐, 건설 소음, 관리자 외의 외부인의 잦은 계사 출입, 사료가 골고루 급이되지 못했을 때, 에너지 또는 영양소의 결핍, 충분치 못한 음수, 과급으로 인한 사료의 과다 섭취 등을 들 수 있다.

3. 산란계의 질병 항목 및 증상

유(2004)는 산란계의 주요 질병 및 증상에 대해서 책으로 정리하였다. 그 중 외적 증상이 나타나는 항목 수를 정리해 보면 다음과 같다. 이상호흡음이 일어나는 질병은 8개, 설사가 일어나는 질병은 11개, 체온이 과도하게 상승하는 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 다양하며 전염성이 강하고 폐사율이 높은 가금 인플루엔자 등의 질병 이외에도 다른 여러 원인으로 인하여 폐사하는 경우가 일반 산란계 사육농가에서 꾸준히 나타나고 있다. 그림 1은 산란계 생육기간 동안에 질병으로 인해 폐사한 산란계누적폐사율을 나타낸다.

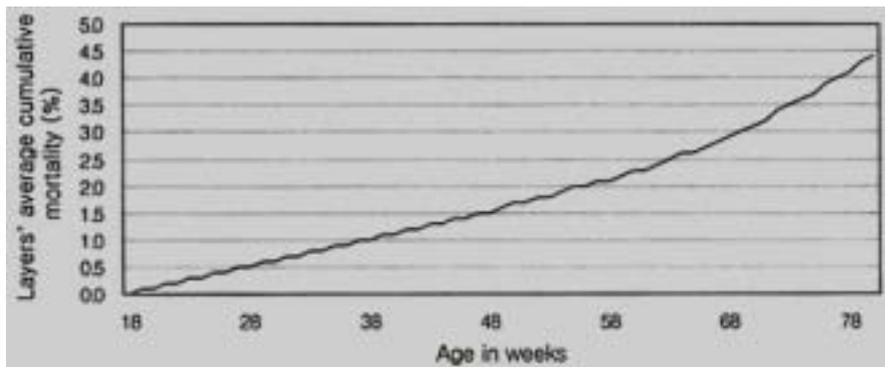


Fig. 1 Layers' average cumulative mortality in farm rearing layers.

4. 산란계의 외형으로 판단하는 질병 증상

산란계의 생육상태는 산란계의 외형을 통해서도 판단할 수 있다. 오 등(2002)이 언급한 바에 의하면 건강한 산란계는 거동이 활발하고 눈에 활기가 있으며 눈동자의 색깔이 뚜렷하다고 보고되었다. 또한 식욕이 왕성하고 급이시에 모이통 근처로 모이며, 피부는 연하고 탄력이 있다. 질병에 걸린 산란계를 조기에 발견하기 위해서는 평소 세심한 관찰이 필요한데, 특히 사료섭취량이 급격히 감소되는지 또는 음수량이 급격히 증가하는가를 관찰하며 매일 계분을 살펴서 색, 혈변의 유무를 살펴야 한다. 질병으로 인해 발생된 병계 및 폐사계는 급이시에 사료에 대한 반응이 없는 것으로 문헌연구를 통해 알 수 있었다.

산란계의 외형을 통해서 판단할 수 있는 병계의 질병 증상은 표 3과 같다.

Table 3 Symptoms of ill layers' external appearance

Item	Symptom
Feather	<ul style="list-style-type: none"> ○ abdomen and anus is dirty ○ feather is tangled with mucous
Comb	<ul style="list-style-type: none"> ○ dark red ○ deathly white ○ shrinking ○ yellow knot, dark brown scab
Skin	<ul style="list-style-type: none"> ○ deep deadly white knot ○ blister, nasty smell ○ dark brown scab on the face and leg
Eye	<ul style="list-style-type: none"> ○ obscure, closing eyes ○ eyeground swell ○ eyelid with scab ○ tear
Nose	<ul style="list-style-type: none"> ○ mucous snivel
Posture	<ul style="list-style-type: none"> ○ foot disability and paralysis ○ bending neck, circling in cage ○ wing paralysis ○ leg and toe are bent, knot is hard ○ wing disability

제 2 절 산란계사의 환경조사

1. 직립식 산란계 케이지

현재 산란계 사육시설에서 사용하는 산란계 사육용 케이지는 단면배열방식에 따라 크게 직립식케이지와 'A'형 케이지의 2종류가 있다. 직립식 산란계케이지의 측방향 단면은 직사각형의 형태이며, 계단식 산란계케이지의 가로 측면 단면은 영문자 A와 같은 형태이다. 그림 2는 직립식 케이지의 개략도를, 그림 3은 A형 케이지의 개략도를 나타낸 것이다. 또한 표 4는 직립식 산란계케이지의 외적제원이며, 표 5는 A형 산란계케이지의 외적제원이다.

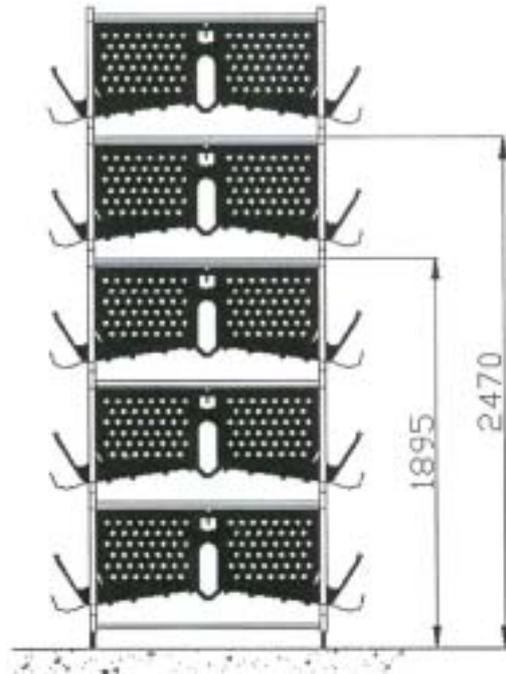


Fig. 2 Cross section of 5 tier high vertical laying cages.

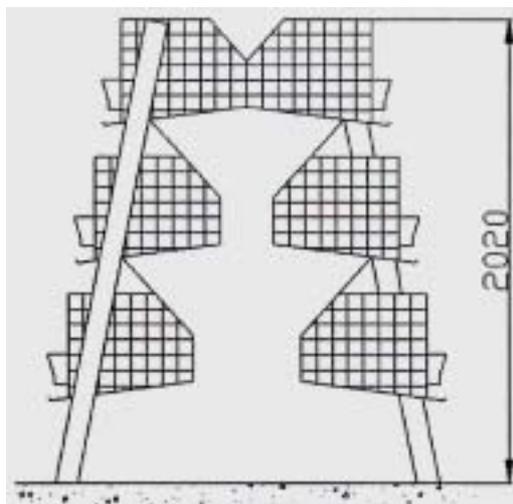


Fig. 3 Cross section of 3 tier high A type laying cages.

Table 4 Specifications of high vertical laying cages

Division	3 tier		4 tier		5 tier		6 tier	
Layers' number of a cage	5	6	5	6	5	6	5	6
Depth of a cage (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500
Width of a cage (mm)	508	610	508	610	508	610	508	610
Hight of a cage (mm)	450	450	450	450	450	450	450	450
Floor area of a cage (cm ²)	2285.0	2285.0	2285.0	2285.0	2285.0	2285.0	2285.0	2285.0
Total height (cm)	189.5	189.5	247.0	247.0	304.5	304.5	362.0	362.0
Bottom width of a cage (cm)	45.7	45.7	45.7	45.7	45.7	45.7	45.7	45.7
Layer's number of section	30	36	40	48	50	60	60	72

Table 5 Specifications of A type laying cages

Division	2 tier		3 tier		4 tier	
Layers' number of a cage	5	6	5	6	5	6
Depth of a cage (mm)	475	475	475	475	475	475
Width of a cage (mm)	506	607	506	607	506	607
Hight of a cage (mm)	450	450	450	450	450	450
Floor area of a cage (cm ²)	2403.0	2883.0	2403.0	2883.0	2403.0	2883.0
Total height (cm)	159.0	170.0	202.0	224.0	272.0	305.0
Bottom width of a cage (cm)	143.0	165.0	165.0	165.0	188.0	188.0
Layer's number of section	16	16	24	24	32	32

직립식 산란계케이지의 바닥단위면적당 산란계 사육수수가 A형 산란계케이지에 비해 더 많음을 알 수 있다. 이러한 이유로 국내에서 사용 중인 산란계케이지는 대부분 바닥단위면적당 사육수수가 많은 직립식 산란계케이지이다.

산란계케이지 1칸당 제원은 표 6과 같다. 케이지 1칸당 산란계 5~6수를 사육하고 있으며, 케이지 1칸의 개략도는 그림 4와 같다.

Table 6 Specifications of 5 tier high vertical laying cage

Item	Specification
Cage width(mm)	610
Cage depth(mm)	500
Cage height front(mm)	450
Cage height rear(mm)	375
Bottom surface (cm ²)	2883
Bottom wire slope	7°
Bottom wire(mm)	∅2
Bottom wire mesh(mm×mm)	49×22

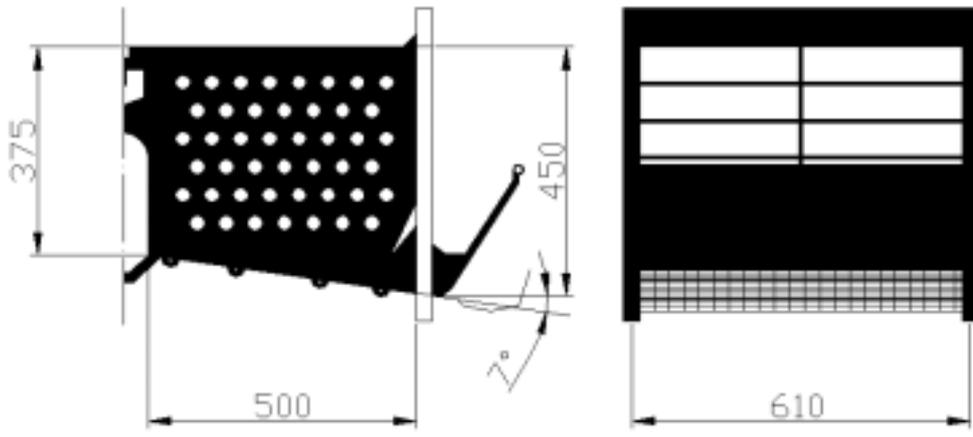


Fig. 4 Side view and front view of one room of cage.

2. 산란계사

대규모 산란계 농장에서 일반적으로 시설하는 무창계사에서는 Hopper식 급이기를 장착한 5단 직립식 산란계케이지로 구성되어 있었다. 그림 5는 계사의 평면개략도이고 그림 6은 계사의 정면개략도인데, 계사의 총 높이는 5,000 mm이고, 지면에서부터 5단 케이지까지의 높이는 3,045 mm이었으며, 그림 7은 산란계사내의 실제사진이다.

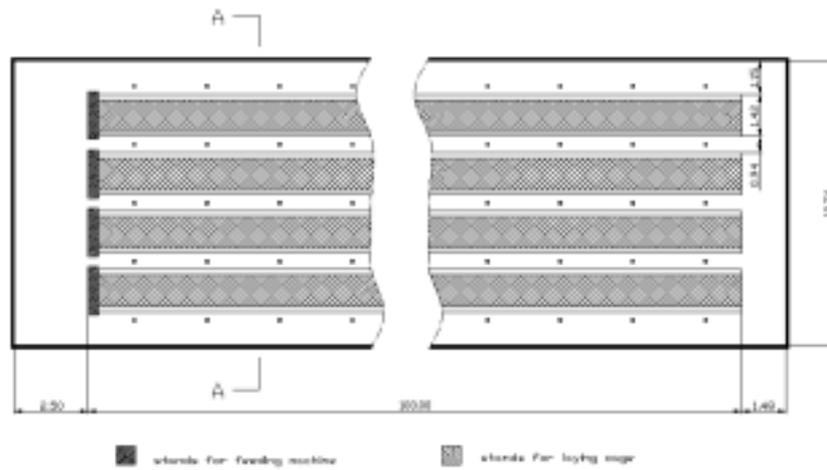


Fig. 5 Top view of layer house (Unit : m).

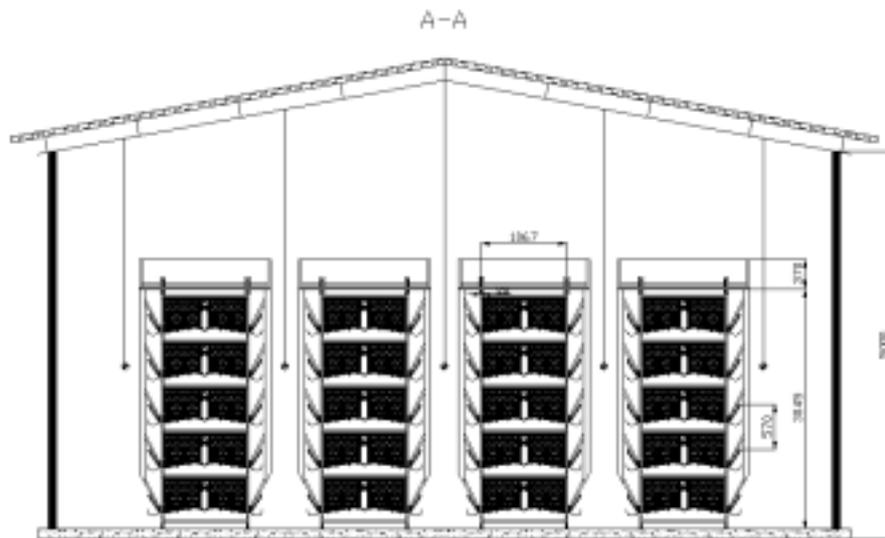


Fig. 6 Cross section schematic of 5 tier high vertical laying cages.



Fig. 7 A view of 5 tier high vertical laying cages.

제 3 절 무선 랜(Wireless LAN)

무선 랜은 다양한 정보와 자원을 공유할 수 있게 하는 LAN의 장점과, 제약 없는 연결성 제공이라는 편리성을 동시에 제공하는 무선통신 기술의 결정체로서 신뢰성 있는 데이터 전송 뿐 아니라 유연성과 설치의 용이성을 장점으로 갖고 있다. 특히 무선 랜은 케이블을 이용하지 않기 때문에 지정학적인 설치의 제한을 받지 않으며, 단말의 위치 변동 또는 추가 삭제 시에도 선로의 증설이나 변경이 필요 없어 인적, 경제적 비용을 유선 랜에 비해 현격히 절감할 수 있다.

1. 적외선

적외선 통신은 저가이고 전력 소비가 적다. 통신 보안이 우수하고, 대역폭이 풍부하다는 장점이 있으나, 벽을 통과하지 못하는 한계가 있다. 송신기와 수신기 사이에 사람 및 사물이 존재하면 전송에 방해가 받으며, 전송 거리 제한, 다중 경로에 의한 분산, 빛에 대한 장애가 있다.

2. 협대역 라디오파

라디오 파(RF)를 사용하는 방식으로, 높은 주파수 범위(18 GHz)를 사용하며, 빠른 전송속도와 좁은 대역폭으로 도청이 불가능하다. 사람, 벽, 장비 등에 의해 전송에 방해 받을 수 있고, 물체의 차단, 산란, 반사가 일어나기도 한다.

3. 대역 확산(Spread Spectrum)

SS는 1940년대부터 군대에서 사용한 통신 방식으로, 비동기로 다원 접속이 가능하며, 60년대부터 위성간 통신 방식에 이용되고 있다. 이 방식은 간섭과 방해에 강하고 넓은 대역폭을 사용한다. 다중 영역 구성의 시스템인 경우 영역 이동이 용이하나 다른 방식에 비해 속도가 느리다는 단점이 있다. SS 방식은 2가지 형태가 있다.

가. DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)

데이터의 비트를 송신장치에 의해 칩 형태로 전환해 전송한다. 그리고 이 칩을 비트 형태로 다시 전환. 신호가 넓은 범위에 걸쳐 확산된다. 그러나 칩 형태로 데이터를 전환 할 때 가상 데이터를 끼워 보내므로 대역폭이 26 GHz로 커진다. 전체 대역폭은 83 GHz안에서 3개의 채널밖에 사용할 수 없다.

나. FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)

데이터를 짧은 신호로 나눠 전송하면서 다른 주파수로 호핑한다. 한 개의 신호 대역폭은 1 MHz로 일반적으로 78개의 채널을 가질 수 있으나 보안과 안정성 때문에 실제로는 대개 15개 채널로 한정한다.

4. TCP/IP 프로토콜

TCP/IP는 네트워크와 네트워크를 상호 연결하는 프로토콜로서 TCP/IP는 문자 그대로 전송제어 프로토콜(TCP:Transmission Control Protocol)과 인터넷 프로토콜(Internet Protocol)을 의미한다. 서로 다른 컴퓨터, 서로 다른 벤더나 작동시스템 환경 하에서도 사용이 가능한 인터넷의 기본이 되는 프로토콜인 것이다. 여기서 보통 TCP/IP라고 말하면, 이는 계층3, 계층4 프로토콜만을 얘기하는 것이 아니라 대부분 TCP/IP 프로토콜 조합(Protocol Suit)을 의미하는 것이다. 그래서 우리가 현재 사용하고 있는 인터넷은 TCP/IP를 뼈대로하는 거대한 네트워크 서비스라고 할 것이다.

5. AP(Access Point)

무선 랜을 접속할 수 있는 장비로는 무선 랜카드, 무선 랜 공유기, 무선 AP, 브리지 등이 있으며 무선AP에 대하여 알아보면 다음과 같다.

AP는 유선랜의 Hub에 대응되는 기기로서 무선 단말 클라이언트들과 유선 네트워크 연결을 담당하고, 유선 네트워크에 연결해 무선으로 확장시키는 브리지 역할을 수행한다. 또한 AP는 유무선 연결 기능 이외에 기본적으로 인증 및 보안을 위한 IEEE 802.1.x 표준을 적용하고 있다.

AP의 속도는 주변 환경의 변화에 따라 편차가 심하며 무선을 매개체로 데이터를 주고받기 때문에 유선 연결보다 핑 서비스 지연율이 높다. AP가 지원할 수 있는 채널수

는 보통 3~15채널이므로 복수의 AP를 설치하는 경우, AP간격이 멀거나 가까우면 간섭의 영향이나 접근이 불가능한 지역이 생길 수 있다. 또한 AP는 다양한 NOS(Network Operation System)를 지원하게 되며 라우팅과 브리징 외에도 SNMP(Simple Network Management Protocol)지원, 프레임 여과기능과 같은 다양한 기능을 제공한다.

6. 무선통신에 의한 원격감시 및 제어

현재 무선통신기술은 지속적인 기술개발로 여러 산업현장 및 우리의 일상생활 속에서 다양하게 사용되고 있다. 그 중 무선통신을 이용한 원격감시 및 제어에 대한 연구에 대해 조사해 보면 다음과 같다.

김 (1999)등은 반이중 통신용 RF모듈을 사용하여 농업용 트랙터를 제어할 수 있는 무선제어시스템을 개발하였으며, 원격제어장치의 operating console로부터 데이터를 입력받을 수 있는 장치를 개발하였고, 무선모뎀의 송수신 제어장치 및 안정된 데이터 송수신을 위한 통신프로토콜을 개발하였다.

이 등(2003)은 무선통신기술을 이용하여 가정용 상수도 계량기의 원격 검침시스템을 개발하였다. 계측된 자료를 자료 수집기에 전송하기 위한(WDT)와 계측된 자료의 수집을 위한 고정형단말기(WDL), 이동형단말기(WML)을 사용하였으며, 네트워크 연결된 곳이면 언제든지 수집된 자료를 인터넷을 통하여 검침자료를 열람 할 수 있도록 시스템을 개발하였다.

이 등(2003)은 PCS망을 연동한 원격영상 검침시스템을 개발하였다. CCD카메라로부터 입력된 영상을 임베디드 영상 처리 보드에 의하여 인식되도록 하였으며, 처리된 텍스트 데이터는 검침처리 서버로 전송되는 설계하였으며, 데이터의 전송은 무선 PCS망을 이용한 무선 인터넷 또는 SMS에 의해 전송되도록 시스템을 개발하였다.

이 등(2003)은 웨이블릿 코덱을 사용한 원격 무선 감시 시스템을 개발하였다. 원격무선 감시시스템을 위하여 작은 커널 사이즈를 가지는 Windows CE 3.0을 운영체제로 사용하였으며, 웨이블릿 디코딩 및 디스플레이 보드, 네트워크 전송을 위한 Ethernet card, 그리고 IEEE 1394 보드를 디자인하였다. 최대 12Mbps의 대역폭을 갖는 카메라에서 인코딩된 9개의 채널 영상 데이터를 실시간으로 디코딩하여 TV에 출력하였으며, 각 채널마다 초당 1프레임에서 30 프레임까지 최소 2 kB에서 120 kB까지 다양한 화질의 데이터를 디스플레이할 수 있음을 실험한바 있다.

제 4 절 유선 원격감시시스템의 개발

1. 서론

산란계사의 주기적인 감시는 산란계의 생육상태 점검을 통해 병·사망계 발생으로 인한 질병의 확산 예방을 주목적으로 하고 있다. 현재 대부분의 산란계 사육시설에서는 보조시설을 이용하여 관리자가 직접 케이지내의 생육상태를 점검하고 있는 실정이다. 노동력을 이용하지 않고 산란계의 생육상태를 점검하려면 자동화된 유선 원격감시시스템을 개발하여 산란계의 생육상태를 감시해야 한다.

본 연구에서 개발한 유선 원격감시시스템의 H/W는 기존의 산란계 사육시설의 설계 변경 없이 기존의 산란계 사육시설을 활용하여 시스템을 개발하였으며, 케이지내의 산란계의 생육상태에 대한 최적의 영상을 획득하기 위하여 영상시스템의 촬영위치, 촬영시간 및 촬영각도, 구동시스템의 이동속도 등을 고려하여 구동시스템을 설계·제작하였다. 개발된 유선 원격감시시스템은 크게 감시용 카메라, 조명장치, 그리고 구동시스템으로 구성되어 있는데 특히 구동시스템은 크게 구동부 차체, 제어용 프로그램, 제어장치인 RS232/RS485 data converter로 나눌 수 있다. 또한 영상처리 시스템의 하드웨어는 CCD 카메라, 서버용 Web 카메라, 조명장치, 조명실로 구성되었다.

직립식케이지내의 산란계 생육상태를 컬러 CCD 카메라를 이용하여 케이지 내의 영상을 획득할 수 있는 감시시스템을 개발하였고, 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 고단 직립식 산란계케이지내의 산란계 생육상태 감시를 위한 유선 원격감시시스템을 개발한다.
- 2) 최적의 영상획득을 위한 감시시스템의 작동시각과 최적의 이동속도를 구한다.

2. 급이 후 산란계의 반응

영상획득의 최적시간을 파악하기 위해 급이된 케이지내의 산란계가 사료에 대한 반응을 일으키기 시작하는 시간과 지속시간에 대한 실험을 실시하였다. 본 실험은 갈색 레그혼중(Leghorn) 산란계 20수(케이지당 5마리)를 사육하는 충남대학교 농업생명과학대학의 환경조절계사에서 하루 급이량(110 g/수)을 8회에 걸쳐 균등하게 급이한 후 각 급이 때마다의 케이지별로 산란계의 사료에 대한 반응을 관찰하였다. 산란계를 구입하

고 1주일동안 새로운 환경에 적응기간을 두었고, 급이시간은 실제 산란계사에서 급이 스케줄과 동일하게 하였으며, 급이 후 30초 후부터 1분 간격으로 각 케이지내 산란계의 사료 섭취 여부를 육안으로 관찰하였다. 그림 8은 급이 후 산란계의 사료에 대한 관심도를 산술평균하여 나타낸 그림이고, 그림 9는 급이 후 산란계의 사료 섭취 모습이다.

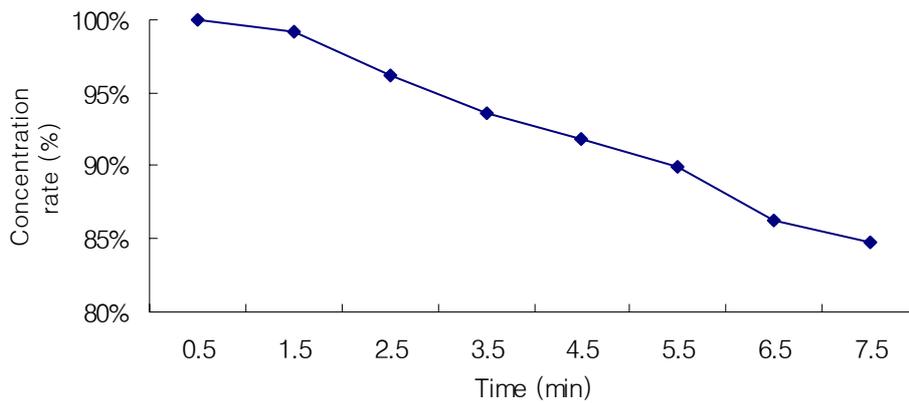


Fig. 8 Relationship figure between layers' concentration ratio and time after feeding.



Fig. 9 Layers' image taking foodstuff after feeding.

급이 후 약 30초 동안은 자리를 잡기 위한 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 그 중 산란계의 먹이에 대한 관심도가 90%이상인 즉 평균 4마리 이상의 산란계가 사료를 섭취하는 5분 30초 이내에 관찰하는 것이 병계 및 폐사계의 판정을 위한 영상획득에 가장 적합한 것으로 판단되었다.

3. 유선 원격감시시스템의 설계기준

고단 직립식케이지의 산란계 생육감시를 자동화하기 위해서는 구동시스템을 제어프로그램에 의해 제어할 수 있어야 한다. 또한 케이지내의 최적영상획득을 위해 미리 정해진 위치로 카메라를 이동시켜야 하며, 이동 중에 각 케이지의 일정위치마다 케이지내의 영상을 획득해야 한다.

유선 원격감시시스템의 구동시스템은 다음과 같은 설계기준을 만족해야 한다.

- 1) 최적의 구동속도를 측정하기 위해 구동시스템은 속도조절이 가능해야 한다.
- 2) 제어프로그램에 의해 원격제어가 가능해야한다.
- 3) 장거리의 산란계케이지를 감시할 수 있도록 구동부의 좌우운동이 가능해야 한다.
- 4) 일정거리에 위치한 케이지의 영상획득이 이루어지면 자동으로 지정된 위치로 이동해야 한다.
- 5) 일정속도로 구동 중에 각 케이지별로 영상을 순간적으로 획득해야 한다.

4. 유선 원격감시시스템의 설계 및 제작

본 연구에서 설계·제작한 유선 원격감시시스템은 구동부 차체, 제어용 프로그램, 제어장치인 RS232/RS485 data converter로 구성되어 있다. 설계·제작한 구동시스템의 사진은 그림 10과 같다.

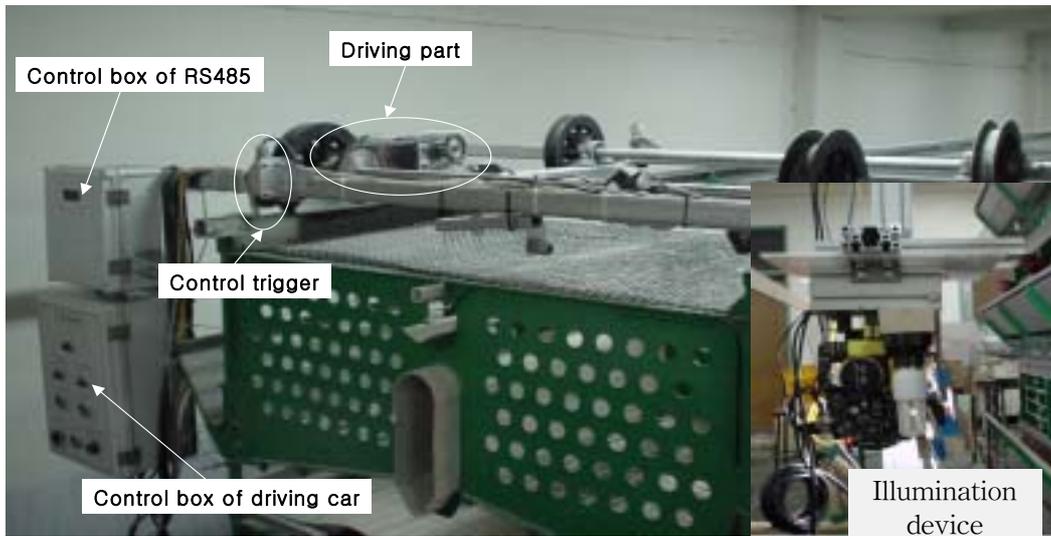


Fig. 10 A view of driving device for 5 tier high vertical layer cages.

가. 구동시스템의 개발

구동시스템은 각종 장치를 장착할 수 있는 차체, 구동용 바퀴, 상하이동용 축, 베어링, 구동모터, 감속기, 구동용 모터로 구성되어있다. 또한 일정거리에 위치한 케이지의 영상획득이 이루어지면 자동으로 시작위치로 되돌아오도록 Control Trigger (MMK-001형, Honeywell회사, 미국)를 사용하였다. 그림 11과 그림 12는 구동시스템의 구동차 차체와 구동부의 설계도이다.

유선 원격감시시스템은 케이지의 최상단부 위에 위치하기 때문에 구동부 차체가 케이지에 영향을 주는 하중을 감소하기 위하여 구동부 차체는 알루미늄 합금을 사용하였다. 호퍼식 급이기가 사용하는 케이지 상단부의 레일을 구동시스템이 이용하기 때문에 구동부의 바퀴는 호퍼식 급이기의 구동용 바퀴와 같은 재질인 합성고무를 이용하여 제작하였다.

경북 의성군에 위치한 의성농장의 산란계사에 설치한 호퍼식 급이기의 이동속도를 실측하여 본 결과 0.264 m/s이었다. 개발한 유선 원격감시시스템의 경우 호퍼식 급이기가 첫 케이지에 사료를 급이한 후 30초 후부터 이동을 시작하도록 설정하였고, 최대 속도는 Hopper식 급이기의 이동속도와 같게 설정하였다.

충남대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과 포장기계실험실에서 실시한 적정 영상획득을 위한 구동시스템의 적정 속도 측정 예비실험에서 호퍼식 급이기의 이

동속도와 동일한 속도로 영상을 획득한 해본 결과, 대부분의 획득된 이미지가 육안
 판별이 불가능한 상태였다. 따라서 구동시스템의 적정 이동속도를 도출해내기 위하
 여 구동모터의 속도조절이 가능해야 했다.

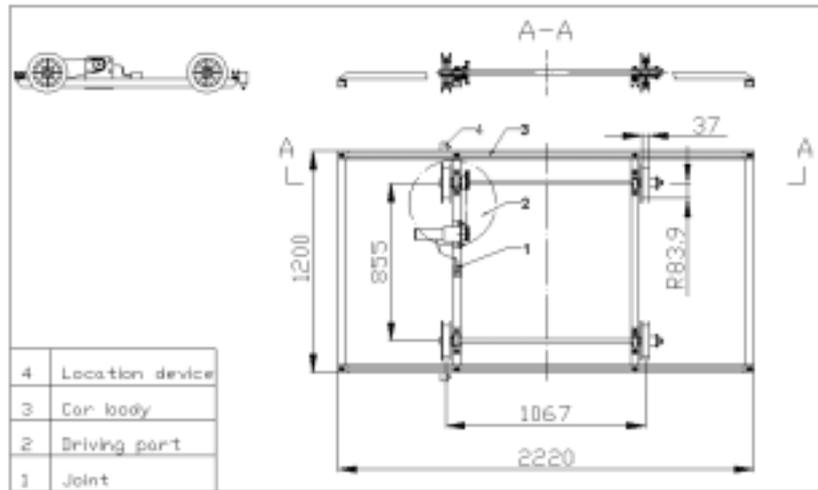


Fig. 11 The detailed drawings of driving car.

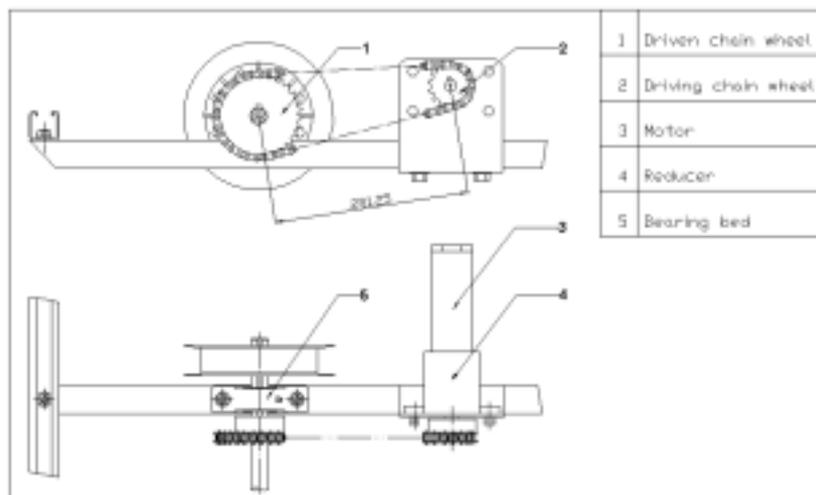


Fig. 12 The detailed drawings of transmission part.

나. 제어용 프로그램의 개발

구동시스템의 제어용 프로그램은 LabWindows/CVI를 이용하여 개발되었다. 구동시스템의 제어용 프로그램 주 화면은 그림 13과 같으며, 구동시스템의 제어 부분에서는 구동시스템의 시작과 중단, 운동방향, 운전속도를 조절할 수 있다. 개발한 유선 원격감시시스템의 제어프로그램 소스는 부록에 소개되어있다.

그림 13에서 왼쪽상단에는 사료를 섭취하고 있는 산란계의 영상을 보여 주고 있으며, 왼쪽중단에서는 산란계의 영상을 이진화 한 결과를 보여 주고 있다. 우측 원형선 내에서 구동장치의 전진과 후진, 시작, 속도의 제어버튼 등을 보여 주고 있다.

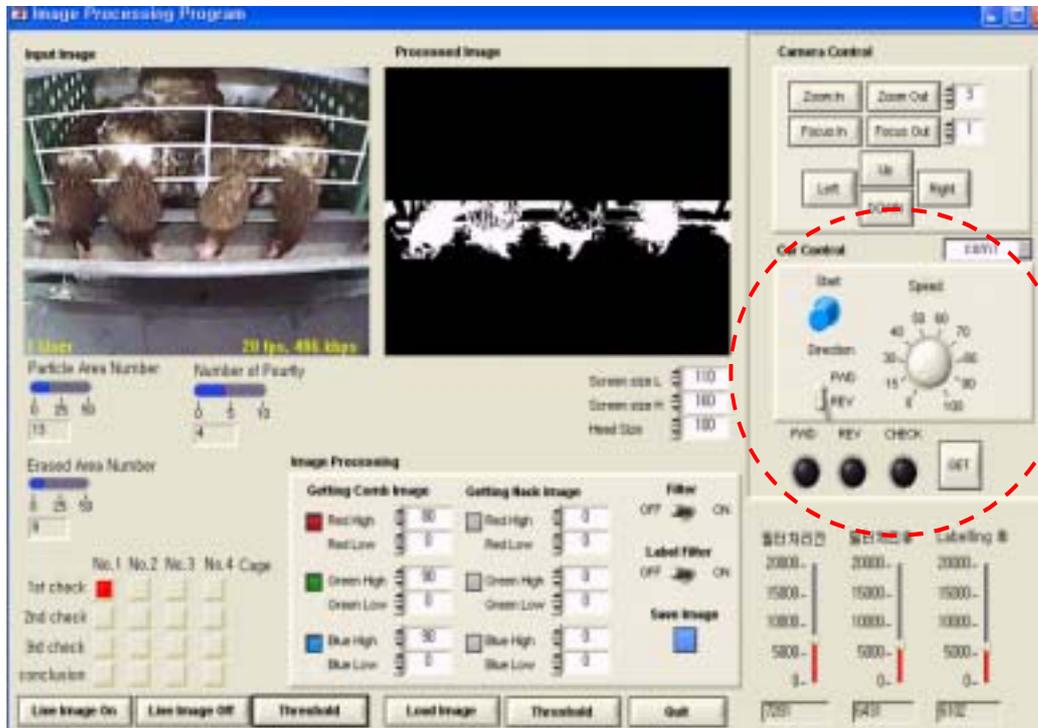


Fig. 13 Main display of control program for wired rearing system.

다. 영상획득시스템의 개발

영상획득시스템은 CCD 카메라, 서버용 Web 카메라, 조명장치, 조명실로 구성되었다. 칼라용 CCD 카메라는 Sony Super HAD 모델이 사용하였으며, 이에 대한 제원은 표 7과 같고, 서버용 Web 카메라의 제원은 표 8과 같다.

Table 7 Specifications of CCD camera

Items	Model	Specification	
CCD camera	Sony Super HAD	Image sensor	1/4'' solid state
		Effective pixels	768(H) × 494(V)
		Scanning system	2:1 interlace
		Built-in lens	×22 zoom lens (3.9 ~ 85.8mm, F1.6 ~ 3.7)
		Angle of view	H : 47°(wide), 3°(tele)
		Luminance S/N	48dB
		Digital zoom	×10
		Electronic shutter	1/60 ~ 1/10000 (NTSC) 1/50 ~ 1/10000 (PAL)
		Supplied voltage	DC 12V
		Power consumption	360mA, 450W(MAX)
		Operating temperature	-10°C ~ +50°C
		Operating humidity	10 ~ 80%

Table 8 Specifications of Web camera

Items	Specification	
Features	UVC-1000	
Hardware	CPU	32bits, 400MHZ
	RAM	32MB SDRAM
	ROM	8MB Flash Memory
	Image Sensor	1/3'' Sony CCD
	Video Capture	NTSC(PAL)30 f/sec max
	Network	10Mbps, Ethernet
Network Protocol	TCP/IP, UDP, DHCP	
Image	Resolution	640x480 max
	Compression	MPEG-4, 50:1(various)
External IO	Serial	Mini DIN(P/T control)
	Network	RJ45
Power	DC 12V/1A, 5.6w avr	

CCD 카메라 조명장치의 고정위치는 산란계 원격감시시스템의 감시성능에 매우 큰 영향을 미치므로 감시의 효과를 최대화하고 정확한 감시를 할 수 있도록 카메라와 조명장치의 적정 감시 위치 및 각도와 조명장치의 적정 위치를 선정하였다. 조명장치는 13 W의 삼파장 형광램프를 부착하였으며 램프의 빛을 원하는 부위에 비춰질 수 있도록 램프의 전면에 조리개를 그림 14와 같이 부착하였다.

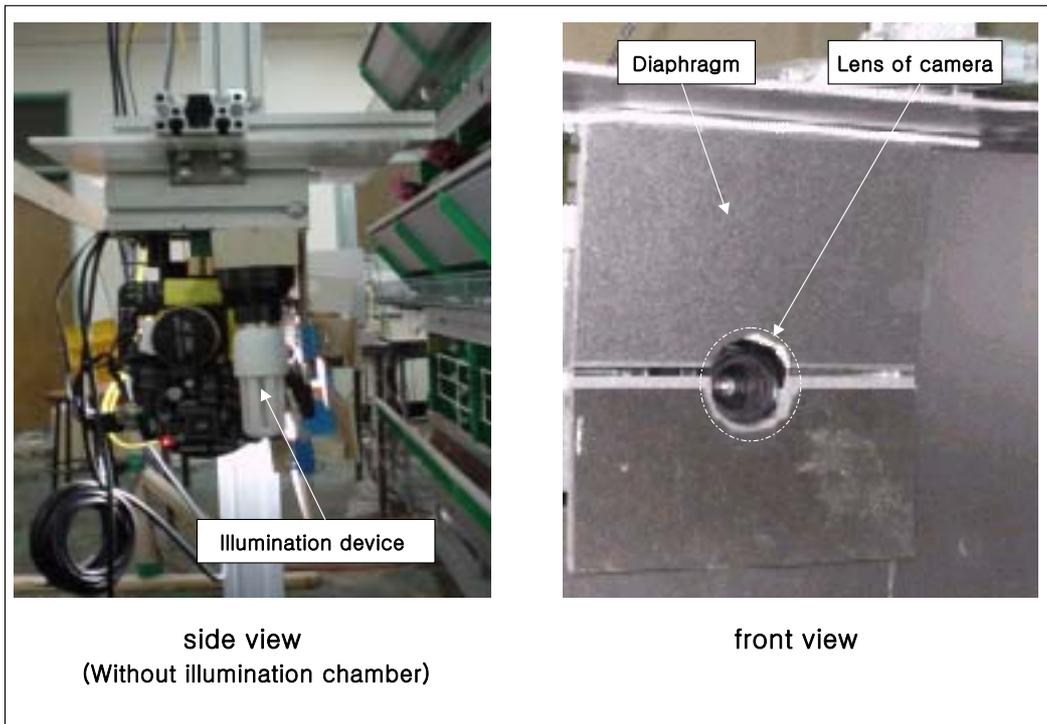


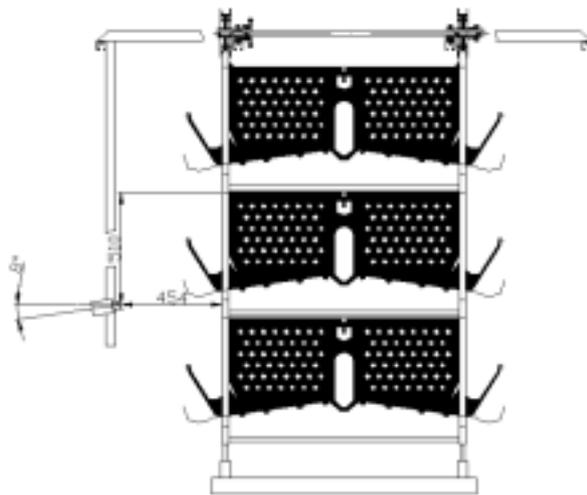
Fig. 14 Side view and front view of CCD camera and illumination device.

다리와 복부의 관찰 각도는 그림 15의 사진과 개략도에서 보는 바와 같이 CCD 카메라의 중심점과 케이지 정면과의 수평거리는 454 mm로, 천정면과의 수직거리는 510 mm로, 렌즈의 중심선과 수평선의 각도는 -8° 로 설정하였다.

머리의 관찰 각도는 그림 16의 사진과 개략도에서 보는 바와 같이 CCD 카메라의 중심점과 케이지 정면과의 수평거리는 454 mm로, 천장면과의 수직거리는 -144 mm로, 렌즈의 중심선과 수평선의 각도는 49° 로 설정하였다.

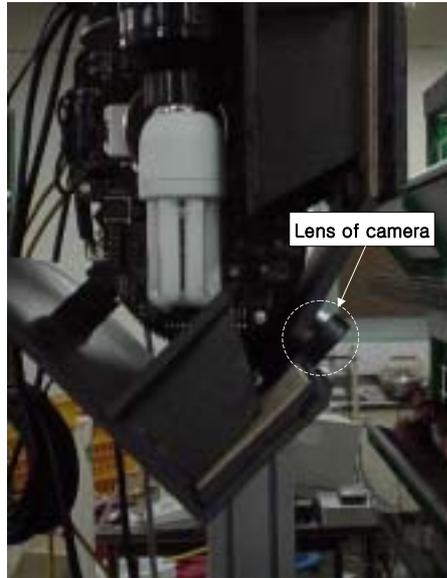


(a) Location view

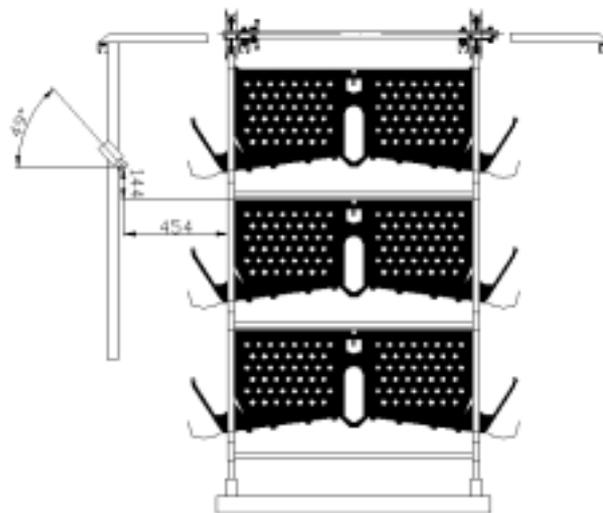


(b) Location schematic

Fig. 15 Location view and schematic for observing layers' leg and abdomen.



(a) Location view



(b) Location schematic

Fig. 16 Location view and schematic for observing layers' head.

영상처리시스템을 구성하는데 있어 균일한 조도의 유지는 매우 중요한 요소이다. 그러나 산란계사내의 조도는 5-10 lx 로서 백열전구를 사용하여 점등을 하는 것이 일반적이다. 전구는 산란계케이지와 케이지 사이인 통로구간에 일정간격으로 설치되는데 각각의 케이지마다 각기 다른 조도를 형성하게 되기 때문에 이러한 백열전구의 빛을 차단할 상자의 설치가 필요하다. 제작한 조명실은 그림 17과 같다. 조명실은 케이지 1칸의 가로와 세로의 크기보다 넓은 가로 × 세로 × 높이를 700 × 400 × 300 mm로 제작하였으며 카메라와 조명장치를 조명실의 안쪽으로 설치하여 외부로부터 빛이 들어올 수 없도록 제작하였다.

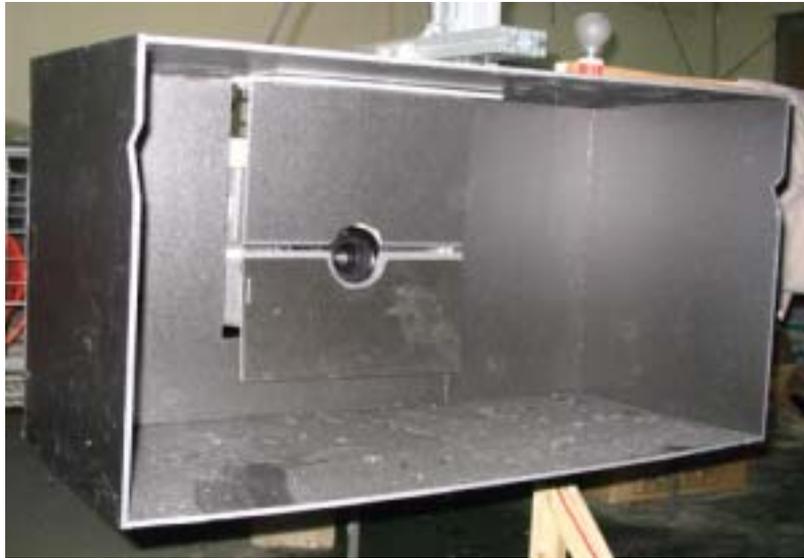


Fig. 17 A view of illumination chamber.

라. 자동위치인식시스템의 개발

구동 중 각 케이지별로 번호를 부여하고 케이지 내의 정확한 영상을 획득하기 위하여 근접센서를 구동시스템에 장착하였고, 각 케이지마다 근접센서의 반응을 유도할 수 있는 금속편을 부착하였다. 근접센서로부터 입력받은 신호를 컴퓨터로 전송하기 위하여 RS 485 데이터 전송 모듈을 이용하였다. 전송된 신호가 PIC 보드를 거쳐 제어컴퓨터에 입력되면 제어프로그램에서 각 케이지의 번호를 자동으로 부여함과 동

시에 CCD 카메라에 의해 촬영되는 실시간 영상 중에 한 프레임을 자동으로 획득하여 제어컴퓨터에 저장되도록 프로그래밍하였다. 사용한 근접센서의 제원은 표 9이고, 설치한 근접스위치 및 금속편과 근접센서를 장착한 이후에 개조한 RS 485 데이터 전송 모듈의 사진은 그림 18과 같다.

Table 9 Specifications of proximity switch

Items	Specification
Model	PR30-10AO
Detecting distance	10 mm \pm 10%
Hysteresis	Max. 10% of detecting distance
Standard detecting target	30×30×1 mm (Iron)
Power supply(Operating voltage)	110 to 220V AC (90 to 250V AC)
Manufacturer	Autonics Co. LTD



Fig. 18 A view of a proximity switch and a sensing plate.

마. 통신시스템의 개발

유선 원격감시시스템의 통신시스템은 영상획득시스템, 구동시스템 및 자동위치인식시스템을 제어할 수 있게 설계하였다.

실제 산란계사내에 고단 직립식 산란계케이지 한 열의 길이는 100 m 정도이므로, RS 232 데이터 전송 모듈에 비해 통신 가능 최대 케이블길이가 긴 RS 485 데이터 전송 모듈(최대 1219.2 m)을 이용하여 구동시스템의 장거리 유선 원격제어가 가능하게 하였다. 또한 RS 232 to RS 485 data converter를 이용, 컴퓨터 통신이 가능한 RS 232 데이터 전송 모듈로 변환하여 구동시스템 제어용 통신시스템을 구성하였다. 또한 PIC 보드에 입력되는 근접스위치의 신호를 제어용 컴퓨터에 전송할 수 있는 자동위치인식시스템용 통신시스템을 구성하였다.

CCD 카메라에서 획득된 영상을 영상 전송용 Web 카메라에 전송하여 획득된 영상을 LAN을 통해 제어용 컴퓨터에 전달하는 영상전송용 통신시스템을 구성하였다.

RS 232·RS 485 데이터 전송 모듈 및 LAN을 이용한 통신시스템의 개략도는 그림 19와 같다. 또한 그림 20은 설치된 RS 232 to RS 485 data converter의 실제 사진이며, 그림 21은 RS 485 데이터 전송 모듈의 컨트롤 박스와 구동시스템을 수동으로 제어하기 위하여 제작된 컨트롤 박스의 사진이다. 사용된 RS 232·RS 485 데이터 전송 모듈의 제원은 표 10과 같다.

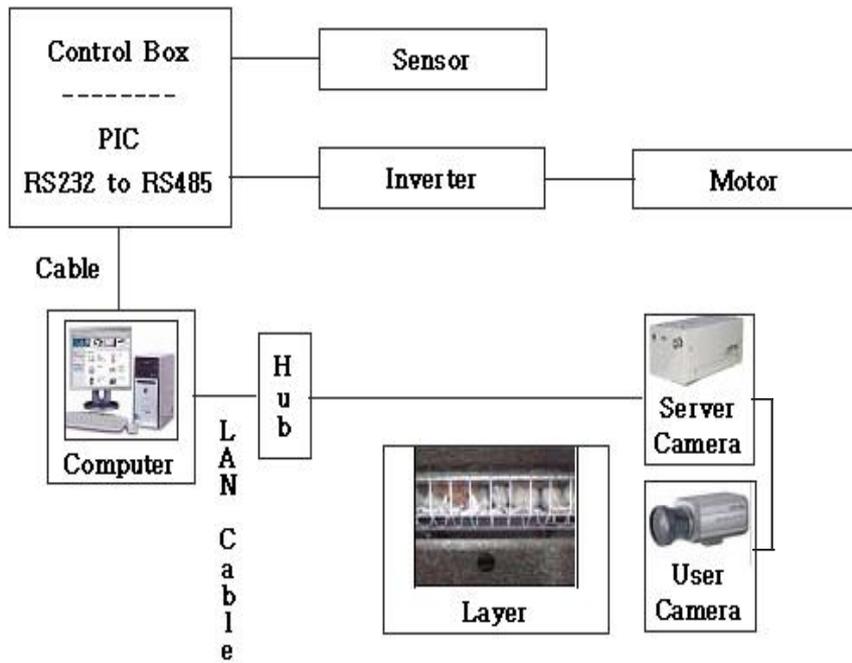


Fig. 19 Connection schematic of wired rearing system.

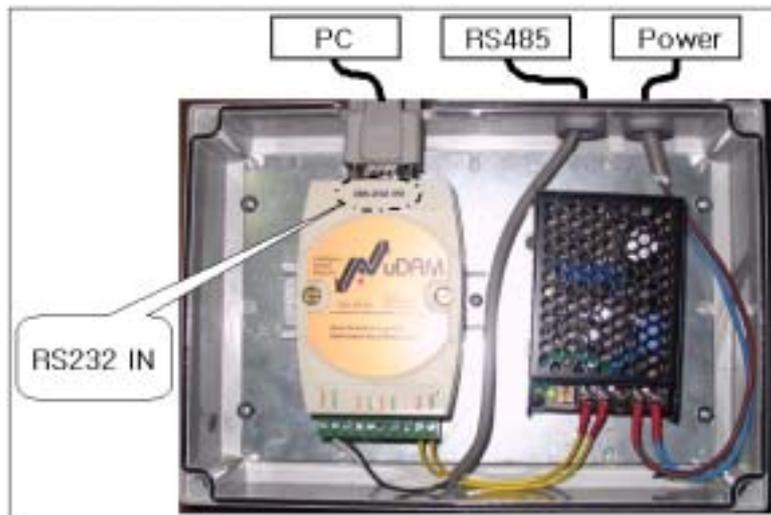


Fig. 20 A view of control box of RS232/RS485 converter.



Fig. 21 Surface and inside view of RS485 and driving car control box.

Table 10 Specifications of RS232 and RS485

Items		RS232	RS485
Mode of operation		SINGLE-ENDED	DIFFERENTIAL
Total number of drivers and receivers on one line (One driver active at a time for RS485 networks)		1 DRIVER 1 RECVR	32 DRIVER 32 RECVR
Maximum cable length		50 ft	4000 ft
Maximum data rate (40ft. - 4000ft. for RS422/RS485)		20kb/s	10Mb/s-100kb/s
Maximum driver output voltage		±25V	-7V to +12V
Driver output signal level (loaded Min.)	Loaded	±5V to ±15V	±1.5V
Driver output signal level (unloaded Max)	Unloaded	±25V	±6V
Driver load impedance (Ohms)		3k to 7k	54
Max. driver current in high Z state	Power On	N/A	±100uA
Max. driver current in high Z state	Power Off	±6mA at ±2v	±100uA
Slew rate (Max.)		30V/uS	N/A
Receiver input voltage range		±15V	-7V to +12V
Receiver input sensitivity		±3V	±200mV
Receiver input resistance (Ohms), (1 standard load for RS485)		3k to 7k	≥12k

5. 유선 원격감시시스템의 성능평가

가. 이동속도 측정 및 최적 이동속도 설정

설계·제작된 구동시스템의 구동모터에 공급되는 전원의 주파수 변조를 통해 일정 주파수마다 구동시스템의 이동속도를 측정하였다. 본 실험은 충남대학교 농업생명과학대학 환경조절축사에 설치된 직립식 산란계케이지에 구동시스템을 장착하여 제어 프로그램으로 구동모터에 공급되는 전원의 주파수를 변화시키면서 3반복 실험을 실시하였다. 본 연구에서 개발한 영상처리기법에서 케이지의 중심부에서 영상을 획득하고 다음 케이지의 중심부까지 이동 중에 영상처리를 실시하는데 소요되는 시간이 3~4초였다. 따라서 이러한 제약조건들을 고려하여 구동모터에 공급되는 전원의 주파수를 5.0 Hz씩 변화시켰으며 최대 60.0 Hz까지 실험을 실시하였다. 하지만 설정한 주파수까지 도달하는데 걸리는 시간이 60.0 Hz일 때 평균 4초 가량 시간이 소요되었으므로 예비구간을 두어 첫 번째 케이지의 중앙부를 지날 때에는 설정한 주파수로 통과할 수 있도록 실험을 설계·실시하였다.

설정된 각 주파수마다 첫 번째 케이지의 중앙부를 통과하여 일정거리까지 구동시스템이 이동한 시간을 측정하였다. 또한 케이지의 중앙부를 통과시마다 CCD 카메라를 이용하여 영상을 획득하였고, 설정된 각 주파수마다 케이지의 중앙에서 획득한 케이지내의 영상을 육안으로 분석하여 적정 이동속도를 설정하였다.

예비실험 결과 구동시스템의 구동모터에 공급되는 전원의 주파수가 25.0 Hz 미만일 경우 구동시스템의 구동이 불가능하였다. 따라서 구동시스템의 이동속도 측정을 구동모터에 공급되는 전원의 주파수를 25.0 Hz부터 60.0 Hz까지 5.0 Hz단위로 변경하면서 실시하였다.

나. 이동속도 측정 및 최적 이동속도 설정의 결과

설계·제작된 구동시스템의 이동속도 측정 및 최적 이동속도 설정을 위하여 본 실험을 실시하였는데, 구동시스템의 이동거리는 5.0 m이었으며, 줄자 및 초시계를 이용하여 3반복 실험을 실시하였다. 또한 이동속도 측정 실험과 동시에 각 측정 주파수마다 케이지의 중앙부에서 케이지 내의 영상을 획득하였고, 획득한 영상을 육안으로 분석하였다. 실험결과는 표 11과 같고 그림 22는 각 주파수에서의 측정 속도로 주파수와 이동속도간의 회귀식 그래프이다.

Table 11 Relationship between velocity and image result by the different motor frequency

Frequency (Hz)	Velocity of driving car (m/s)			Average of velocity (m/s)	Image result
	1st Exp.	2nd Exp.	3rd Exp.		
25.0	0.0669	0.0671	0.0670	0.0670	clear
30.0	0.0759	0.0760	0.0762	0.0760	clear
35.0	0.0850	0.0856	0.0852	0.0853	clear
40.0	0.0941	0.0943	0.0940	0.0941	clear
45.0	0.1031	0.1030	0.1020	0.1026	clear
50.0	0.1120	0.1121	0.1119	0.1120	clear
55.0	0.1216	0.1220	0.1219	0.1218	clear
60.0	0.1306	0.1310	0.1308	0.1308	clear

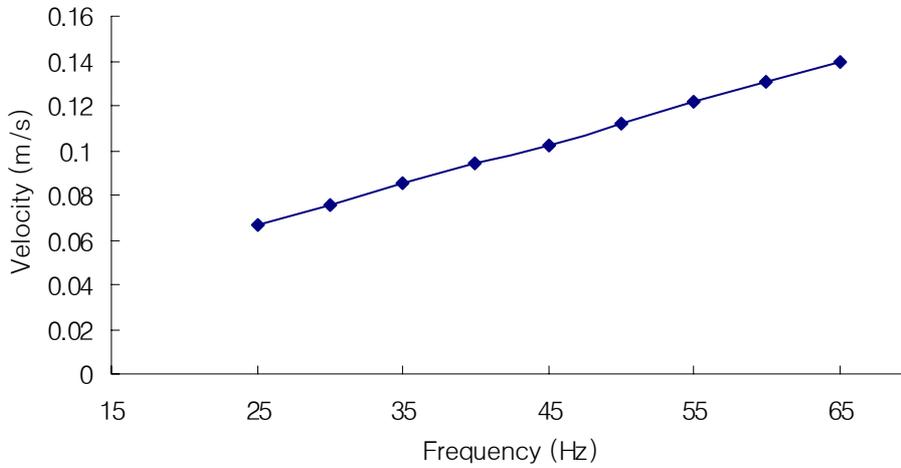


Fig. 22 Figure of regression linear of frequency and velocity.

표 11에서 보는 바와 같이 각 주파수 별로 영상을 획득하여 육안으로 영상을 분석한 결과 획득한 영상은 모두 정상으로 판정되었다.

그림 22에서 보는바와 같이 구동모터에 공급되는 전원의 주파수와 이동속도간의 회귀식은 $Y = 0.0018X + 0.0220$ 이었다. 하지만 영상처리와 근접센서에 의해 케이지에서 영상을 획득해야 하는 위치를 파악하는데 소요되는 시간을 고려한다면 영상을 획득한 케이지의 중앙부에서 다음 케이지의 중앙부까지 이동하는 시간은 최소한 5초 이상이어야 하므로, 구동시스템의 이동속도는 0.13 m/s 이하여야 했다. 따라서 구한 회귀식과 표 11의 데이터를 이용하여 최적 이동속도로 구동시스템을 구동하기 위한 전원의 주파수를 60.0 Hz로 설정하였다. 또한 구동시스템의 구동 중에 촬영한 산란계 케이지내의 영상은 25.0~60.0 Hz에서 모두 정상으로 분석되었으므로, 케이지 내의 영상을 획득할 때 구동속도로 인하여 영상에 노이즈(Noise)가 발생하는 현상은 없을 것으로 분석되었다. 그림 23은 공급되는 전원의 주파수가 60.0 Hz일 때 머리와 다리 부분의 이미지이다.



Fig. 23 Layers' image captured at 60Hz. (Left: heads, right: legs).

다. 자동위치인식시스템의 성능평가

근접센서가 각 감지판을 통과할 때의 이동속도가 균일하게 되도록 하기 위해 근접센서의 출발위치와 1번 케이지와의 거리를 615 mm로 하였다. 이 거리는 구동시스템의 속도가 0에서부터 0.13 m/s까지 상승하기위해 소요되는 시간이다. 근접센서는 1번 케이지의 감지판을 이동할 때 발생한 신호가 RS 485 데이터 전송 모듈을 통해 컴퓨터의 제어 프로그램까지 전송되게 된다. 제어 프로그램은 케이지의 번호를 기록하며, 구동차가 전진하면 케이지의 번호를 1씩 증가하여 기록하게 된다. 그림 24는 구동시스템의 최초위치, 감지판의 위치, 케이지의 번호를 나타낸다.

수의사가 컴퓨터의 판정기록 및 케이지번호의 기록에 따라 병계와 폐사계의 위치에 찾을 수 있도록 케이지의 전면부에 육안으로 케이지의 번호를 확인할 수 있는 번호표를 부착하였다.

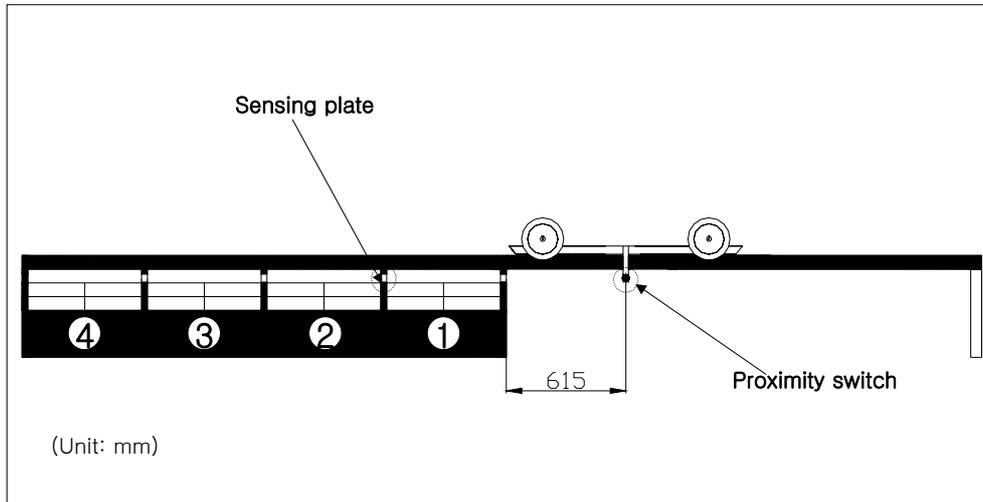


Fig. 24 Schematic of No. of each cage, position of sensing plate, initial position of driving car.

또한 케이지의 위치를 판단하기 위한 근접센서의 감지 지속시간을 결정하기 위하여 구동시스템의 적정속도인 0.13 m/s로 이동하며 감지 지속시간별 근접센서의 위치인식 정확도에 대하여 실험을 실시한 결과는 표 12와 같다.

Table 12 Relationship between recognizing time and accuracy

Item	Results						
Recognizing time (s)	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1	0.02
Accuracy (%)	0	13	35	57	82	96	98

위의 실험 결과로부터 정확도가 96% 이상인 0.1초 이하로 근접센서의 인식시간을 선정하였다.

6. 개선점

유선 원격감시시스템은 원격지에서 감시하기 위하여 전원 케이블 이외에 LAN 케이블 및 RS 485 통신 케이블을 추가적으로 설치해야 한다. 이러한 케이블은 설치에 많은 어려움을 가지고 있으며, 또한 통신상에 문제점이 발생했을 때 문제가 되는 지점을 찾기 또한 어렵고, 설치류 등의 케이블 손상으로 인한 보수를 하기 위하여 설치된 케이블을 모두 걷어내야 하는 대공사를 필요로 하게 된다. 본 연구에서 유선에 의한 산란계 원격감시시스템을 무선통신에 의한 원격감시시스템으로 개발하였다.

제 5 절 유선 원격감시시스템의 영상처리시스템 개발

1. 서론

가금과 가축의 영상처리에 관하여 연구된 문헌은 다수가 있으나 그 중에서 영상처리 기술을 이용한 것은 1990년 돼지의 영상 획득(Wounters et al, 1990)을 시작으로 돈사에서 환경온도의 자동제어를 실현하였다. 1999년 육계시체의 검사(Huang et al, 1999)에서 사망계의 피부조직을 전자현미경을 통해 영상을 획득하여 획득된 영상을 분석해 살모넬라의 감염여부를 자동 판정할 수 있는 정도로 발전하였다. 그러나 고단직립식 케이지 내에서 발생한 병계 및 폐사계의 유무를 판정할 수 있는 기술은 개발되지 못한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고단직립식 산란계케이지를 원격감시하며 병계 및 폐사계를 자동 판정할 수 있는 영상처리시스템을 개발하고자 하였으며, 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 병계 및 폐사계의 판정기준 설정을 위한 입력영상의 특성 분석
- 2) 병계 및 폐사계 자동판정 알고리즘 개발
- 3) 개발된 알고리즘 성능 평가

2. 병계 및 폐사계 자동판정 알고리즘의 개발

본 연구의 목적은 병·폐사계의 존재여부를 자동 판정하는 시스템을 개발하는 것으로서, 입력영상의 특성을 분석하고 판정기준을 설립하여 새로운 병계 및 폐사계를 자동 판정하는 알고리즘을 개발하기 위함이다.

고단 직립식 산란계케이지내의 병계 및 폐사계의 유무를 자동 판정할 수 있는 시스템의 영상처리알고리즘을 개발하기 위하여 정상 산란계케이지 및 비정상 산란계케이지별로 산란계 다리부분의 칼라영상을 획득한 후 이를 이진화하고, 이진화한 영상을 가지고 노이즈제거, 레이블링, 낮은 자세의 정상산란계 제거, 가까이에 위치한 라벨 조각을 모아 한 마리의 산란계로 인식하게 하여 산란계가 쓰러져 있는지의 여부를 판단하도록 하는 알고리즘을 개발하였다 또한 산란계의 머리 부분에 대한 이미지를 이진화

및 노이즈제거, 레이블링을 하여 산란계의 머리수를 비교하여 병계 및 폐사계가 있는 산란계케이지를 검출할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 병계 및 폐사계의 판정순서는 그림 25와 같다.

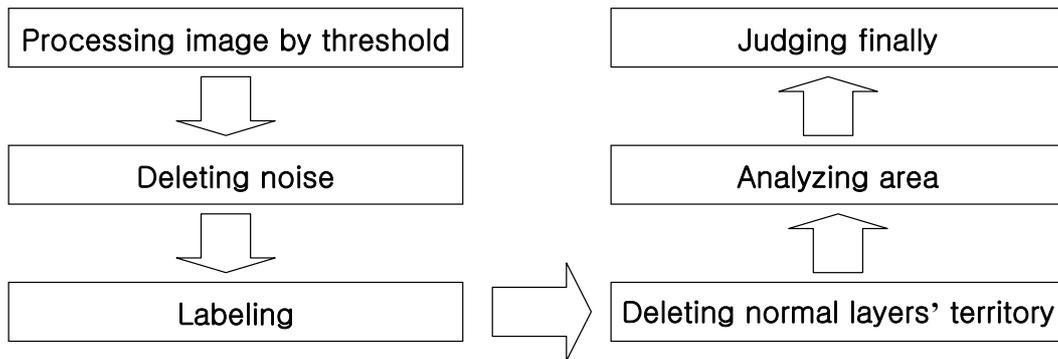


Fig. 25 Flow chart for judging if existing ill and dead layers in cage.

가. 입력영상의 특성분석

1) 산란계의 다리부분 및 머리부분

병·폐사계를 판별하기 위하여 앞서 문헌 조사한 질병에 대한 외부 증상들을 근거로 하여 CCD 카메라로부터 획득한 산란계의 영상을 여러 가지 영상처리 기법을 적용하여 관찰하였으나 질병으로 인해 발생한 미미한 외부변화는 군집사육을 하는 산란계의 특성상 개별관찰이 어려워 영상을 이용한 판별이 불가능하였다. 그러나 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 접근, 사료를 섭취하는데 그중 질병에 걸려 기립불능인 병계나 폐사계의 경우 케이지의 바닥에 쓰러지게 되어 정상 산란계와는 확연히 구별할 수 있었다. 또한 병계 및 폐사계의 경우 먹이를 먹을 수 없기 때문에 사료통에 머리를 내어놓지 못한다는 것은 일반적인 사실이다.

실제관찰과 실험을 통해서 기립불능인 병계의 복부는 케이지의 바닥에 닿아 다리부분을 감시할 때 기립불능인 병계의 다리부분을 볼 수 없을 뿐만 아니라, 사료를 섭취할 때 사료통 구간에서 기립불능인 병계의 머리도 볼 수 없다. 폐사계는 기립불능인 병계와 비슷한 상태특성을 갖고 있다.

정상과 비정상 산란계가 있는 케이지에서 다리부분의 사진은 그림 26과 같다. 정상과 비정상 산란계가 있는 케이지에서 머리부분의 사진은 그림 27과 같다. 정상계의 다리는 직립하고 병계의 복부는 케이지의 지면에 있다. 정상적인 상태일 경우, 산란계의 복부는 바닥에 닿지 않았으나 병계 및 폐사계가 존재할 경우, 산란계의 복부는 바닥에 닿는다. 사료를 급이하고 30초가 지난 후 정상적인 상태일 경우, 정확히 산란계의 머리수를 셀 수 있었으나 병계 및 폐사계가 존재하는 경우, 산란계의 머리수는 5개보다 적게 나타났다.



(a). Normal layers in cage



(b). Abnormal layers in cage

Fig. 26 Image of normal and abnormal layers' leg. (Feeding after 30 s).



(a). Normal layers in cage



(b). Abnormal layers in cage

Fig. 27 Image of normal and abnormal layers' head. (Feeding after 30 s).

이러한 자료를 바탕으로 보다 정확한 감시를 위하여 급이 후 산란계의 먹이에 대한 관심도를 조사하였다. 산란계는 급이 후 약 30초 동안은 자리를 잡기위하여 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 정도였으며 그중 산란계의 먹이에 대한 관심도가 90% 이상인 즉 평균 4마리 이상의 산란계가 사료를 섭취하는 5분 30초 이내에 관찰하는 것이 병계 및 폐사계의 판정을 위한 영상획득에 가장 적합한 것으로 판단되었다.

2) 산란계의 이미지 추출을 위한 RGB 농도 범위의 선정

CCD 카메라로부터 입력된 영상은 MPEG type이므로 본 연구를 위하여 영상을 RGB type으로 변환하였다. RGB 영상은 Red, Green, Blue의 3색으로 분류 할 수 있으며 각각의 농도 범위는 다음과 같다.

R = 적색 (Red : 0 ~ 255)

G = 녹색 (Green : 0 ~ 255)

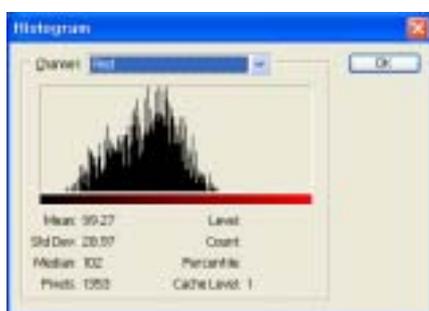
B = 청색 (Blue : 0 ~ 255)

산란계의 이미지 추출을 위한 각각의 농도는 촬영되는 대상에 도달하는 조도 값에 따라 변화되기 때문에 본 실험에서는 촬영대상인 산란계에 도달하는 조도를 다리부분 관찰시 45 lx로 머리부분관찰시 35 lx로 설정하여 이미지를 획득하였다. 산란계의 이미지를 추출하기 위한 R, G, B의 농도범위는 다음의 RGB 값에 대한 막대그래프(histogram)를 분석하여 선정하였다.

가) 산란계의 다리부분 (산란계영역, 그림 28)



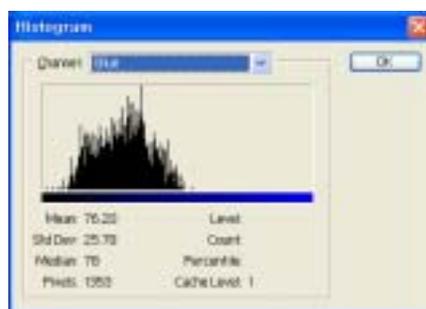
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 28 Histogram analysis of RGB intensity for layers' image (layers' leg).

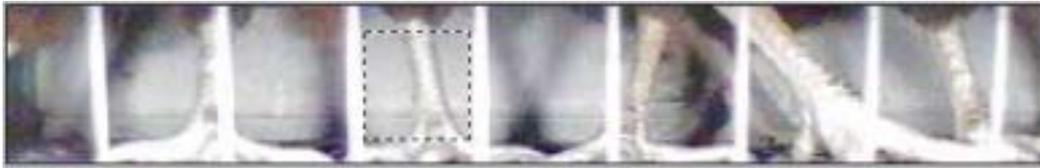
그림 28은 산란계의 다리부분(산란계영역)의 이미지와 RGB 농도 히스토그램 분석도이다.

- (a)는 산란계의 다리부분(산란계영역)의 이미지이며,
- (b)는 Red의 RGB 농도 히스토그램 분석도이며,
- (c)는 Green의 RGB 농도 히스토그램 분석도이며,
- (d)는 Blue의 RGB 농도 히스토그램 분석도이다.

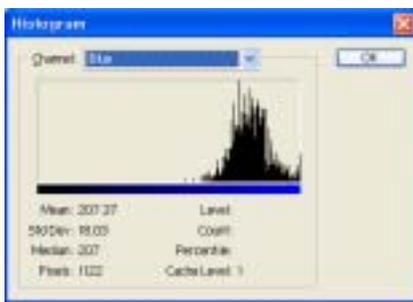
분석결과 Red는 30부터 155 까지, Green은 22부터 130 까지, Blue는 24부터 134까지의 농도분포를 나타냈다.

산란계가 아닌 배경의 이미지로서 제거해야 할 부분의 히스토그램을 분석해 보면 아래와 같다.

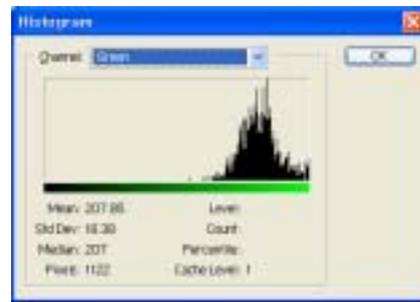
나) 산란계의 다리부분 (배경영역, 그림 29)



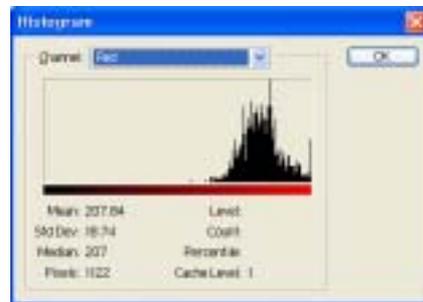
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 29 Histogram analysis of RGB intensity for background (layers' leg).

그림 29는 산란계의 다리부분(배경영역)의 이미지와 RGB 농도 히스토그램 분석도이다.

- (a)는 산란계의 다리부분(배경영역)의 이미지이며,
- (b)는 Red의 RGB 농도 히스토그램 분석도이며,
- (c)는 Green의 RGB 농도 히스토그램 분석도이며,
- (d)는 Blue의 RGB 농도 히스토그램 분석도이다.

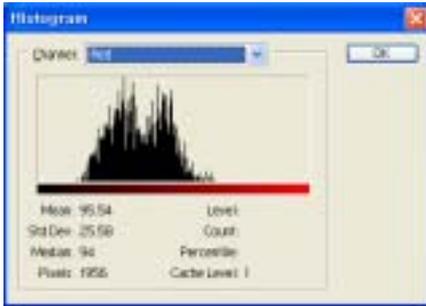
분석결과 Red는 159부터 255까지, Green은 152부터 255까지, Blue는 160부터 255까지의 농도분포를 나타냈다.

산란계에 해당하는 이미지의 R, G, B 각 값의 평균 농도를 보면 Red는 99.27, Green은 79.06, Blue는 76.20의 분포를 보였다. 여기에서 Red의 평균 농도가 Green과 Blue보다 20가량 높은 것을 알 수 있다. 위에서 얻어진 RGB의 농도 범위에 대한 수치를 산란계감시 프로그램에 적용하여 현장실험을 실시한 결과 산란계 몸통부분의 RGB의 경계 값이 배경부분의 RGB 경계 값과 근접한 경우 산란계의 몸과 배경을 정확하게 구분하지 못하는 문제점을 드러냈다. 따라서 RGB 농도 분포 분석 값을 기준으로 현장실험을 통하여 산란계의 이미지 추출을 위한 RGB 값의 범위를 수정하였다. RGB 값의 농도 범위는 배경부분의 경계 값과 몸통부분의 경계 값에 차이를 두어 RGB의 농도 범위를 정하였다. 그 결과 Red는 0~140, Green은 0~130, Blue는 0~130으로 범위를 선택하였다. 산란계의 그림자 부분에 대한 RGB 농도 범위는 추출하고자하는 몸통부분의 RGB 농도 범위에 포함되고 있어 그림자 부분은 분리하지 못하였다. 그러나 그림자부분이 차지하는 면적은 판단기준이 되는 몸통부분의 면적보다 상대적으로 작아 병계 및 폐사계의 판정에 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다.

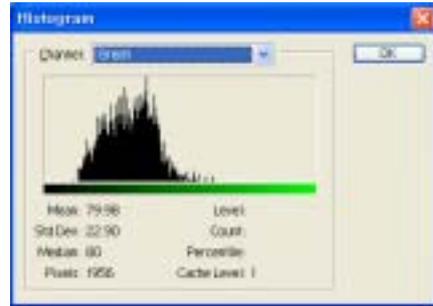
다) 산란계의 머리부분 (산란계영역, 그림 30)



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 30 Histogram analysis of RGB intensity for layers' image (layers' head).

그림 30은 산란계의 머리부분(산란계영역)의 이미지와 RGB 농도의 히스토그램 분석도이다.

(a)는 산란계의 머리부분(산란계영역)의 이미지이며,

- (b)는 Red의 RGB 농도 히스토그램 분석도이며,
- (c)는 Green의 RGB 농도 히스토그램 분석도이며,
- (d)는 Blue의 RGB 농도 히스토그램 분석도이다.

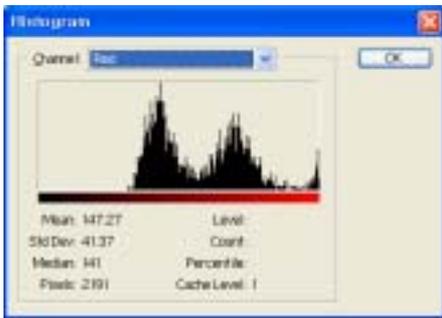
분석결과 Red는 40부터 146까지, Green은 31부터 125까지, Blue는 28부터 118까지의 농도분포를 나타냈다.

산란계가 아닌 배경의 이미지로서 제거되어야할 부분의 히스토그램을 분석해보면 아래와 같다.

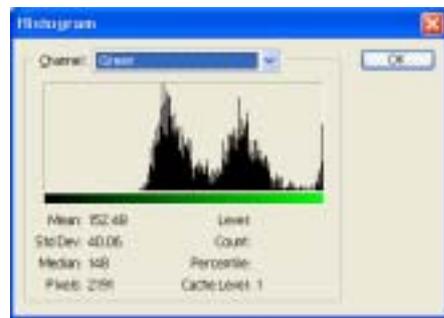
라) 산란계의 머리부분 (배경영역, 그림 31)



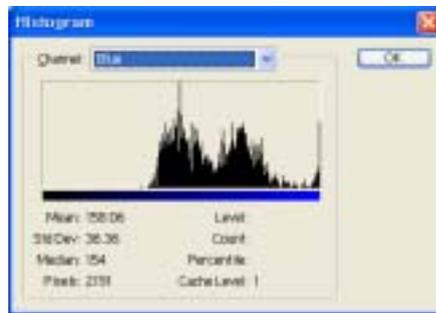
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 31 Histogram analysis of RGB intensity for background (layers' head).

그림 31은 산란계의 머리부분(배경영역)의 이미지와 RGB농도의 히스토그램 분석도이다.

- (a)는 산란계의 머리부분(배경영역)의 이미지이며,
- (b)는 Red의 RGB 농도 히스토그램 분석도이며,
- (c)는 Green의 RGB 농도 히스토그램 분석도이며,
- (d)는 Blue의 RGB 농도 히스토그램 분석도이다.

분석결과 Red는 87부터 255까지, Green은 92부터 255까지, Blue는 98부터 255까지의 농도분포를 나타냈다.

산란계에 해당하는 이미지의 R, G, B 각 값의 평균 농도를 보면 Red는 95.54, Green은 79.98, Blue는 76.20의 분포를 보였다. 여기에서 Red의 평균 농도가 Green과 Blue보다 19가량 높은 것을 알 수 있다. 위에서 얻어진 RGB의 농도 범위에 대한 수치를 산란계감시 프로그램에 적용하여 현장실험을 실시한 결과 산란계 머리부분의 RGB 경계 값이 배경부분의 RGB 경계 값에 상당부분 중복되어 산란계의 몸과 배경을 정확하게 구분하지 못하는 문제점을 드러냈다. 특히 산란계의 빛의 R, G, B농도의 범위는 배경의 이미지에 모두 포함되어 배경으로부터 빛의 이미지를 추출할 수 없었다. 따라서 산란계의 목 부분에 대한 R, G, B농도분포 분석 값을 기준으로 현장실험을 통하여 산란계의 이미지 추출을 위한 RGB 값의 범위를 수정하였다. 그 결과 Red는 0~130, Green은 0~110, Blue는 0~110으로 범위를 선택하였다. 산란계의 그림자 부분에 대한 RGB농도 범위는 추출하고자하는 목 부분의 RGB농도범위에 포함되고 있어 그림자 부분은 분리하지 못하였다. 그러나 그림자부분이 차지하는 면적은 판단기준이 되는 목 부분의 면적보다 상대적으로 작아 산란계의 마리 수 계산에 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다.

이상 분석을 통해서 설정된 문턱 값이 다리부분의 영상을 대한 Red는 0~130, Green은 0~110, Blue는 0~110으로 범위를 선택하였고, 머리부분의 영상을 대한 Red는 0~95.54, Green은 0~79.98, Blue는 0~76.20으로 범위를 선택하였다.

나. 다리부분을 이용한 자동판정 알고리즘 개발

1) 영상의 노이즈 제거

CCD 카메라로부터 입력된 영상은 가로 320×240 화소인 RGB 형태로 변환한 후 Red, Green, Blue로 이미지를 분류하였으며 이미지 처리를 위한 관찰 범위를 선택한 후 관찰범위 이외의 화소 $[x][y]=0$ 으로, 즉 흑색으로 변환하였다. 관찰범위 내

의 이미지에 대해서는 산란계의 각 부위별 R, G, B 값에 대한 막대그래프의 분석에서 찾아낸 Red, Green, Blue에 대한 색상농도의 경계 값과 비교하여 경계 값 내의 화소 $[x][y]=255$ 로 그렇지 않은 화소 $[x][y]=0$ 으로 변환하여 관찰범위내의 영상을 흑색과 백색으로 2진화하였다. 영상의 2진화는 다음식의 경계 값 처리(thresholding)에 의하여 수행하였다(이 등, 1996).

위의 식으로 얻어진 영상을 2진화하였다. 그 결과는 그림 32와 같다.

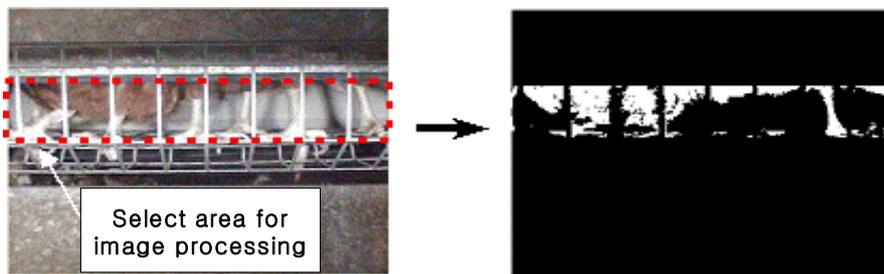


Fig. 32 Captured image and its binary image.

그림 32의 2진화된 이미지를 보면 산란계는 흰색으로 그렇지 않은 부분은 검은색으로 2진화된 것을 확인할 수 있었다. 그러나 일정간격을 사이에 두고 이미지들이 끊어진 것을 확인할 수 있는데 이것은 산란계케이지 전면부의 철망이 보조조명으로부터 나온 빛을 반사 시켜 RGB 값이 모두 255를 나타냈기 때문이다.

산란계의 이미지를 2진화한 영상에는 깨소금 노이즈(salt-and-pepper noise)를 다수 포함하고 있기 때문에 2진화된 이미지를 이용하는 팽창-수축처리를 하여 노이즈를 제거하였다.

팽창(dilation)이란 320×240 화소들을 좌표 (0, 0)부터 시작하여 (320, 240)까지 검사하며 검사 중인 화소 가까이에 어느 하나라도 255가 있으면 그 화소를 255로, 그 외의 것은 0으로 처리하는 기법이다. 수축(erosion)이란, 검사 중인 화소 가까이에 어느 하나라도 0이 있으면 그 화소를 0으로, 그 외의 것은 255로 처리하는 기법이다. 수축처리를 한 후 팽창처리를 하게 되면 고립된 흰점이 제거되고, 팽창처리를 한 후 수축처리를 하게 되면 고립된 검은점이 제거된다.

산란계의 2진화된 이미지의 노이즈를 제거하기 위하여 팽창처리를 한 후 수축처리를 하였으며 배경에 대한 노이즈를 제거하기 위하여 수축처리를 한 후 팽창처리를 하였다. 이에 대한 결과는 그림 33과 같다.

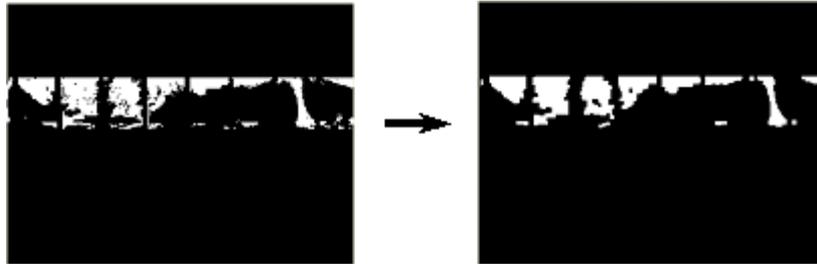


Fig. 33 Erosion image and image filtered by expansion processing.

2) 영상의 레이블링(labeling)

레이블링이란 연결되어 있는 모든 화소(연결성분)에 같은 라벨(번호)을 붙이고, 다른 연결성분에는 다른 번호를 붙이는 처리를 레이블링이라고 한다. 이것은 2진화된 영상 처리에서 매우 중요한 처리 기법으로서 이 처리를 하면 개개의 연결성분으로 분리할 수 있어, 각 연결성분의 특징을 알 수 있다. 레이블링 방법에는 여러 가지가 있는데 그중 8개의 화소를 검사하여 레이블링하는 방법을 선택하였다. 각 처리과정을 보면 아래와 같다(그림 34).

- ① 좌표 (0, 0)에서부터 검사를 시작하며 화소의 값이 255인 픽셀 중 레이블이 붙어 있지 않은 255의 농도를 가지고 있는 화소 P를 찾아 새로운 레이블을 붙인다.
- ② 화소 P와 연결되어 있는 화소에도 같은 레이블을 붙인다.
- ③ 나아가 현재 레이블이 붙은 화소와 연결되어 있는 모든 화소에 같은 레이블을 붙인다.
- ④ 이 작업을 레이블을 붙여야 할 화소가 없어질 때까지 계속한다. 이로써 하나의 연결성분 전체에 같은 레이블이 붙게 된다.
- ⑤ 다시 ①번 작업으로 돌아가 아직 레이블이 붙어 있지 않은 화소가 보이면 새로운 레이블을 붙여 ②~④번 처리를 행하도록 한다.

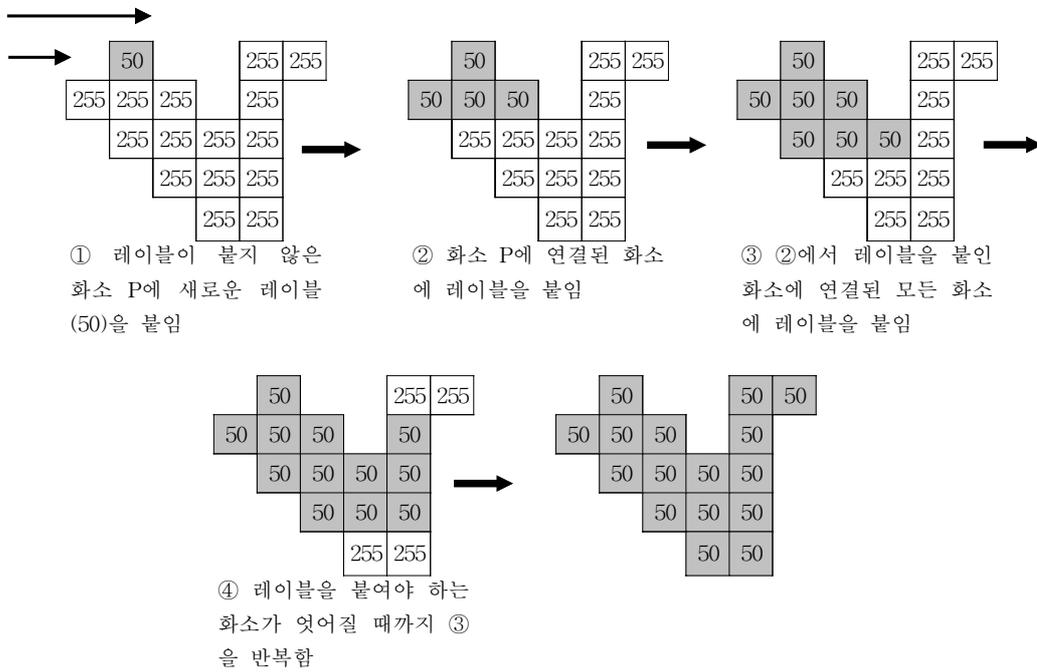


Fig. 34 Labeling procedure of one's connection element(in condition of label No. 50).

필터처리(filter processing)된 이미지 중 $[x][y]=255$ 인 각각의 화소 덩어리에 레이블링 작업을 하였다. 라벨은 번 영상처리의 특성상 X축을 우선하여 위에서 아래로 Y축은 왼쪽에서 오른쪽의 순으로 번호를 부여하였다. 이 때 각각의 라벨에 대한 면적을 함께 계산하였으며 면적이 200 라벨 이하인 라벨을 노이즈로 가정하고 해당 라벨의 모든 $[x][y]=0$ 으로 변환하여 라벨을 제거하였다. 이것에 대한 결과는 그림 35와 같다.



Fig. 35 Image deleted small area after labelling.

3) 정상산란계영역 제거

필터처리 후에 얻어진 이미지 중 낮은 자세로 서있거나 자리이동을 위해 자세를 낮추게 되는 산란계의 이미지를 분리해내고 그에 해당하는 라벨을 제거하기 위하여 이미지의 우측 상단의 $[x][y]=(0, 0)$ 을 기준으로 각 라벨들의 중심좌표(x, y)를 계산하였다.

라벨의 중심좌표계산은 하나의 라벨안에 포함된 모든 화소들의 x축 값과 y축 값을 각각 합산한 후 라벨안에 포함된 화소들의 총 개수로 나누어 계산하였다. 얻어온 중심좌표(x, y)중 y의 값이 2진 처리된 영상의 Y축 중심위치보다 높은 80이상이면 그 라벨의 이미지에 해당되는 산란계는 쓰러져있는 병계 및 폐사계로 판정한다. 반면 80이하이면 그 라벨의 이미지에 해당되는 산란계는 서있는 정상인 산란계로 판정하고 해당라벨의 모든 $[x][y]=0$ 으로 변환하여 해당라벨을 제거하였다. 이것에 대한 결과는 그림 36과 그림 37에서 나타난다. 그림 36은 정상인 산란계로 판정을 하여 정상 판정된 산란계의 이미지에 대한 라벨이 제거된 것을 보여주는 것이고, 그림 37은 병계 및 폐사계로 의심되어 해당 라벨이 제거되지 않은 것을 보여준다.

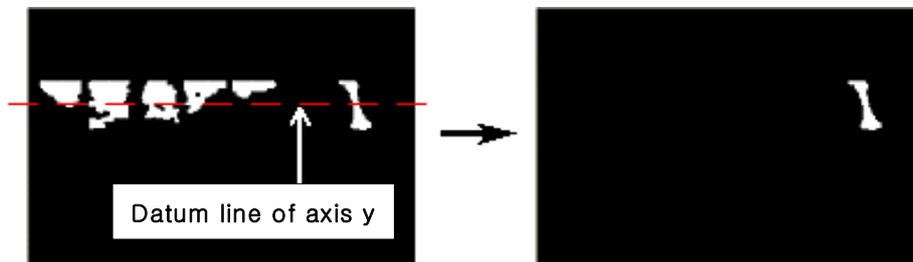


Fig. 36 Normal layers' label exclusion by central coordinate. (Normal layers).



Fig. 37 Normal layers' label exclusion by central coordinate(ill and dead layers).

4) 병계 및 폐사계 판정을 위한 최종 면적분석

이미지 처리의 마지막 작업으로 각 라벨간의 중심좌표 중 x축의 거리가 120 화소 이내인 라벨에 대해서는 한 마리의 이미지로 판단하고 범위내의 모든 라벨의 면적을 합산하여 일정면적 이상이면 병계 및 폐사계로 판정을 하고 그렇지 않으면 정상산란계로 판정하도록 프로그래밍하였다. 이것의 처리과정은 다음의 순서에 의해 진행되었다.

- ① 여러 처리과정을 거쳐 얻어진 이미지를 좌측에서부터 우측으로 검사하여 병계 및 폐사계로 의심된 라벨의 유무를 확인한 후 병계 및 폐사계로 의심된 라벨이 발견되면 해당 라벨을 참고 라벨로 정하고 기준면적과 비교하여 1,500 화소 이상일 경우 병계 및 폐사계로 판정하고 1,500 화소 이하이면 다음의 라벨을 검사하도록 하였다.
- ② 라벨들의 면적합계가 병계 및 폐사계로 판정되는 값을 얻을 때 까지 참고 라벨과 x축 사이 거리가 120 화소 이내인 모든 라벨들을 순차적으로 합산한다. 합산된 면적을 병계 및 폐사계 판정기준면적과 비교하여 1,500 화소보다 크면 병계 및 폐사계로 판정하고 1,500 화소 이하이면 정상산란계로 판정한다.
- ③ 참고 라벨 과 x축 사이 거리가 120 화소 이상이며 합산된 면적이 병계 및 폐사계 판정기준면적보다 작은 경우 합산된 모든 라벨값을 버리고 참고 라벨을 다음의 우측라벨로 대치시킨 후 모든 라벨을 검사할 때 까지 ②의 과정을 반복 수행하게 된다.

위의 순서에 의해 얻은 결과 값은 제어프로그램(그림 13)의 좌측하단부에 있는 LED 패널에 표시되게 되는데 정상산란계인 경우 아무런 변화가 없으나 병계 또는

폐사계로 판정된 경우 해당 케이스의 LED에 적색 램프를 켜주고 캡처된 이미지를 저장하도록 하였다.

이상의 알고리즘에 대한 순서도는 그림 38과 같다.

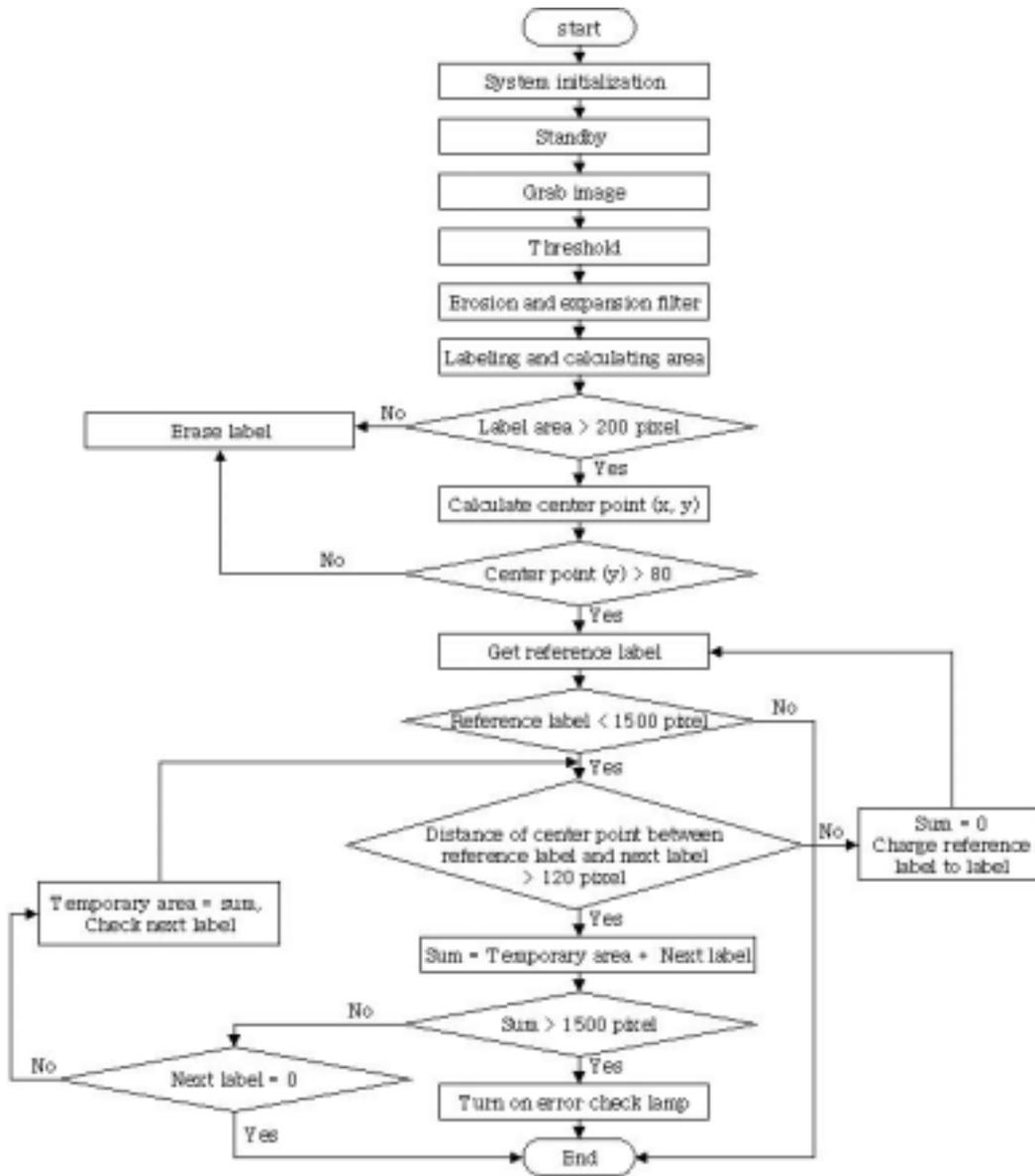


Fig. 38 Flow chart of image processing program for checking ill and dead layers by observing layers' leg and abdomen.

다. 머리부분을 이용한 자동판정 알고리즘 개발

머리부분 영상분석과정의 영상 2진화 및 잡음 제거, 레이블링 방법은 다리부분을 이용한 자동판정 알고리즘 개발과 같은 방법을 사용하였다. 쓰러진 병계 및 폐사계를 검색하는 감시시스템의 알고리즘과 함께 산란계의 머리수를 계산하고 프로그램상에 기억되어있던 산란계의 수와 비교하여 병계 및 폐사계의 유무를 판정하는 알고리즘을 개발하였다.

CCD 카메라로부터 입력된 영상 중 머리수를 계산하기 위하여 필요한 영역만을 남기고 나머지의 영역의 화소는 0 값을 주어 모두 제거해 버린다. 이렇게 얻어진 이미지는 이미 정해진 RGB 값의 농도 범위에 포함되는 영역만을 255로 변환하고 그렇지 않은 부분은 0으로 변환하여 이미지를 2진화 한 후 축소-팽창, 팽창-축소 기법을 이용하여 노이즈를 제거한다. 노이즈가 제거된 이미지는 레이블링 처리를 하여 연결되어 있는 모든 화소에 동일한 번호를 부여하고 화소의 수를 계산한다. 이렇게 얻어진 각각의 라벨의 면적 중 산란계의 머리로 판정하기 어려운 크기의 라벨은 제거를 하고 남은 라벨의 개수를 계산한다. 이렇게 얻어진 라벨의 개수는 산란계의 머리수와 일치하게 되고 컴퓨터에 기억되어 있던 각 케이지별 산란계의 수와 비교하여 산란계의수가 적어진 케이지에 대해서는 문제가 있는 것으로 판정을 하게 된다. 이상의 처리과정에 대한 각각의 이미지 처리 결과는 그림 39와 같다.

머리수의 계산방법의 이용은 오관이 존재한다. 두 머리의 거리가 너무 근접하면 영상처리시스템으로 영역 분할을 할 수 없으며 두 마리를 한 마리로 인식하게 된다.

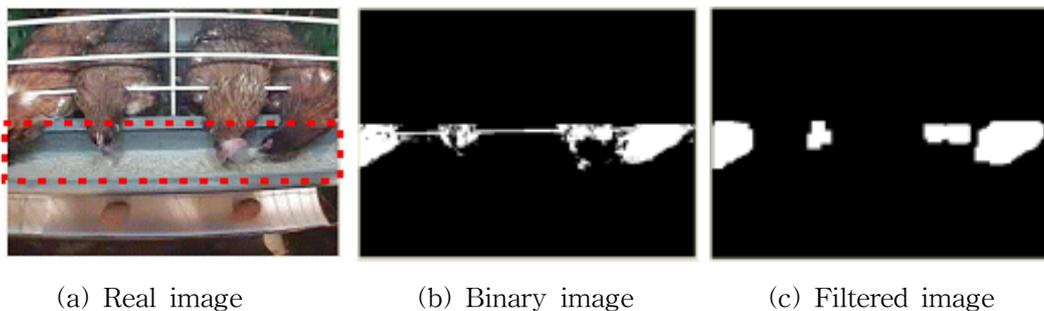


Fig. 39 Image processing procedure for counting number of layers' head.

그림 39의 입력된 산란계 이미지를 살펴보면 네 마리의 산란계가 사료를 섭취하는 것을 확인할 수 있다. 이 이미지 중 머리부분만을 선택하여 2진화 하였으나 그림자에 의한 직선이 그려진 것을 확인할 수 있었다. 그림자는 축소와 팽창 기법을 반복하여 제거하였으며 (c)의 그림에서 보는 것과 같이 산란계가 4마리로 검색된 것을 확인할 수 있었다. 이상의 과정에 대한 순서도는 그림 40과 같다.

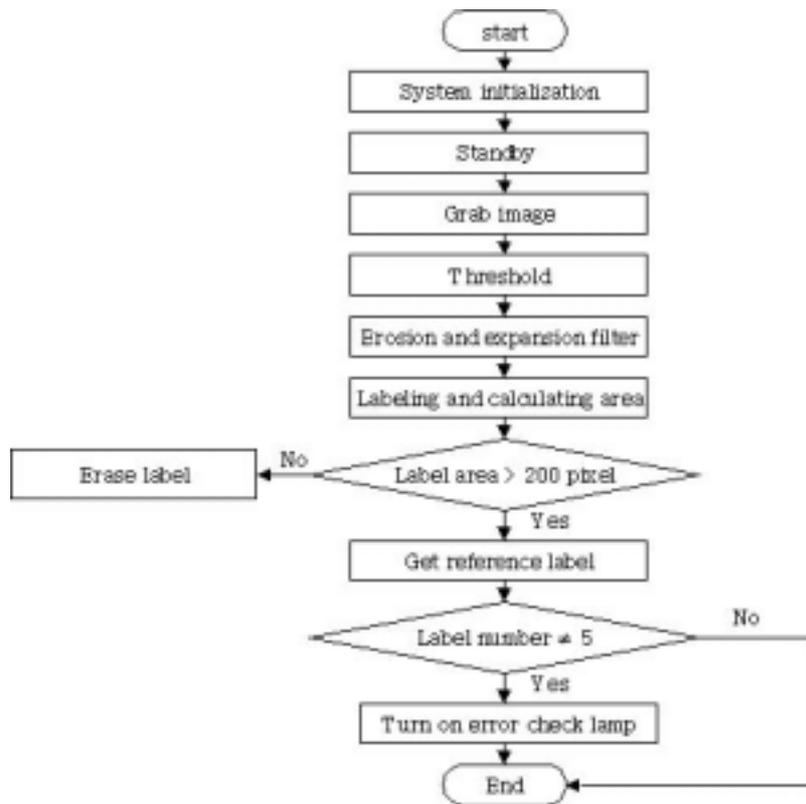


Fig. 40 Flow chart of image processing program for checking ill and layers by observing layers' head.

3. 영상처리시스템의 성능평가

가. 실험계사의 환경 및 공시동물

본 실험을 실시하기 위하여 환경조절 무창 실험계사 내에 고단 직립식 산란계케이지를 설치하였다. 산란계사내의 조도는 30 W의 백열등을 사용하여 5~10 lx로 실제 산란계농장에서와 같은 조도를 조성하였다. 연구에 사용된 산란계는 한국에서 가장 많이 사육되고 있는 갈색 레그혼종으로 증체가 멈추게 되는 37주령 이상 된 산란계를 공시하였으며 산란계의 외부 깃털은 갈색이고 평균 체중은 2 kg이다. 총 20마리의 산란계를 각 케이지별 5마리씩 넣어 사육을 하였으며 실험용 산란계는 실험의 정확성을 얻기 위하여 실험시작 2주전부터 산란계의 적정 사료 급여량인 110 g/일을 정해진 시간에 8회로 균등 분할하여 급여 하였다.

나. 다리부분감시에 의한 판정

개발된 영상처리시스템의 성능을 평가하기 위하여 두 가지의 항목에 대하여 실험을 실시하였다. 병계 및 폐사계가 없고 5마리 모두가 정상산란계인 1)정상 산란계케이지에 대한 판정실험, 기립이 불가능한 병계 및 폐사계가 1마리 있고 4마리만이 정상산란계인 2)비정상 산란계케이지에 대한 판정실험을 각 실험별로 4개의 산란계 케이지에 대하여 총 100회의 실험을 실시하였다. 급여 후 사료에 대한 관심도가 높은 30초~5분 30초 이내에 실험을 실시하였다.

그림 41은 산란계의 다리와 복부를 감시하여 직립이 불가능한 병계 및 폐사계가 있는 비정상 산란계케이지를 실시간으로 판정하는 제어프로그램으로서 병계 및 폐사계가 케이지 내에서 발견되면 좌측의 하단부에 위치한 해당 케이지의 LED 램프를 적색으로 변환하여 산란계에 이상이 있음을 알리도록 하였으며 케이지의 번호 및 시간을 기록한 이미지를 저장하도록 프로그래밍하였다.

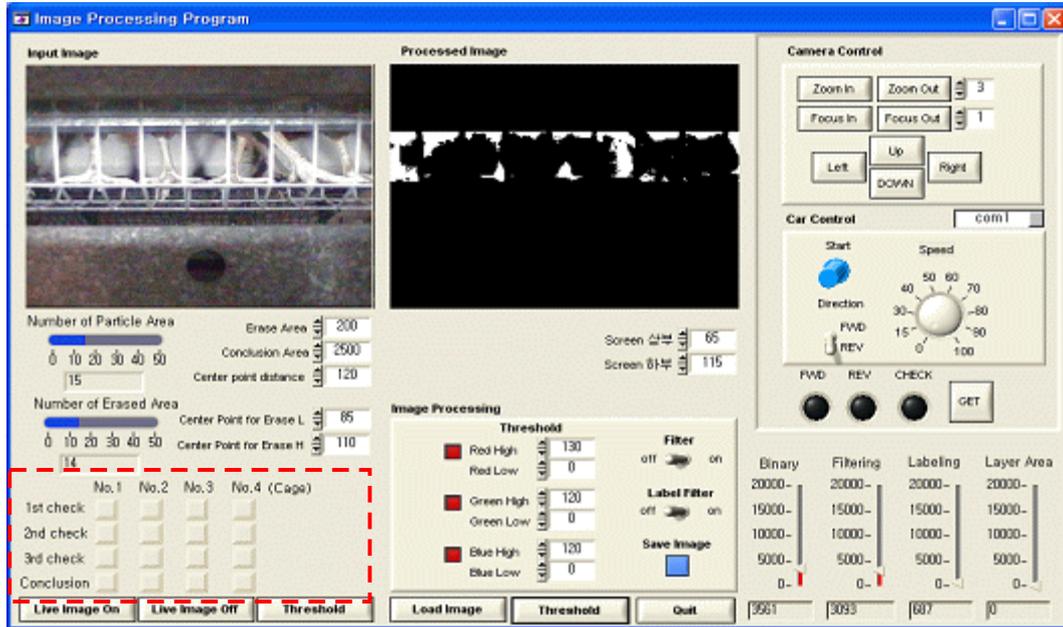


Fig. 41 Main display of control and inspection for observing layers' leg and abdomen.

표 13과 표 14는 개발된 영상처리시스템의 다리부분 성능실험결과이다.

Table 13 Performance experiment of image processing system for cage without abnormal layers (layers' leg)

Layers' condition in cage	Judgement success ratio (%)	Misjudgement ratio (%)	
Cage without abnormal layers	87%	Position error captured image	5
		Laying	5
		Moving	2
		Unstable posture	1
		Total	13

Table 14 Performance experiment of image processing system for cage with abnormal layers (layers' leg)

Layers' condition in cage	Judgement success ratio (%)	Misjudgement ratio (%)	
Cage with abnormal layers	90%	Position error captured image	6
		Area in front of cage	3
		Blind spot	1
		Total	10

실험결과 정상산란계 케이지에 대한 판정결과에 대해서는 87%의 판정정확도를 보였으며 13%의 오판을 나타냈다. 오판의 원인은 산란을 위해 앉은 경우와 자리이동을 위해 자세를 낮추며 불안정한 자세 등이었다.

비정상 산란계케이지에 대한 영상처리시스템의 성능실험 결과 90%의 판정정확도와 10%의 오판을 나타냈다. 오판의 원인은 병계 또는 폐사계가 보조조명과 가까운 케이지의 앞쪽에 위치한 경우로서 보조조명장치에 의한 빛이 상대적으로 밝게 비추어져 산란계로 구분지어 놓은 RGB 영역보다 밝아졌기 때문이었다.

각각의 실험에 대한 영상처리시스템의 자동 판정을 위한 처리과정별 이미지를 나열해보면 그림 42와 같다.

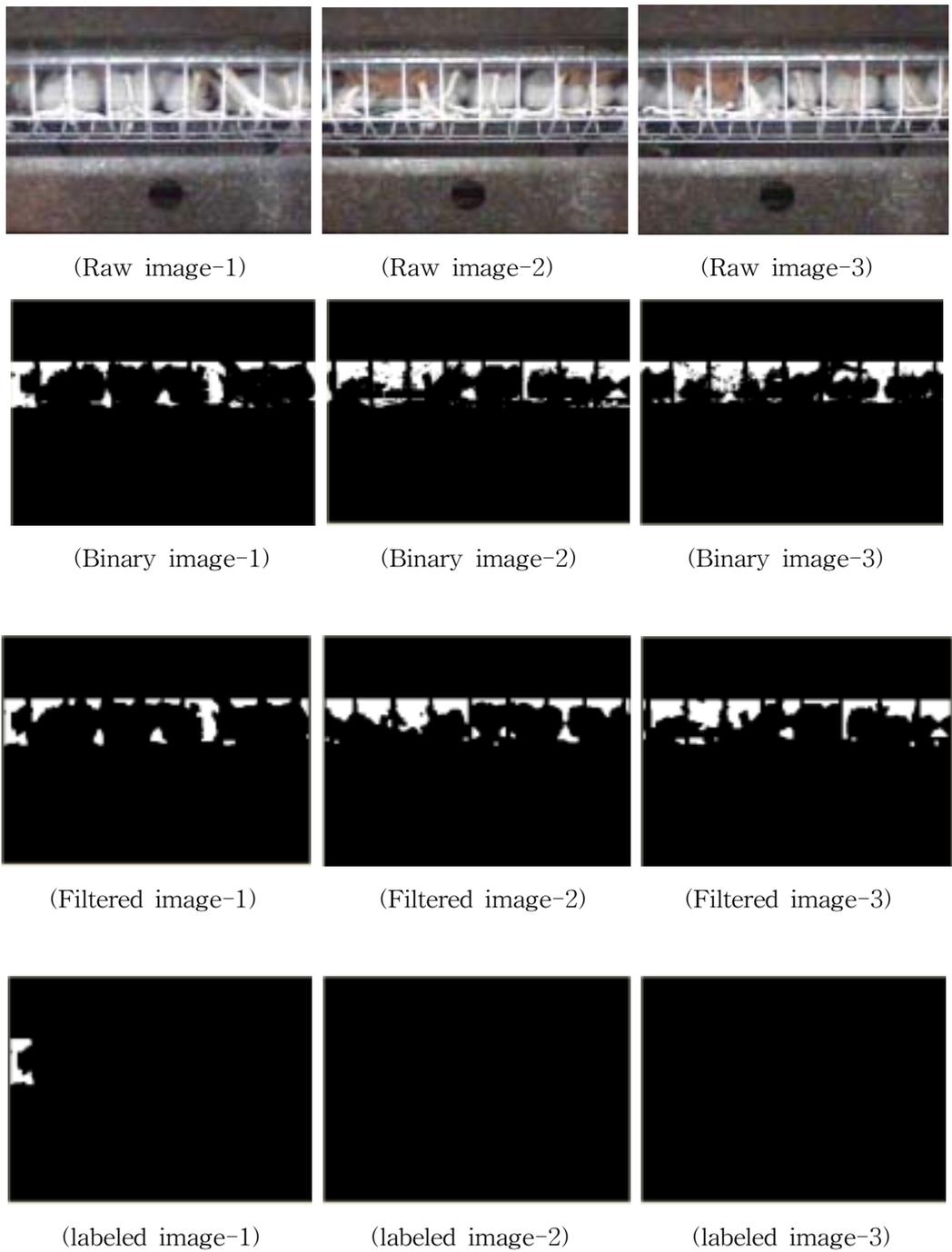


Fig. 42 Image processing procedure and results for normal layers' leg.

다. 머리부분감시에 의한 판정

산란계의 머리수를 계산하여 산란계의 이상 유무를 판별하는 영상처리시스템의 성능을 평가하기 위하여 다리부분 감시의 실험과 같은 실험조건을 조성한 후 실험을 실시하였다.

그림 43은 산란계의 머리부분을 감시하여 산란계의 머릿수를 계산하는 프로그램으로서 산란계의 목 부분과 뺨 부분의 RGB 경계 값을 따로 지정하여 산란계의 이미지를 얻을 수 있도록 하였으며, 계산한 산란계의 머릿수를 프로그램의 왼쪽 중앙부분에 표시하도록 하였으며 초기 저장된 산란계의 머릿수 보다 적은 값이 나오면 LED 램프를 적색으로 변환하여 산란계에 이상이 있음을 알려도록 프로그래밍하였다.

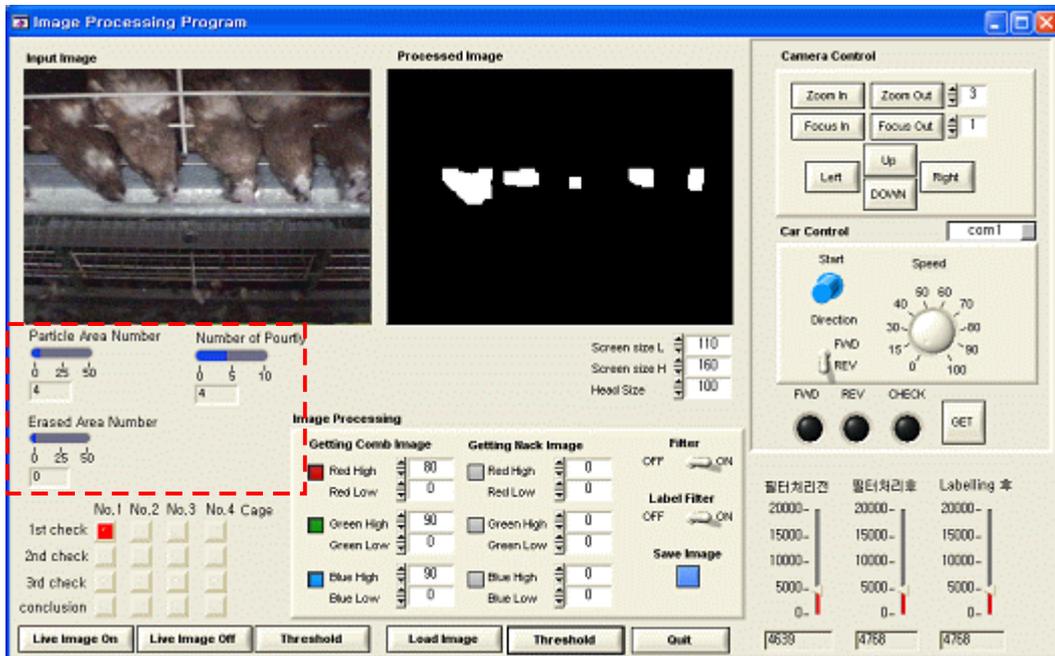


Fig. 43 Main display of control and inspection for observing number of layers' head.

표 15와 표 16은 개발된 영상처리시스템의 머리부분 성능실험결과이다.

Table 15 Performance experiment of image processing system for cage without abnormal layers (layers' head)

Layers' condition in cage	Judgement success ratio (%)	Misjudgement ratio (%)	
Cage without abnormal layers	51%	Count error	38
		Moving	7
		Laying	4
		Total	49

Table 16 Performance experiment of image processing system for cage with abnormal layers (layers' head)

Layers' condition in cage	Misjudgement success ratio (%)	Misjudgement ratio (%)	
Cage with abnormal layers	63%	Count error	34
		Count neighbour cage's layer	3
		Total	37

실험결과 정상산란계케이지에 대한 실험과 51%의 낮은 성공률을 나타냈으며 49%의 높은 오관율을 나타냈다. 오관의 원인은 산란계의 이미지 추출을 정확하게 하지 못하여 한 마리를 두 마리로 두 마리를 한 마리 등으로 잘못 인식하였기 때문이다. 산란계의 머리부분에 대한 관찰의 경우 서로 경쟁을 하며 사료를 먹기 때문에 서로 밀착을 하는 경우가 빈번하게 발생하였고 목 부분이 서로 교차하여 머리수를 정확하게 계산 하지 못하는 경우 등이 발생하여 34%의 높은 오관이 발생하였다. 또한 음수 등으로 인한 자리이동에 따른 7%의 오관이 발생하였으며, 다리부분에서의 감시

에서도 나타났던 산란을 위한 자리 이동으로 인해 오판이 4% 발생하였다.

비정상 산란계케이지에 대한 실험결과는 63%의 성공률을 나타냈다. 이 실험에서는 계산오차(count error)에 의해 34%의 오판을 발생시켰으며, 이웃의 케이지에 있는 산란계가 서로 경쟁하며 사료를 먹는 과정에서 케이지의 경계를 넘어 목을 뺏는 등의 행동으로 3%의 오판이 발생하였다. 비정상 산란계케이지에 대한 실험은 정상 산란계케이지에 대한 실험보다 다소 높은 성공률을 보였다. 이는 산란계의 수가 적어짐에 따라 서로 밀착하여 두개의 머리를 하나로 인식하는 등의 오류가 상대적으로 발생했기 때문인 것으로 판단되었다. 각각의 실험에 대한 영상처리시스템의 판정 성공 및 실패의 결과에 대한 이미지를 나열해보면 그림 44와 같다.



(Raw image-1)

(Raw image-2)

(Raw image-3)



(Binary image-1)

(Binary image-2)

(Binary image-3)

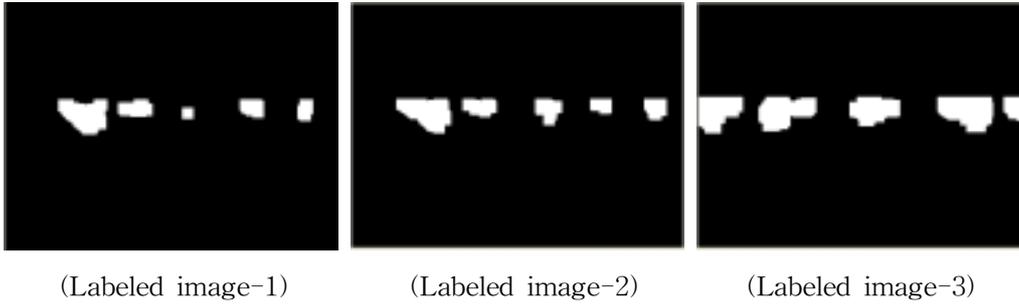


Fig. 44 Image processing procedure and results for abnormal layers' head.

4. 영상처리시스템의 문제점

이상 두 가지의 알고리즘에 대하여 실험을 실시한 결과 각각의 영상을 처리하는데 소요된 시간은 이미지의 종류에 따라 적게는 2초에서 많게는 5초까지의 많은 시간이 소요되었다. 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 원격감시시스템을 개발하여 대량의 산란계 케이지를 고속으로 감시하기 위해서는 시스템의 많은 부하가 초래될 것으로 판단된다.

제 6 절 유선 원격감시시스템의 성능평가

1. 서론

본 연구에서 개발된 고단직립식 산란계케이지의 구동시스템과 병계 및 폐사계의 유무를 자동판정하기 위한 영상처리시스템을 조합하여 본연구의 최종 목적인 고단직립식 케이지의 유선 원격감시시스템을 개발하였다. 개발된 유선 원격감시시스템의 성능평가를 실시하였으며, 그에 대한 문제점을 분석하였다. 본 장에서의 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

- 1) 본 연구에서 개발된 고단직립식 케이지의 산란계 감시 자동화시스템의 판정성능에 대한 실험을 실시하고 성능을 분석한다.

2. 유선 원격감시시스템 성능평가의 재료 및 방법

가. 공시재료

본 연구에서 개발된 고단직립식 산란계 케이지 감시시스템의 성능분석을 위하여 충남대학교의 환경조절계사 내에 고단 직립식 산란계케이지를 설치하였으며 공시동물로 한국에서 가장 많이 사육되고 있는 갈색 레그혼종의 산란계를 선택하였다. 산란계는 증체가 끝나는 시기인 37주령 된 평균체중 1.95 kg인 산란계 20마리를 사용하였으며, 케이지 1칸 당 5마리의 산란계를 넣어 실험을 실시하였다. 실험의 정확도를 높이기 위하여 환경조절계사내의 조도를 산란계사내의 적정조도인 5~10 lx로 조절하였으며 실험 시작 2주전부터 적정 사료 급이량인 110 g/day를 하루 8회 균등 분할하여 급이 하였다.

나. 실험방법

유선 원격감시시스템의 성능 분석을 위하여 본 연구에서 개발된 구동시스템, 영상 획득시스템, 자동위치인식시스템, 통신시스템과 개발된 영상처리 알고리즘 중 병계 및 폐사계의 판정실험에서 정확도가 높게 나타난 다리부분 영상처리 알고리즘을 이용하여 쓰러진 병계 및 폐사계의 판정실험을 실시하였다. 실험에 사용한 유선 원격감시시스템은 그림 45와 같고 실험장치의 규격은 그림 46과 같다.

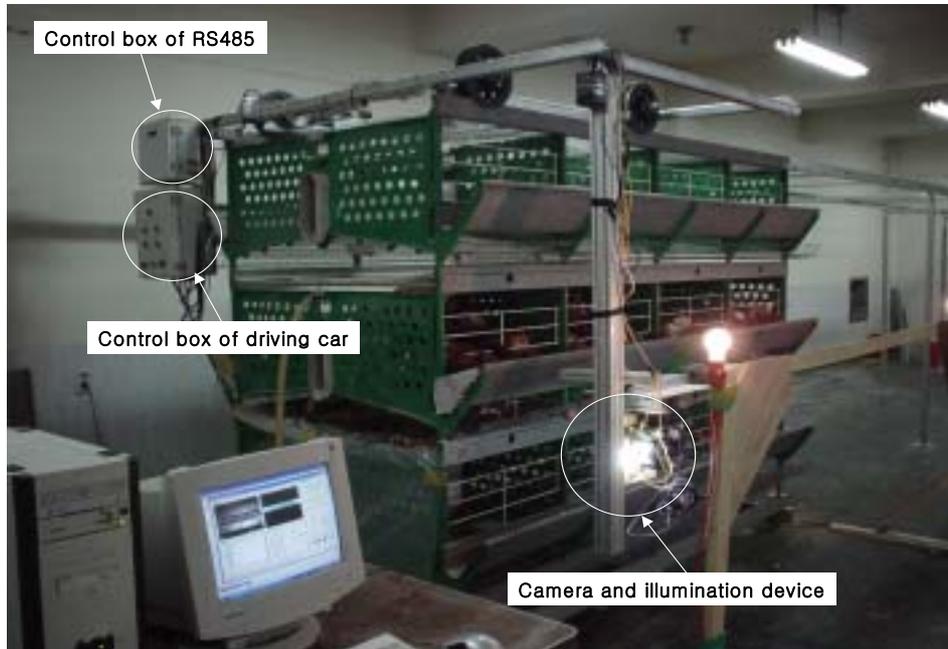


Fig. 45 A view of experimental device.

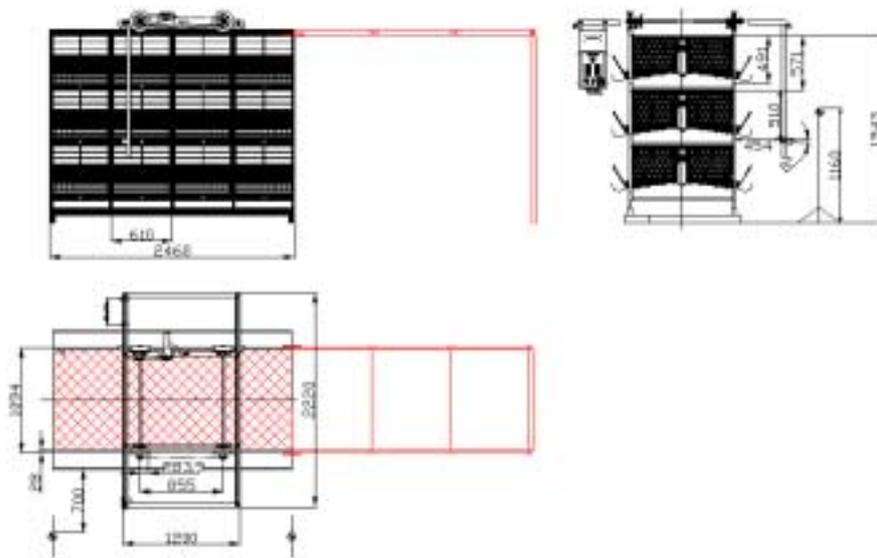


Fig. 46 The detailed drawings of experimental device.

산란계 케이지의 전면에 육안으로 관찰할 수 있는 번호표를 부착하여 감시시스템에 의해 판정된 결과에 따라 사육사 및 관리자가 이상케이지를 쉽게 찾아 조치를 취할 수 있도록 하였다. 산란계사에 부착된 번호표는 그림 47과 같다.



Fig. 47 A view of cage with number.

실험은 충남대학교의 환경조절계사에서 4개의 산란계 케이지에 대하여 총 100회의 실험을 실시하였다. 구동부의 속도는 3장의 실험에서 얻어진 구동부의 적정속도인 60.0 Hz를 사용하였으며, 구동부에서 입력된 신호로부터 산란계 이미지의 획득시간을 정하고 획득된 이미지에 대한 쓰러진 병계 및 사망계의 판정정확도에 대하여 종합적인 성능실험을 실시하였다. 실험을 위해 정상인 산란계케이지 4개와 쓰러진 병계 및 폐사계가 1마리가 있는 산란계 케이지 4개에 대하여 실험을 실시하였다.

3. 유선 원격감시시스템 성능평가의 결과

표 17과 표 18은 개발된 유선 원격감시시스템의 성능실험결과이다.

Table 17 Performance experiment of image processing system for cage without abnormal layers

Layers' condition in cage	Judgement success ratio (%)	Misjudgement ratio (%)	
Cage without abnormal layers	86%	Position error captured image	5
		Laying	2
		Moving	3
		Unstable posture	4
		Total	14

Table 18 Performance experiment of image processing system for cage with abnormal layers

Layers' condition in cage	Judgement success ratio (%)	Misjudgement ratio (%)	
Cage with abnormal layers	89%	Position error captured image	6
		Area in front of cage	2
		Blind spot	3
		Total	11

실험결과 정상산란계 케이지에 대한 판정결과는 86%의 판정정확도를 보였으며 6%

의 오판을 나타냈다. 오판의 원인을 분석해보면 근접센서로부터 입력된 신호는 정확한 시간에 입력되었으나, 원격제어를 위해 구성된 서버용 Web 카메라와 컴퓨터간의 이미지 전송에서 발생하는 전송시간의 지연으로 8%의 영상획득오류를 나타냈고, 산란을 위해 앉은 경우와 자리이동으로 인한 낮은 자세, 자리이동 후의 불안정한 낮은 자세 등으로 인해 판정의 오류가 발생하였다.

비정상산란계케이지에 대한 영상처리시스템의 성능실험 결과는 89%의 판정정확도와 11%의 오판이 나타났다. 오판의 원인을 분석해보면 전송시간의 지연으로 6%의 영상획득오류를 나타냈으며, 또한 쓰러진 병계 또는 폐사계가 보조조명과 가까운 케이지의 앞쪽에 위치한 경우로서 보조조명장치에 의한 빛이 상대적으로 밝게 비추어져 산란계로 구분지어 놓은 RGB의 영역보다 밝아졌기 때문인 것으로 사료된다. 이상의 Web 카메라와 제어용컴퓨터간의 영상전송지연으로 인해 잘못된 위치에서 획득한 이미지를 유형별로 분류하면 그림 48과 같다.



(a) Image captured properly



(b) Image captured as image transmission postponing



(c) Image captured as image transmission postponing



(d) Image captured as image transmission postponing

Fig. 48 Captured image in different moment.

그림 48에서 보는 바와 같이 영상전송지연시간의 차이에 따라 잘못 획득된 이미지를 확인할 수 있다. a는 정확한 위치의 이미지를 획득한 것이며 b, c, d는 각각 영상전송 지연의 결과로 발생된 이미지이다.

제 7 절 무선 원격감시시스템의 개발

1. 서론

앞서 개발된 유선 원격감시시스템은 원격지에서 감시하기 위하여 전원 케이블 이외에 LAN 케이블 및 RS 485 통신 케이블을 추가적으로 설치해야 했다. 이러한 케이블은 설치에 많은 어려움을 가지고 있으며, 또한 통신상에 문제점이 발생했을 때 문제가 되는 지점을 찾기 또한 어렵고, 보수를 하기 위하여 설치된 케이블들을 모두 걷어내어는 대공사를 필요로 하게 된다. 따라서 유선 원격감시시스템을 무선통신에 의한 무선 원격감시시스템으로 변경·개발하였고, 감시의 성능을 향상시키기 위하여 자동위치인식 및 영상처리 알고리즘을 수정하였다.

무선 원격감시시스템의 H/W는 기존의 유선 원격감시시스템의 구동시스템 및 영상 획득시스템을 활용하였으며, 무선통신에 의해 구동시스템을 제어하기 위하여 컨트롤박스를 무선통신에 적합하도록 다시 설계·제작하였다. 또한 무선통신을 하기 위하여 무선 AP 장비를 제어컴퓨터와 감시시스템에 각각 설치하였으며, 구동부를 무선 LAN에 의한 TCP/IP통신으로 제어하기 위하여 컨트롤박스의 제어보드인 PLC에서 출력되는 RS 485 신호를 RS 232 신호로 변경해주는 RS 485 to RS 232 data converter를 사용하였다. 다시 RS 232 신호를 Ethernet 신호로 변경하기 위하여 RS 232 to Ethernet data converter(ADAM)라는 장비를 사용하여 구동부의 컨트롤박스를 제작하였다.

소프트웨어로는 LabWindows CVI개발프로그램으로 앞서 개발된 유선 원격감시시스템의 제어프로그램을 무선통신에 적합하도록 수정·보완하였다.

2. 무선 원격감시시스템의 H/W 개발

가. 구동시스템의 컨트롤박스

구동시스템 및 직립식케이지는 유선 원격감시시스템에서 개발된 것을 사용하였다. 구동시스템을 구동시키기 위한 모터는 220V의 단상모터를 사용하였으며, 인버터를 사용하여 모터의 회전속도를 조절할 수 있도록 제작하였다.

무선통신으로 구동시스템을 제어하기 위하여 컨트롤 박스를 제작하였으며, 그림 49와 같이 구동시스템에 설치하였고, 컨트롤박스는 그림 50과 같다.

컨트롤박스의 외부에는 수동으로 구동시스템을 제어할 수 있도록 제어스위치를 설치하였고 비상시 전원을 수동으로 차단할 수 있도록 Emergency Stop 버튼을 설치하였다. 컨트롤박스의 내부는 크게 제어컴퓨터와의 통신 및 제어를 담당하는 PLC와 모터의 속도를 제어하는 인버터, RS 485 to RS 232 data converter, RS 232 to Ethernet data converter등이 포함되어 있다.

나. 통신시스템의 개발

1) PLC(Programmable Logic Controller)

이전에 개발되었던 PIC(Priority Interrupt Controller) 타입의 제어방식을 프로그램 수정이 용이하고 보다 안정적인 PLC 타입으로 교체하였다. PLC는 종래에 사용하던 제어반 내의 릴레이 타이머, 카운터 등의 릴레이제어반 기능을 LSI, 트랜스터 등의 반도체 소자로 대체시켜, 기본적인 시퀀스 제어 기능에 수치 연산 기능을 추가하여 프로그램 제어가 가능하도록 하며, 메모리에 있는 프로그램의 시작과 끝을 순환(SCAN)하면서 연산을 수행하는 자율성이 높은 제어 장치이다.

본 시스템에 사용된 PLC는 LG 산전에서 제작 판매하는 제품으로 KGL for Windows 개발 프로그램을 사용하여 구동부의 전·후진 제어와 위치인식을 위한 내부프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 부록과 같으며, PLC의 이미지는 그림 51과 같고, 제원은 표 19와 같다.



Fig. 51 A view of PLC(Programmable Logical Controller).

Table 19 Specifications of PLC

Items	Specification
Model	LG : Master-K10S1
Source power	AC 100~240V(Free)
Size	120W x 80H x 65D
Memory	EEPROM
Processing speed	3.2~7.6 μ s/Step
Telecommunication	RS-485: 300~19200bps, 32 channel, 1km

2) RS 485 to RS 232 data converter

구동부의 원격제어를 실시하는데 필요한 제어 컴퓨터와의 시리얼통신을 위해 PLC로 부터 나오는 RS 485 신호를 RS 232 신호로 변환해 줄 수 있는 RS 485 to RS 232 data converter를 사용하였다. 본 시스템에서 사용된 data converter는 별도의 전원 공급 장치가 없이도 RS 232 DTR 신호를 사용하여 작동이 가능하였다. 그림 52는 RS 485 to RS 232 data convertor이며, 표 20은 RS 485 to RS 232 data convertor의 사양이다.



Fig. 52 A view of RS 485 to RS 232 data converter.

Table 20 Specifications of RS 485 to RS 232 data converter

Items	Specification
Model	CS-428/9
Communication form	Asynchrony Serial Communication
Maximum Data Rate	115.2K BPS
Maximum Cable Length	1.2Km
Inside Connection	DTR-DSR-DCD RTS-CTS
Power	RS232 DTR Signal DC 7V~12V

3) RS 232 to Ethernet data converter

구동부의 PLC와 제어컴퓨터와의 무선 랜에 의한 통신을 위해 RS 485 to RS 232 data converter에서 발생된 RS 232신호를 Ethernet 신호로 변환시켜줄 수 있는 RS 232 to Ethernet data converter를 사용하였다. 이 컨버터는 TCP/IP Protocol을 사용하며, 제어용 컴퓨터와의 통신을 하기 위해서는 Converter에 별도의 IP를 부여하여야 하고 이 때 부여된 IP는 제어용 컴퓨터와의 같은 서브넷(192.168.1.x)에 있어야 한다. 또한 제어컴퓨터와의 통신 포트를 통일시켜서 설정해야 제어컴퓨터와의 통신을 할 수 있다. 그림 53은 RS 232 to Ethernet data converter의 사진이며, 표 21은 RS 232 to Ethernet data converter의 제원이다.



Fig. 53 A view of RS 232 to Ethernet data converter.

Table 21 Specifications of RS 232 to Ethernet data converter

Items	Specification
Protocol	TCP/IP
Network Port	IEEE 802.3, IEEE 802.3u
Interface	10/100 BASE-T standard
Power Requirements	10 to 30V (DC)

4) 무선 AP(Access Point)

산관계사내의 구동시스템을 무선에 의하여 원격제어하기 위하여 두 대의 AP를 사용하였다. 한 대(WL-330g)는 구동시스템의 컨트롤박스에 장착하였으며, 나머지 한 대(WL-300g)는 제어용 컴퓨터에 장착하여 두 대의 AP가 서로 통신을 할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 이 두 대의 AP는 TCP/IP 전송 Protocol을 이용하여 데이터를 전송하게 되며, 각각의 AP에는 고유 IP를 지정하여야 한다. 또한 이 IP는

제어용 컴퓨터와 같은 서브넷(192.168.1.x)에 있어야만 서로간의 통신이 가능하다.
 그림 54는 무선AP(WL-300g 와 WL-300g)의 사진이며, 표 22는 무선 AP(WL-300g 와 WL-300g)의 제원이다.



Fig. 54 A view of Wireless Access Point.

Table 22 Specifications of Wireless Access Point

Items	Specification	
Model	ASUS WL-330g	ASUS WL-300g
Standard	IEEE 802.11g	IEEE 802.11g
Protocol	TCP/IP	TCP/IP
Data transfer rate	54Mbps (Max)	54Mbps (Max)
Frequency band	2.4 GHz ~ 2.5 GHz	2.4 GHz ~ 2.4835 GHz
Operating distance	Out doors : 310m (max)	Out doors : 310m (max)
Power requirement	12V(DC)	5V(DC)
Operating mode	AP and Ethernet Adapter	AP

다. 자동위치인식시스템의 개발

1) 위치인식을 위한 센서

유선 원격감시시스템에는 근접센서를 사용하였으나, 근접센서에 반응할 수 있는 마그네틱을 수 천 개를 산란케이지에 부착 하여야하는 번거로움과 제어부가 짧은 센서신호를 잡아내야 하는 것에 대한 어려움을 해결하고자 근접센서를 컨트롤 트리거(Control Trigger ; MMK-001형, Honeywell社, U.S.A.)로 변경하였다. 그림 55는 위치제어를 위해 사용된 컨트롤 트리거의 사진이다.



Fig. 55 A view of control trigger.

2) 센서신호인식을 위한 PIC 마이크로칩

유선 시리얼통신에 의한 위치제어에서는 PC에서 센서의 반응여부를 제어용프로그램과 PLC간에 주기적인 통신을 통해 감지하였다. 그러나 통신환경이 유선에서 Ethernet에 의한 무선통신으로 변경되면서 통신주기를 짧게 할수록 통신의 과부하를 가져와 시스템의 전반적인 흐름을 저해하는 요인으로 작용하였다. 따라서 PLC

와 위치제어를 위한 센서사이에 PIC16C73 마이크로칩을 내장한 PICBASIC Board를 부착하였다. 이 보드의 기능은 위치제어센서의 반응여부를 1초에 수회 감지하며, 센서의 신호가 감지되었을 때 PLC에 센서의 감지신호를 보내도록 프로그래밍하였다.

PLC는 마이크로칩으로부터 받은 신호를 무선통신에 의하여 메인제어프로그램으로 전달하게 된다. 이와 같은 방식으로 위치제어센서의 신호를 감지할 경우 PLC는 케이지 한 칸을 지나가는 순간에만 메인프로그램과 통신을 시도하게 된다. 그러므로 불필요하게 시도되었던 통신으로 인해 발생하는 시스템의 과부하를 막을 수 있게 되었다. 그림 56은 컨트롤박스에 부착한 PICBASIC board의 사진이고, 표 23은 PICBASIC board의 제원이다.

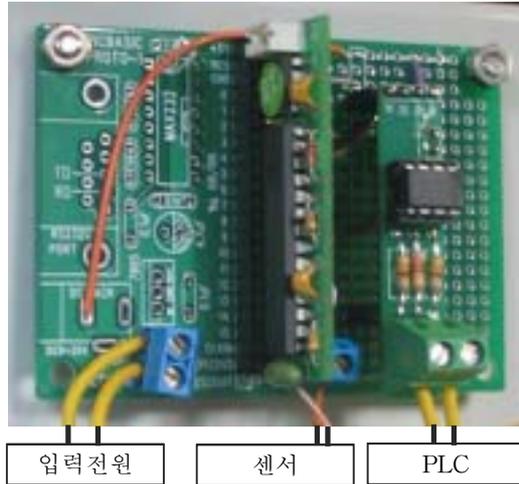


Fig. 56 A view of PIC micro chip board.

Table 23 Specifications of PICBASIC board

Items	Specification
Model	PB-1B
Main memory	2K Byte
Data memory	96Byte
I/O port	16
Main chip	PIC16C73

본 마이크로 Chip 내의 프로그램은 Visual Basic 개발 프로그램을 사용하여 다음과 같이 프로그래밍하였으며, 프로그램의 flow chart는 그림 57과 같다.

```

const device=1b
set picbus high
Dim A As Byte
Dim I As Byte
OUT 0, 1
10
A=IN(9)
If A = 0 Then
    OUT 2, 1
    serout 1, 30, 0, 1, ["ZZ"]
    OUT 2, 0
End If
Delay 250
GoTo 10
    
```

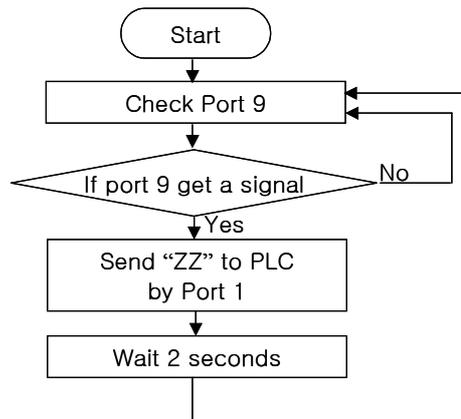


Fig. 57 Flow chart of PICBASIC program.

라. 무선 원격감시시스템의 구성도

산란계 원격감시시스템 무선제어를 위하여 그림 58과 같이 장비들을 구성하였고, 표 24와 같이 각 장비들 간의 무선통신을 위하여 각각의 장비에 고유 IP를 지정하였다.

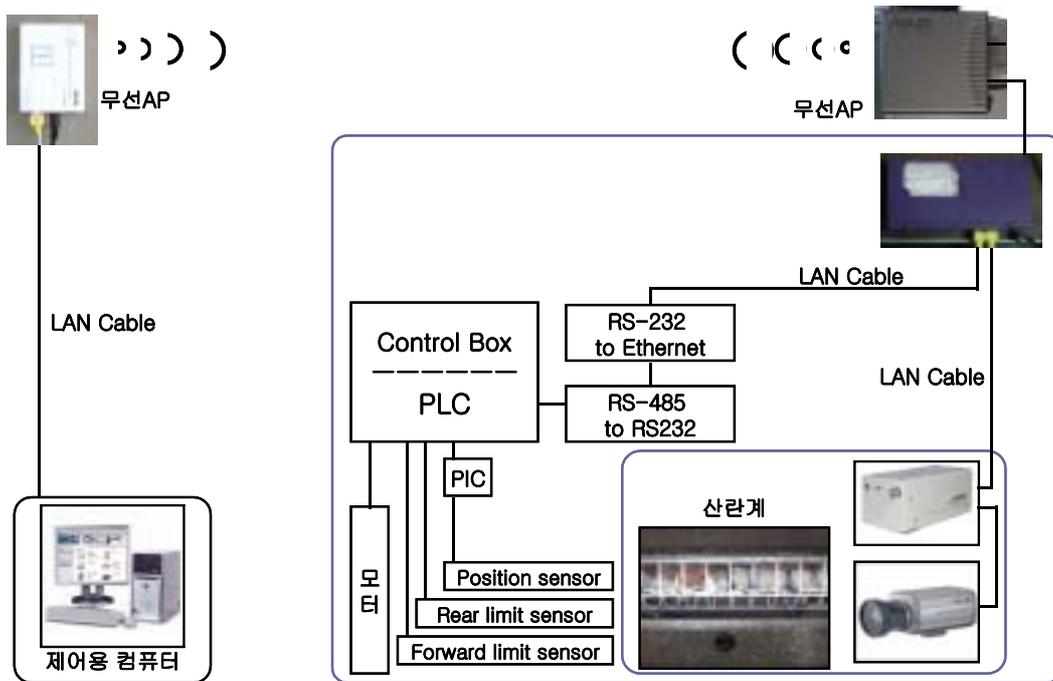


Fig. 58 Connection schematic of wireless monitoring system.

Table 24 Designated IP address of each equipment

Items	IP address
LAN card of main control computer	192.168. 1. 11
Wireless AP WL-330g	192.168. 1. 21
Wireless AP WL-300g	192.168. 1. 31
RS 232 to Ethernet	192.168. 1. 41
Network CCD camera	192.168. 1. 51

마. 데이터전송시스템 및 대화시스템

직립식케이지의 각 칸마다 획득한 이미지는 산란계사 외부에 설치한 제어컴퓨터에 획득일자, 케이지번호 순으로 저장을 하게 구성하였다. 이 저장된 파일을 관리자 및 수의사가 온라인상으로 Windows Messenger의 원격지원서비스를 이용하여 산란계사에 있는 제어컴퓨터에 접속, 파일을 직접 자신의 컴퓨터에 가져올 수 있도록 설정하였다. 또한 Windows Messenger 내의 대화프로그램을 이용하여 관리자와 수의사 간에 산란계사내의 이미지를 보면서 음성 및 영상대화가 할 수 있도록 설정하였다.

그림 59는 실제 산란계사의 제어컴퓨터에 원격 접속한 모습과 대화시스템의 모습이다.

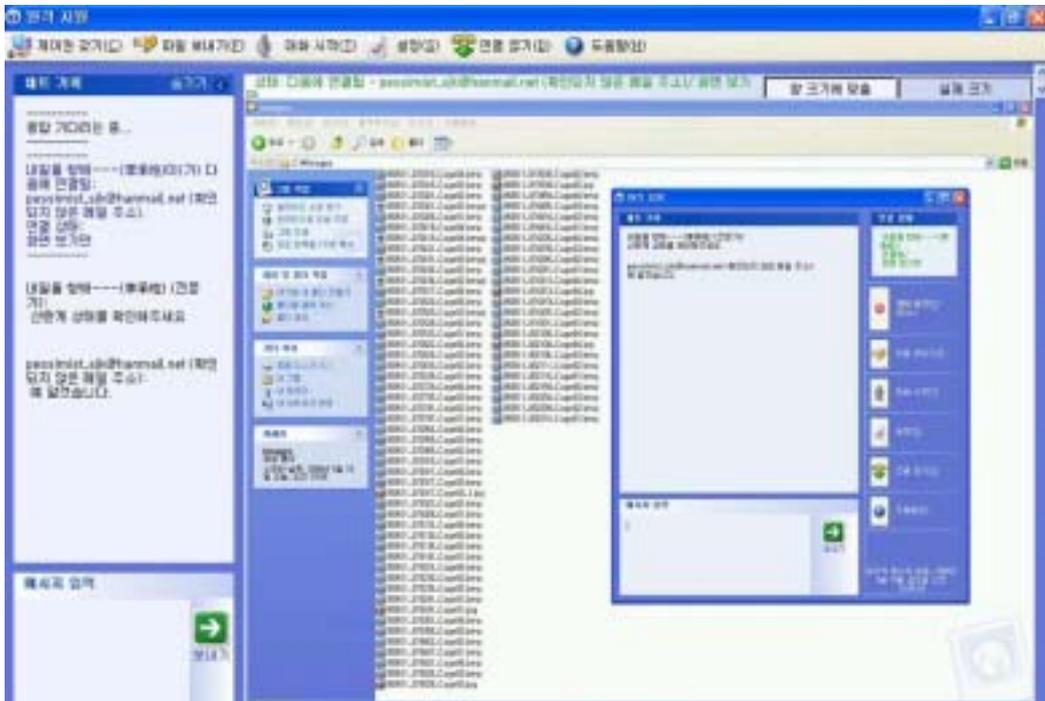


Fig. 59 Main display of data transmission system and conversation system.

3. 무선 원격감시시스템의 S/W 개발

무선 원격감시시스템의 제어용프로그램은 유선 원격감시시스템에서 개발된 제어용프로그램을 무선제어를 할 수 있도록 프로그램의 알고리즘을 수정·보완 하였다. 제어프로그램은 LabWindows/CVI를 이용하여 개발하였다. 그림 60은 제어프로그램의 주 화면이다.

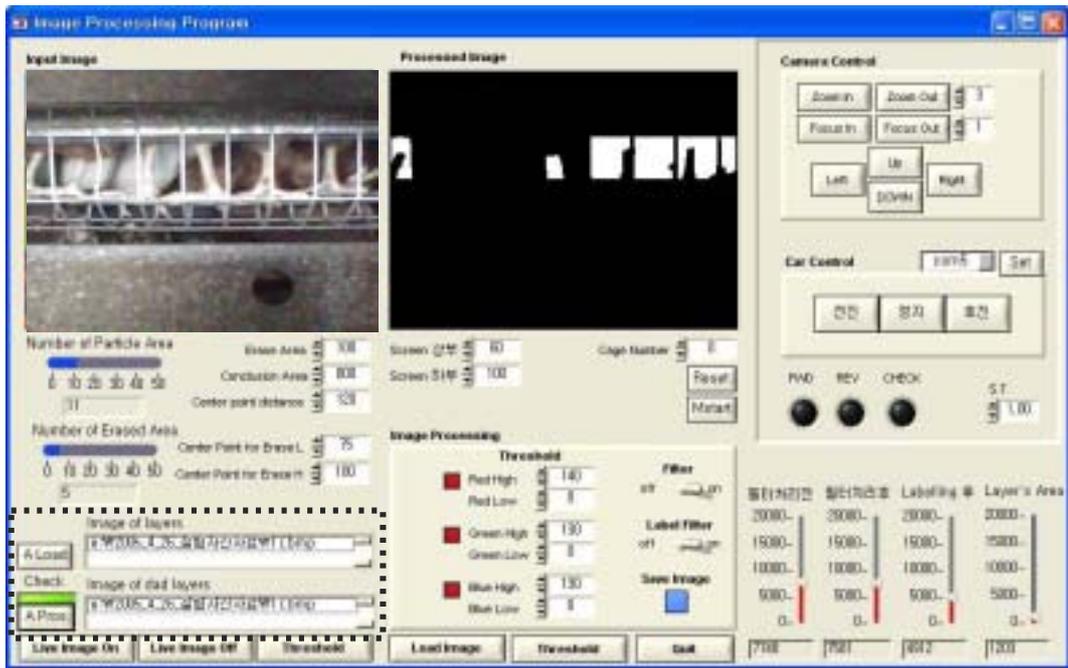


Fig. 60 Main display of control program.

유선상의 데이터 전송속도보다 상대적으로 낮은 속도를 제공하는 무선 원격감시시스템에서 실시간 이미지 처리로 인한 시스템의 과부하를 줄이기 위하여 유선 원격감시시스템의 실시간 이미지 처리 방식에서 각 케이지별로 산란계의 이미지만을 획득한 후 일괄 영상 처리하는 방식으로 프로그램을 수정하였다. 점선으로 처리된 부분은 획득된 산란계의 이미지를 불러들여 일괄처리하기 위한 부분으로 일괄처리와 함께 폐사계가 있는 케이지가 나오면 프로그램상의 램프를 on 시켜주고 이미지의 리스트를 만들어주도록 알고리즘을 수정하였다. 이 프로그램의 flow chart는 그림 61과 같다.

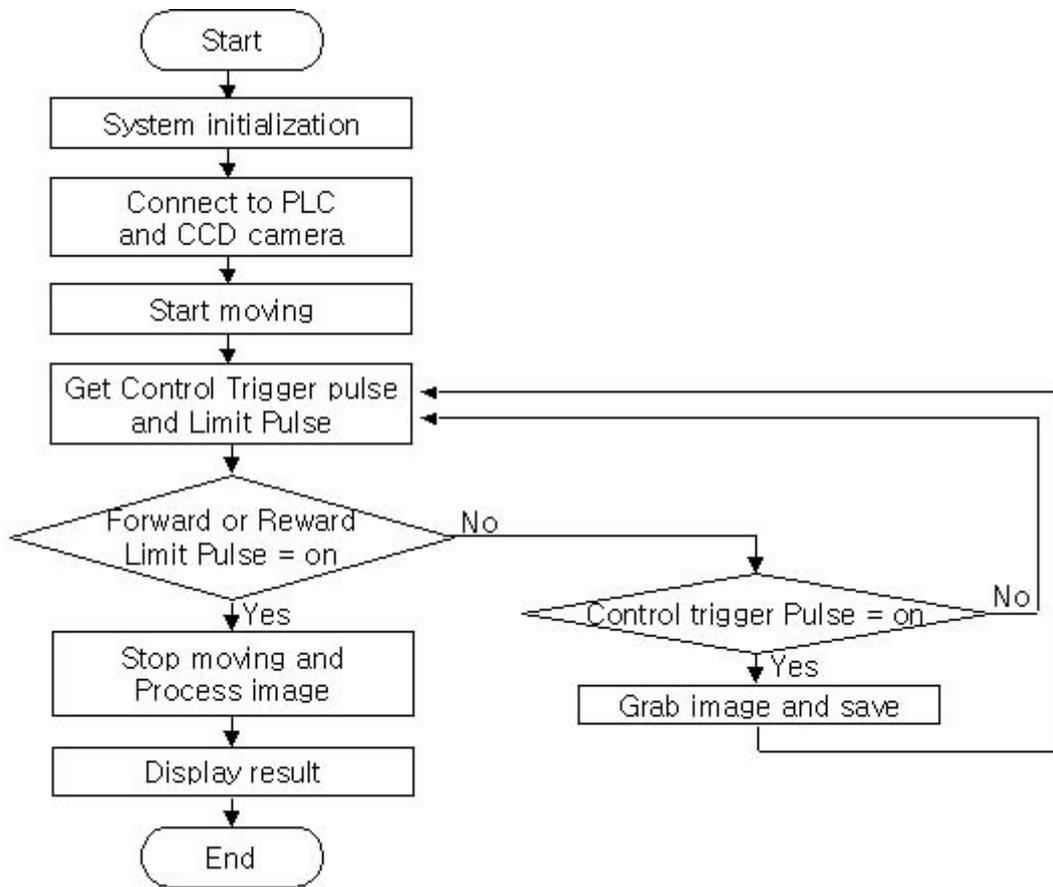


Fig. 61 Flow chart of wireless monitoring system developed for layer cages.

4. 유선 원격감시시스템과 무선 원격감시시스템의 비교

개발된 무선 원격감시시스템의 변경 및 추가된 부분을 기존의 유선 원격감시시스템과 비교해보면, 변경된 부분은 컨트롤박스의 제어부, 영상전송 및 제어를 위한 통신시스템, 자동위치인식을 위한 센서 및 센서인식 방식, 제어용프로그램의 알고리즘 등 크게 4 부분으로 구분할 수 있다. 각각의 변경된 부분을 정리해보면 표 25와 같다.

Table 25 Comparison of Wireless monitoring system and Wired monitoring system

Items	Specification	
	Wired monitoring system	Wireless monitoring system
Control box	PIC control	PLC control
Communication for image transmission	Wired Ethernet TCP/IP protocol	Wireless Ethernet TCP/IP protocol
Communication for driving car control	RS-485	Wireless Ethernet TCP/IP protocol
Location control sensor	Magnetic sensor	Control trigger
Sensor recognition method	Control program to PIC	Control program to PLC and PLC to PIC
Algorithm of control program	Real-time image processing	Lump image processing

가장 대표가 되는 영상전송 통신방식은 기존의 유선 Ethernet에서 무선 Ethernet으로 변경하였고 이러한 통신방식을 위하여 제어컴퓨터와 구동부에 각각 무선 AP를 설치하였다. 또한 구동부의 컨트롤을 위해 기존에 사용되었던 RS 485통신을 영상전송방식과 같은 무선 Ethernet으로 변경하여 통신방식을 하나로 통일하였다.

컨트롤 박스의 제어부는 기존의 PIC방식에서 보단 안정적인고, 제어가 간편한 PLC방식으로 변경하였고 KGL for Windows 개발 프로그램을 사용하여 제어프로그램을 프로그래밍하였다. 위치인식센서는 기존의 마그네틱 근접센서에서 컨트롤 트리거로 변경하여 각 케이지마다 마그네틱을 부착하지 않아도 케이지의 기둥에 의해 센서가 반응되도록 변경하였으며, 제어프로그램과 PLC간의 통신부하를 줄이기 위하여 PLC와 위치제어센서 사이에 PICBASIC Board를 설치하고 Visual Basic 개발 프로그램을 사용하여 센서로부터 입력받은 신호를 PLC로 전달해주도록 프로그래밍하였다.

프로그램은 기존의 실시간 영상처리 방식에서 처리속도의 향상 및 실시간 영상처리로 인한 시스템의 과부하를 막기 위해 모든 케이지의 영상을 획득하고 저장한 후 일괄하여 이미지를 처리하는 방식으로 알고리즘을 변경하였다.

제 8 절 무선 원격감시시스템의 성능평가

1. 실험산란계사내에서의 무선 원격감시시스템 성능평가

가. 무선과 유선의 영상전송 속도 비교

무선 원격감시시스템의 성능실험을 위하여 실험산란계사내에서의 무선과 유선상의 영상전송 속도를 비교 분석하였다. 본 연구에서 사용한 Web 서버 카메라가 정지 상태에서 영상(320x240 Pixel, 15 frame/s)을 전송 시에 필요한 데이터의 전송속도는 120~360 kbps였다. 본 시스템에서 사용된 무선AP는 최대 54,000 kbps의 속도를 낼 수 있는 장비로서 카메라의 영상을 전송하고 구동시스템을 제어하는 것에 있어 이론상 문제는 없었다. 그러나 계사내의 방해전파 요소를 고려해야 하므로 거리별 영상 전송 속도의 증감 측정실험을 실시하였다.

영상전송속도의 계측은 그림 62와 같이 개발된 제어프로그램을 활용하였으며, 실험산란계사내에서 무선통신으로 구동시스템을 제어하며 3회 반복 계측하였다.

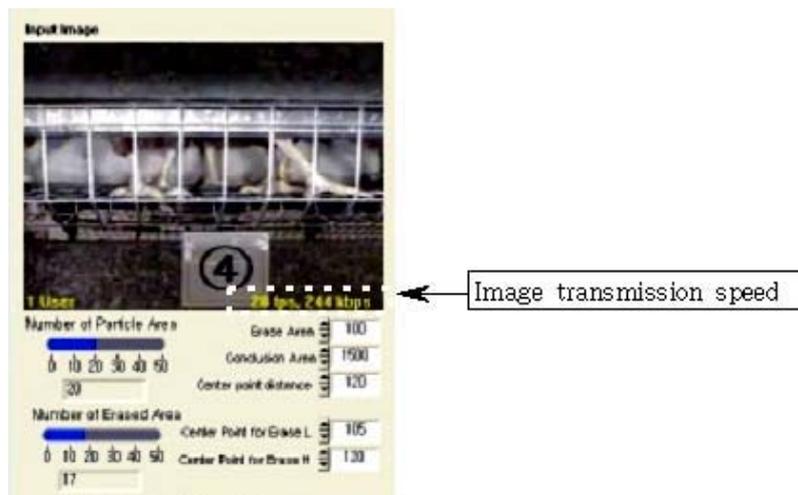


Fig. 62 Getting image transmission speed on developed program.

실험계사 내에서의 첫 번째 실험인 영상전송속도의 실험을 실시한 결과는 그림 63과 같이 나타났다.

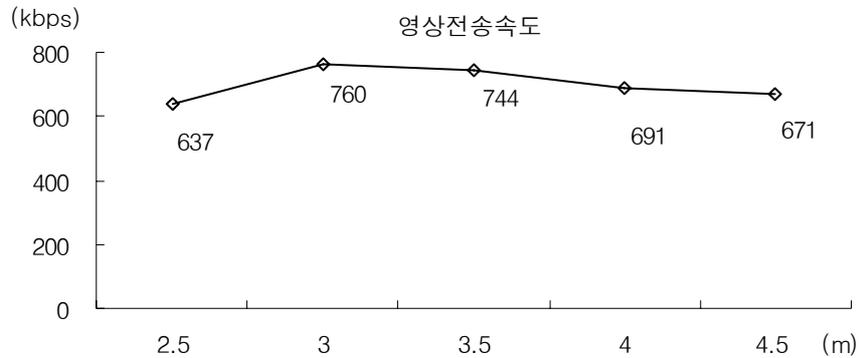


Fig. 63 Image transmission speed in test dispersion poultry house.

실험결과 카메라의 이동 중 영상속도는 637~760 kbps로 정지중인 영상의 평균 전송속도인 120~360 kbps보다 크게 나타났는데 이는 정지중인 영상보다 이동 중인 영상의 데이터양이 커서 발생하는 것으로 판단되었다.

나. 무선제어에 따른 구동시스템과 자동위치인식시스템의 성능평가

통신방법의 변경, 구동부의 위치제어를 위한 센서의 교체 등으로 변화된 감시시스템의 적정이동속도 및 센서의 적정 감지주기를 찾아내기 위하여 40~60 Hz까지 5 Hz 단위로 변화시키고, 2초부터 0.4초까지 감시프로그램으로부터의 통신에 의한 센서 감지주기를 변화시켜가며 9회 반복하여 위치판단 성능실험을 실시하였다.

변경된 통신방식과 센서를 사용하여 위치판단에 대한 성능실험을 실시한 결과는 그림 63에서 보는 바와 같이 나타났으며, 구동부의 이동속도(Hz)가 낮아질수록 실험에 사용된 케이지를 인식하는 성공률이 높아졌다. 그러나 구동시스템의 위치판단을 위한 제어프로그램과 PLC와의 통신주기가 짧아질수록 통신으로 인한 과부하가 빈번하게 발생하여 영상전송 지연 및 통신장애 등의 문제가 발생하였다. 센서감지를 위한 통신 주기가 0.8초 이하부터는 오히려 케이지를 인식하지 못하고 그 성능이 점차 하락되었다.

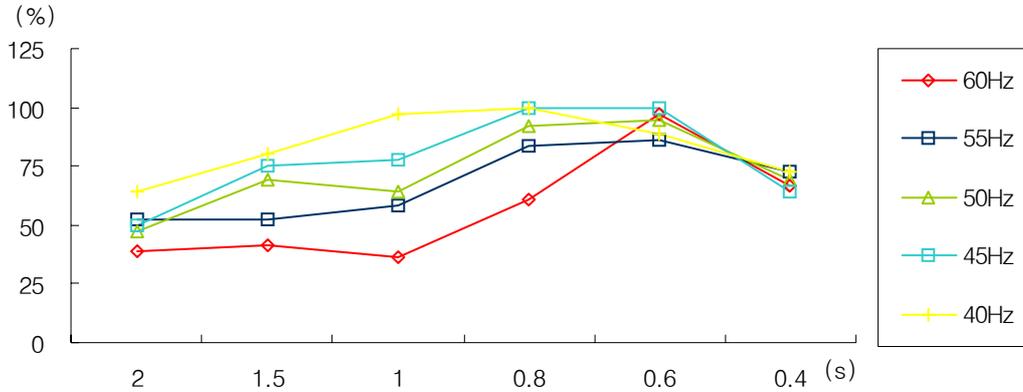


Fig. 64 Location decision efficiency.

이러한 문제점은 유선 원격감시시스템에서 RS 485 통신을 별도로 운용하였을 때에는 나타나지 않았던 문제점이었으나, 통신방법을 무선통신 한 가지로 통합하게 되면서 발생된 문제점이다. 그림 65는 한 칸의 케이지를 두 칸의 케이지로 오판하는 정도를 나타내는 그래프로 구동시스템의 속도가 낮아질수록, 통신주기가 짧아질수록 오판율이 높게 나타났다. 이러한 문제점은 센서의 반응 시간보다 제어컴퓨터가 위치 판단을 위해 센서를 체크하는 통신주기가 짧은 때문이다.

프로그램에서 한 번의 신호를 받고나면 2초 후부터 다음의 신호를 받도록 위치제어 알고리즘을 수정하여 하나의 케이지를 두 번 인식하는 문제를 해결하였다.

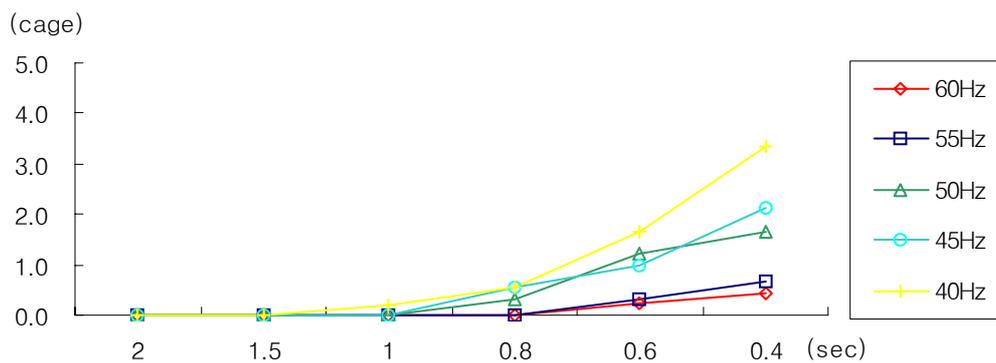


Fig. 65 The ratio that two images acquires one cage.

위치판단을 위한 선서의 감지 주기가 짧아질수록 제어컴퓨터와 PLC와의 통신부하가 증가함으로 인해 위치판단에 대한 에러발생률이 높아지는 것을 해결하기 위해 PICBASIC Board를 설치하고 위치제어를 위한 프로그램을 프로그래밍하였다. 제어프로그램에서 위치제어를 위해 직접 수행했던 통신을 PLC와 센서 사이에서 PICBASIC Board가 대신 센서의 감지를 체크하도록 하였으며, PICBASIC Board에서 체크된 신호를 PLC에 보내주면, PLC는 케이지 한 칸을 지나갈 때에만 제어프로그램과 통신을 하도록 시스템과 프로그램을 수정하였다. 그 결과 제어프로그램과 PLC사이에서 수행되었던 0.5초에 이르는 통신 주기를 2초 이상으로 늘려 통신횟수를 줄임으로 해서 과다의 통신으로 인해 발생하는 시스템의 과부하를 줄일 수 있었다.

다. 종합성능평가

무선 원격감시시스템의 종합성능실험을 위해서 유선 원격감시시스템의 성능실험과 동일한 조건과 방법으로 실험을 실시하였다. 케이지 1칸에 정상산란계 5마리를 넣어 4칸의 케이지를 감시하였으며, 감시의 정확도를 높이기 위하여 산란계의 먹이에 대한 관심도가 90% 이상인 5분 30초 이내에 산란계를 감시하였다.

정상산란계의 판정에 대한 성능분석을 위해 4개의 정상산란계케이지에 대하여 30회의 성능실험을 실시하였고, 비정상산란계케이지에 대한 성능분석을 위해 4개의 케이지에 각각 한 마리의 사망계를 넣어 동일 조건으로 9회 반복하여 성능실험을 실시하였다. 실험에 사용된 장치는 그림 66과 같다.



Fig. 66 A view of experimental device.

개발된 무선 원격감시시스템 성능평가 결과는 표 26과 표 27이다.

Table 26 Performance experiment of image processing system for cage without abnormal layers

Layers' condition in cage	Judgement success ratio (%)	Misjudgement ratio (%)	
Cage without abnormal layers	82.3	Position error captured image	2.3
		Laying	7.2
		Moving	2.8
		Unstable posture	5.4
		Total	17.7

Table 27 Performance experiment of image processing system for cage with abnormal layers

Layers' condition in cage	Judgement success ratio (%)	Misjudgement ratio (%)	
Cage with abnormal layers	87.5	Position error captured image	2.7
		Area in front of cage	5.6
		Blind spot	4.2
		Total	12.5

정상산란계케이지에 대한 성능평가 결과는 82.3%의 판정정확도를 보였으나 17.7%의 오판이 나타났다. 오판의 원인을 분석해보면 PICBASIC Board로부터 입력되어지는 케이지의 위치정보는 정확하게 입력되었으나 간헐적으로 나타나는 무선통신의 traffic으로 인하여 영상의 정확한 획득을 하지 못하는 경우가 발생하였고 그로 인하여 산란계로 지정해놓은 RGB값의 범위에 포함되는 케이지의 벽면을 산란계로 판정하게 되는 2.3%의 오판이 발생했다. 또한 산란을 위한 산란계의 앓은 자세와 급이 중 움직임, 이동후의 비정상적인 자세로 인하여 각각 7.2%, 2.8%, 5.4%의 오판이 발생하였다.

비정상산란계케이지에 대한 성능평가 결과는 87.5%의 판정정확도와 12.5%의 오판이었다. 오판의 원인을 분석해 보면 무선통신의 traffic으로 인한 영상획득의 지연으로 2.7%의 오판이 발생하였고, 사망계가 전면부에 근접하게 되는 경우 산란계에 비치는 조도가 상대적으로 높아져 산란계로 지정해놓은 RGB 값의 범위를 벗어나 산란계가 아닌 것으로 판단하여 5.6%의 오판이 나타났다. 또한 카메라가 감시할 수 없는 촬영 각도 내에 위치한 경우로 4.2%의 오판이 나타났다.

이상의 결과는 앞서 연구된 유선 원격감시시스템의 성능실험에서 나타난 정상산란계케이지 86%, 비정상산란계케이지 89% 성능평가 결과보다 약간 낮은 결과이다. 이러한 결과는 실험당시의 환경과 산란계의 주령 등의 차이가 있음을 감안한다면 무선 원격감시시스템의 통신상 성능은 유선 원격감시시스템과 차이가 없음을 이상의 실험결과에 의하여 확인할 수 있었다.

2. 실제산란계사내에서의 무선 원격감시시스템 성능평가

가. 영상전송속도

영상전송속도 측정실험은 5단 3열 70 m 길이의 직립식 산란계 케이지가 설치된 경남 밀양의 대산농장에서 실시하였고, 계사내의 환풍기와 급이기 등이 작동중인 시간을 택하여 카메라와 무선AP를 1 m 간격으로 이동시키며 3회 반복하여 영상의 전송속도를 측정하였다. 그림 67은 영상전송속도 측정실험에 사용된 CCD 카메라, 무선 AP 및 산란계사의 사진이고 그림 68은 성능평가 결과이다.



Fig. 67 The first performance test on field at Milyang.

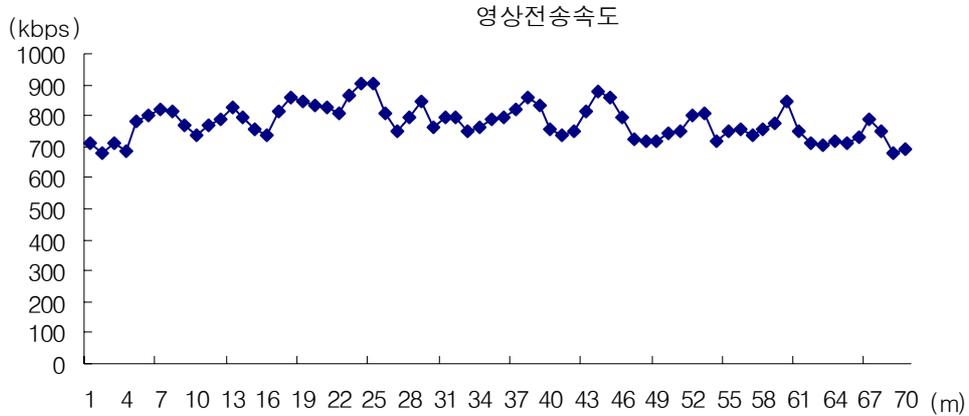


Fig. 68 Image transmission speed in actual dispersion poultry house.

실험 결과 영상의 전송속도는 700~900 kbps의 범위 내에서 변화를 보이며 영상이 전송되었고, 거리가 멀어질수록 영상의 전송속도가 점차 하락되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 거리에 따른 영상전송속도의 하락 폭은 영상의 전송과 구동시스템을 제어하는데 있어 문제가 될 만큼 크지 않았고 계사내의 시설의 작동여부와 관계없이 양질의 영상을 획득할 수 있었다.

나. 위치판단 성능 및 이미지 획득 정확도 성능평가

위치판단 성능 및 이미지 획득 정확도 성능평가는 3단 3열의 15 m 직립식 케이지가 설치된 농촌진흥청 축산연구소내 계사에서 실시하였다. 구동시스템을 0.1308 m/s로 이동시키며 3회 반복하여 성능을 평가하였다. 본 성능평가에서는 구동부의 거리에 따른 영상의 전송 속도 및 영상획득 위치의 정확성과 위치판단의 정확성을 실험하였다. 그림 69는 축산연구소에서 실시한 성능평가에 사용된 구동시스템과 직립식 계사의 사진이다.



Fig 69. The second performance test on field at livestock experiment station of ORD.

위치판단 성능 및 이미지 획득 정확도 성능평가 결과는 25칸의 케이지를 인식하는데 있어 100%의 성공률을 얻을 수 있었다. 그러나 산란계의 이미지를 얻기 위한 이미지 획득의 정확도 실험에서는 간헐적인 무선통신 Traffic으로 인하여 3.4%의 정확하지 못한 위치의 이미지를 획득하였다.

3. 무선 원격감시시스템의 제어프로그램 수정

매번 측정시마다 각 케이지별로 병·폐사계 유무를 확인하여 케이지별 생육상태 누적데이터를 만들 수 있도록 무선 원격감시시스템의 제어프로그램을 수정하였다. 제어 프로그램은 그림 70과 같으며 좌하단부에 있는 월별 케이지 누적 데이터를 이용하여 각 케이지별로 산란계의 생육상태에 대한 종합적 분석을 할 수 있도록 하였다.

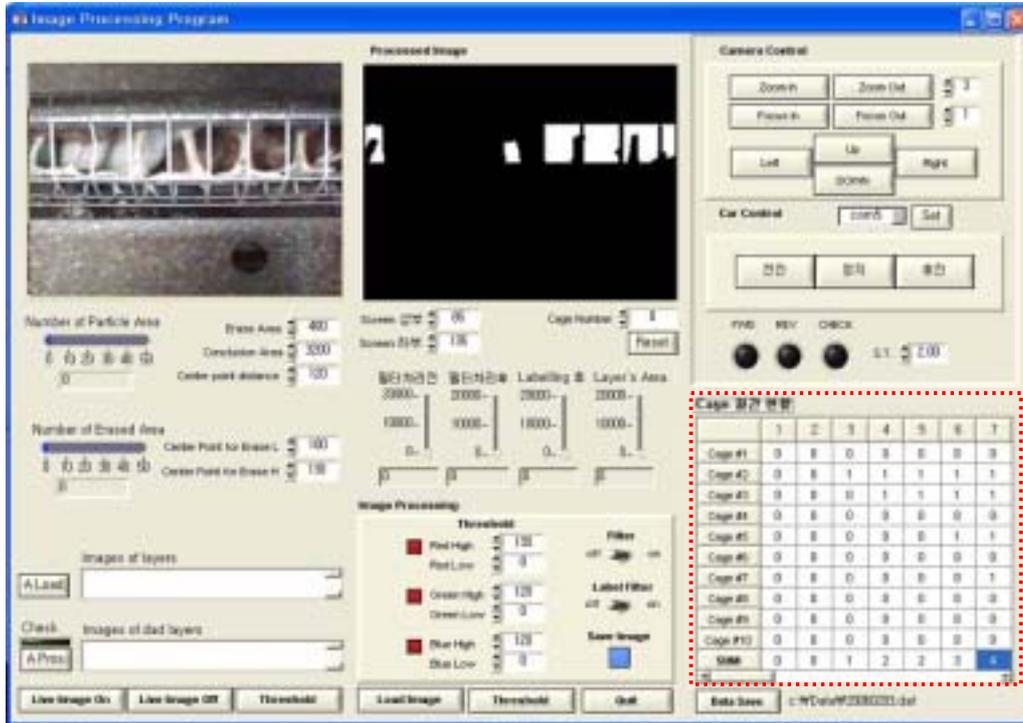


Fig. 70 Main display of modified control program.

제 9 절 생육상태 진단 및 처방시스템 개발

1. 서론

최근 우리나라의 양계 경영은 그 규모가 커짐에 따라 소규모 농가수는 감소하고 있어 단위면적당 수용수수는 크게 증가 하고 있는 실정이다. 2006년 3월 현재 산란계의 사육두수는 53,516천수로 이중 5만수 이상 사육두수는 24,832천수로 전체의 46%를 차지하고 있다. 사육규모가 커짐에 따라 관찰 두수가 늘어나고 특히 직립식 케이지의 경우 1단 높이가 45cm로 4단 높이가 180cm가 넘어 4단 이상의 케이지는 육안으로 관찰이 힘든 실정이다. 따라서 농장마다 케이지 중간에 작업대를 설치하거나, 작업차를 이용하여 관찰하고 있는 실정이다. 또한 무산계나 과산계는 정상닭의 70 ~ 90%의 사료를 먹는데 이들을 뽑아내지 않으면 도태시 까지 많은 사료가 허비하며, 알도 안 낳는 병계가 죽을때 까지 기다리는 것 보다는 미리 선별 도태하면 폐사계를 감소시킬 수 있으나 관리인 부족과 인건비 상승, 도계처리 곤란 등으로 도태가 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 영상처리 기술을 이용하여 케이지별 산란수를 측정하고, 급이, 급수량을 측정하여 산란수가 목표산란율에 저하되는 케이지를 선별하여 휴산계, 비산계를 선별하여 도태 시킬 수 있는 시스템 개발함과, 산란수, 급이, 급수량을 인자로 하여 주간, 월간 데이터를 비교 질병발생 가능성과 계사내의 환경을 개선시킬 수 있는 프로그램을 개발하는 것을 목적으로 하였다.

2. 영상처리기법 개발

자동으로 영상 획득 후 획득된 영상을 수축, 팽창, Sliding, Slice, 경계 값 처리, 라벨링 기법 등을 이용하여 영상처리 하였다.

가. 영상 획득

각 Cage 감지점을 지날 때 리미트 스위치가 작동되어 발생하는 Trigger 신호에 의해 RGB 24 color 영상을 획득한다.

나. 수축, 팽창

수축 및 팽창 처리는 미세한 노이즈 및 작은 틈새 등을 없애기 위한 영상처리 방법으로, 팽창 마스크 처리 후 수축 마스크 처리를 하면 작은 잡음을 없앨 수 있고, 수축 마스크 처리 후 팽창 마스크 처리를 하면 작은 틈새를 없앨 수 있다.

팽창 마스크

1	1	1
1	1	1
1	1	1

수축 마스크

0	0	0
0	0	0
0	0	0

Fig. 71 Erosion and expansion of image processing.

다. Sliding, Stretching, Slice

그림 72에서 보느냐와 같이 Sliding 및 Stretching 처리는 특정 구간만을 확대 또는 축소하여 색조 분석을 위한 영상처리 방법이고, Slice는 특정 구간만을 잘라 내어 영상처리를 실시한다.

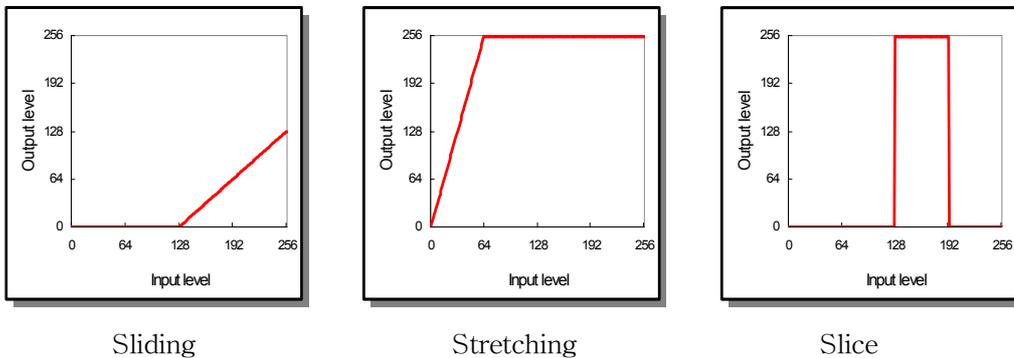


Fig. 72 Sliding, stretching and slice of image processing.

$$P_{NEW} = \frac{P_{OLD} - P_{MIN}}{P_{MAX} - P_{MIN}} * 255 \text{ ----- (1)}$$

여기서, P_{NEW} = 새로운 픽셀값

P_{NEW} = 0, P_{OLD} < P_{MIN} or P_{MAX} < P_{OLD}

$$(0 \leq P_{NEW} \leq 255)$$

$$P_{NEW} = 255, P_{MIN} \leq P_{OLD} \leq P_{MAX}$$

P_{OLD} = 새로운 픽셀값

P_{MIN} = 새로운 픽셀값

P_{MAX} = 새로운 픽셀값

라. 경계 값 처리

그림 73과 같이 입력 영상의 히스토그램에서 특정 값 이상 또는 이하의 값으로 영상을 획득한 후 각 픽셀의 명도 값을 계산한 다음 명도 값이 기준 값 이상이면 1, 이 외에서는 0으로 2진화 한다.

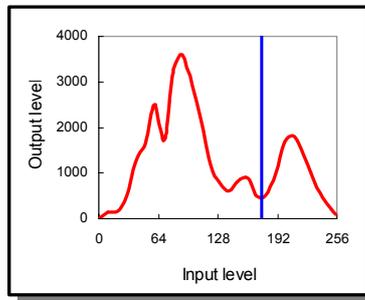


Fig. 73 Binary image processing.

$$P_{NEW} = 255, \quad f(i, j) \geq t \text{의 경우}$$

$$P_{NEW} = 0, \quad f(i, j) < t \text{의 경우}$$

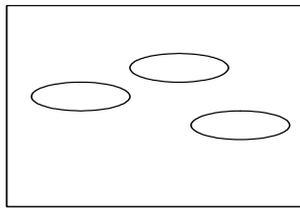
여기서, $f(i, j) = I, j$ 의 좌표에 있는 점의 값

t = 경계 값 (0~255)

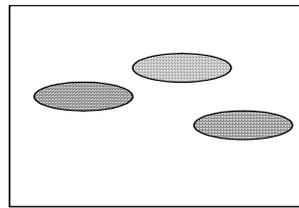
마. 라벨링

그림 74와 같이 이진 영상에서 모든 픽셀 같은 라벨(번호)을 붙이고, 다른 성분에는 다른 레벨을 붙이는 것으로 라벨링에는 크게 4연결 라벨링과 8연결 라벨링이 있는데 4연결 라벨링을 이용하였다. 4연결 라벨링은 다음과 같은 순서에 의해 행해진다.

- 1) 1인 점을 발견하면 라벨 값을 부여한다.
- 2) 좌표(0.0)인 픽셀부터 다시 1인 점을 찾아서 주변 4점의 라벨을 확인하여 라벨 값이 있으면 그 라벨값을 취한다.
- 3) 위의 과정이 끝나면 다시 1)로 돌아가 남은 픽셀을 라벨링 한다.
- 4) 초기 라벨값부터 픽셀들을 확인하여 인접 픽셀이 다른 라벨값을 가지고 있을 경우 비교 픽셀의 라벨값을 갖는 모든 픽셀을 인접 픽셀의 라벨로 모두 바꾼다.
- 5) 위의 처리중 각 라벨의 정보를 기록해 두어 라벨의 픽셀수에 따라 정렬을 실시한다



원영상



라벨링 처리

Fig. 74 Labeling processing.

3. 생육상태 진단 및 처방시스템 개발

가. 시스템구성

산란계의 산란수량을 측정하기 위하여 케이지위에 대차를 설치하고 대차를 이동시켜 카메라를 이동시켰으며, 이 때 케이지 상부에 설치된 각 케이지 감지점을 리미트 스위치가 감지하면 이동대차가 정지되고, 이 때 Frame Grabber에 Trigger 신호를 주도록 하여 카메라가 자동으로 영상을 획득하였다. 획득된 영상은 Frame Grabber로 전송되어 PC로 입력되도록 하였고, PC로 입력된 영상은 영상 수축, 팽창, 슬라이딩, 스트레칭, 경계 값 처리, 라벨링 등의 과정을 거쳐 계란의 개수를 계측하였다. 계측된 계란의 개수는 PC를 통하여 케이지별로 저장되도록 하였으며, 그 구성도는 그림 75와 같으며, 영상처리시스템의 제원은 표 28과 같다.

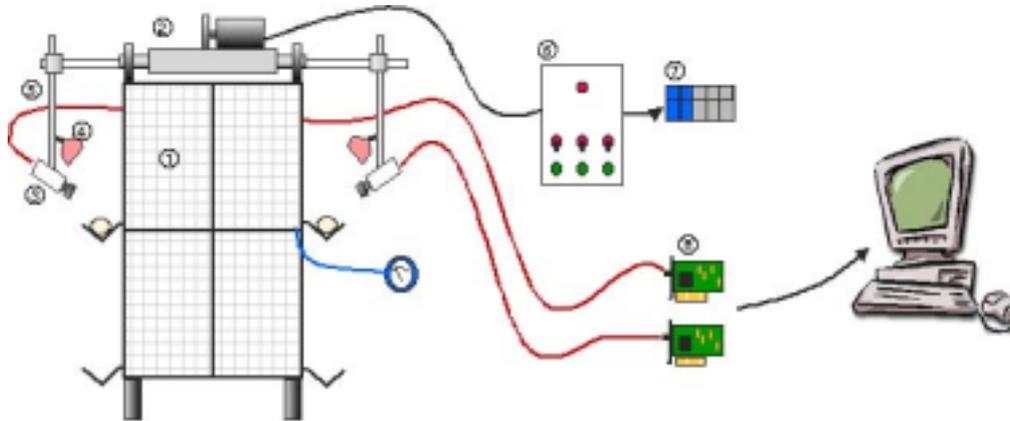


Fig. 75 Schematic of image processing system for rearing layer.

- | | |
|---------------------------------------|---|
| ① Cage | ⑧ Frame Grabber |
| ② Camera Moving Car | ⑨ Flow Meter |
| ③ CCD Camera | <input type="checkbox"/> Gas Sensor |
| ④ Halogen Light | <input type="checkbox"/> RS-DAQ |
| ⑤ Camera & Light Supporter | <input type="checkbox"/> RS-Converter |
| ⑥ Control Box | <input type="checkbox"/> Limit Switch |
| ⑦ Programmable Logic Controller Assy. | <input type="checkbox"/> Cage Detecting Point |

Table 28 Specification of image processing system

Items	Model		Specification
PLC	K14P1-DRS	Input	DC24V 8ch.
		Output	DC 24V / AC 220V 6 ch.
		Memory Size	800 Step
		Remote Control	RS485
RS-DAQ	I-7017	Channel	8 Differential
		Input Type	mv, V, mA
		Accuracy	F.S ±0.1%
		Data Transmission	RS485
RS Converter	CS-428/9 AT	Input	RS485/422
		Output	RS232c
		Type	Multi-Drop
Frame Grabber	MyVision	Video input	1 NTSC / PAL / RS-170 / CCIR
		Processing	Partial image acquisition with onboard programmable region of interest
		Resolution	Color level - 24bit Spatial - 640×480
		Frame grab speed	1/30s
		Memory	No one-board memory, uses PC system RAM for image storage
		Display	Uses PCI display card for display
CCD camera	SC-130	Image sensor	1/3" Super HAD CCD
		Pick-up device	510(H)×492(V)
		Scanning	525 Lines. 30 frames/sec
		Horizontal frequency	15.734kHz
		Vertical frequency	59.94Hz
		Resolution	330 TV-line
		S/N ratio	-48dB
		Intensity of illumination	0.5 Lux
Motor	IH9PF40-10	Capacity	1/2 hp
		Power	3 ph 220V AC
		Speed Control	Inverter
Inverter	FR-E520 -0.4K	Type	Frequency Control
		Power	1ph 220V
		Load	2ph 220V 400 W

나. 장치 구동 알고리즘

전체 System의 작동은 일별 특정 시간을 설정하여, 시간에 도달하면 이동차를 작동으로 이동시키고 이동시 케이지를 감지하면, 이동차를 정지하여 영상을 획득하였다.

획득된 영상을 처리하여 케이지의 계란수를 계측하고, 계측된 계란의 수는 Cage에 대한 계란의 수로 저장하여 케이지의 상태를 분석하였다. 케이지의 끝에 도달할 때까지 이동차를 이동시키며, 위의 동작을 반복하였다.

모든 케이지를 분석한 뒤에는 다시 설정시간에 도달할 때까지 대기상태로 전환하였다.

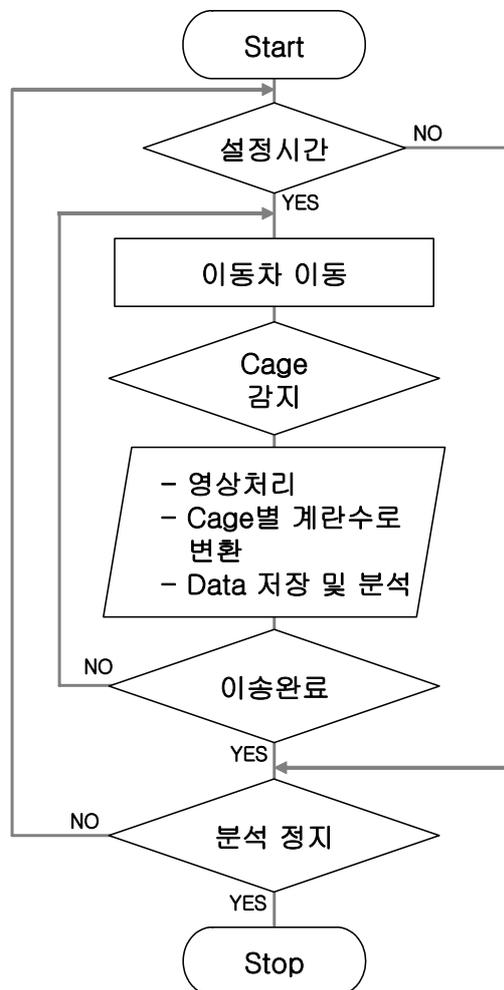


Fig. 76 Flow chart of driving system for egg counting system.

다. 산란계감시 프로그램 개발

1) 계사 감시 현황

계사 감시 현황 화면에서는 각 센서에서 입력되는 값들을 나타내주고, 산란계수와 산란수에 의한 전체 산란율, 채산한계 산란율을 나타내준다.

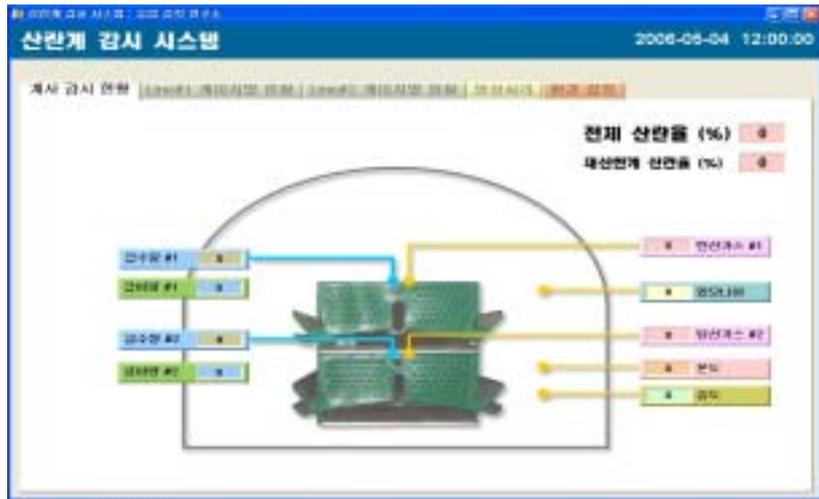


Fig. 77 Main display of rearing system.

2) 케이지별 현황

가) 외모와 체형에 의한 도태

이 방법은 건강상태와 외모, 체형, 골격 등에 따라서 표 29에서와 같이 다산계와 과산계를 구별할 수 있었다.

Table 29 Classification of fecundity layer and over-egg layer at the end time

구분	다산계	과산계
산란상태	산란계속	산란중지
눈	충명하고 활기를 띤다	흐리고 활기가 없다.
귀 뿌 리	희게 퇴색됨	황색
부 리	희게 퇴색됨	황색
다 리	희게 퇴색됨	황색
깃 털	퇴색되어 조잡하고 거칠다.	윤기가 있다
피 부	연하고 얇으며 지방이 적다.	두터우며 지방이 많다
환우시기	늦다	빠르다
벗	선홍색으로 팽팽하게, 잘 발 달되어 있다.	빛깔이 퇴색되고, 우축되어 있으며, 비듬으로 덮여 있다.
항문	홍명하고 활기를 띤다.	흐리고 활기가 없다.
항문	습기가 있어 축축하고, 탄력 이 있으며 희게 퇴색됨	건조하고, 주름살이 있으며, 황색을 띤다.
부리	희게 퇴색되어 있다.	황색을 띤다.
치골간의 넓이	손가락 3개 이상 들어감	손가락 3개 이하가 들어간다.
가슴뼈끝과 치골 사 이의 간격	손가락 3~5개 이상 들어감	손가락 3개 이하가 들어간다
복부의 지방	지방 축적이 적다.	지방축적이 많다.
배	용적이 크고 깊다.	용적이 적고 위축되어 있다.

나) 외모와 체형에 의한 도태

산란계가 산란을 하게 되면 몸의 각 부위에 착색되어 있던 황색색소가 계란생산에 이행되기 때문에 퇴색이 되며, 휴산을 하게 되면 다시 황색색소가 침착된다. 착색 정도로 산란수와 산란기간을 추정할 수 있으나, 이는 사료의 종류에 따라 크게 영향을 받게 된다. 황색색소의 퇴색순서는 항문주위 → 눈 주위 → 귀뿌리 → 부리 → 다리 순서로 퇴색 된다.

Table 30 Selection by the faded yellow-pigment in layers body

부 위	완전 퇴색할 때까지 소요일수	퇴색에 따르는 대체적인 산란수 (수)
항문	1 ~ 10일	10
눈 주 위	10 ~ 14일	10
귀 뿌 리	15일 ~ 20일	10
부 리	4 ~ 6주	35
다리(전면)	16 ~ 18주	95
다리(후면)	20 ~ 24주	160
무릎관절	24 ~ 28주	180

사용자가 입력한 각 케이지별 두수와 케이지별 금일 생산한 계란수, 그에 따라 계산된 산란율을 나타내준다. 상태에는 산란율의 변화 및 계산에 의한 채산한계산란율 등에 의해 분석되어진 결과를 “정상”과 “경고”로 각 케이지의 상태를 나타내 준다. 채산 한계 산란율은 환경 설정부에서 입력된 값을 이용하여 계산되며, 그에 대한 공식은 다음과 같다.

$$\text{채산한계산란율}(\%) = \frac{\text{계란의 } 1\text{kg의 개수} \times \text{사료 } 1\text{kg의 가격} \times 1\text{수당 사료급여량} \times 10}{\text{계란 } 1\text{kg의 가격} \times \text{총지출비중} \times \text{사료비의 비중}(\%)} \quad (2)$$

최종 점검 시간은 카메라에 의해 케이지별 산란수 분석을 행한 최근 시간을 나타낸다. 최근 산란율 변화에는 특정 산란계케이지를 선택하면, 측정 시작 시기부터 현

재까지 일별 산란율의 변화를 그래프로 나타내주어 케이지별 분석이 용이하도록 하였다.



Fig. 78 Picture of laying rate per cage.

다) 영상처리

케이지 감지시 이동차가 정지하고, 이 때 발생하는 Trigger 신호에 의해 영상을 획득하고, 각각의 영상처리 기법에 의해 영상을 처리하여 케이지의 산란수를 측정하였다. 획득된 영상은 별도의 창으로 설정에 의해 표시 여부를 설정할 수 있고, 획득된 영상을 처리하기 위한 설정부와 처리 결과를 나타내주는 결과 표시부로 나타내진다.

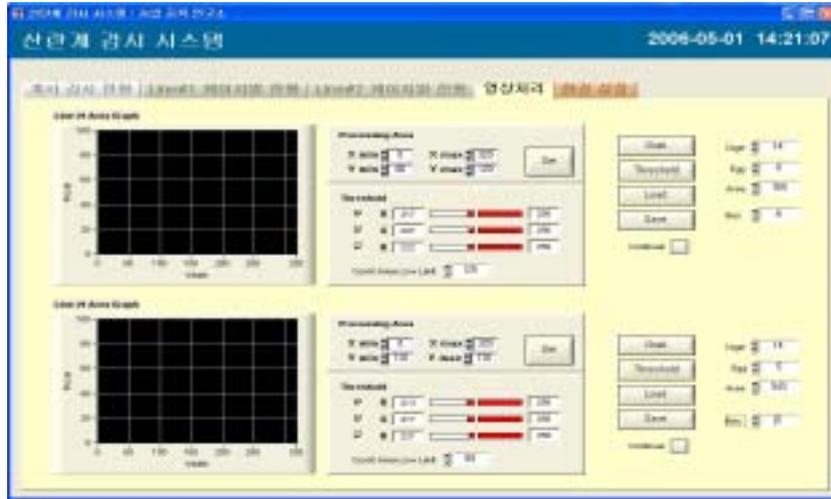


Fig. 79 Display of image processing part in the rearing system.

라) 환경설정

환경설정부에는 이동차를 제어하기 위한 통신 포트, 계측 자료 저장 경로, 계측 속도 등을 설정할 수 있도록 하였고, 수동으로 이동차를 이동할 수 있도록 하였으며, 자동 운전시 1일 측정 회수와 그 시간, 계측을 위한 1일 기준 시간 등을 설정할 수 있도록 하였다. 또한 케이지별 상태 분석을 위한 기준인 채산한계산란율을 계산하기 위한 각각의 인자 값을 입력하도록 개발하였다.



Fig. 80 Display of set up part for environment in the rearing system.

제 10 절 생육상태 진단 및 처방시스템의 성능평가

1. 성능평가의 장소 및 방법

가. 시험장소

본 사양시험은 농업공학연구소 입북동 포장에 간이 계사를 설치하여 39㎡에서 실시하였으며 아치형 간이계사의 구조는 그림 81과 같다.

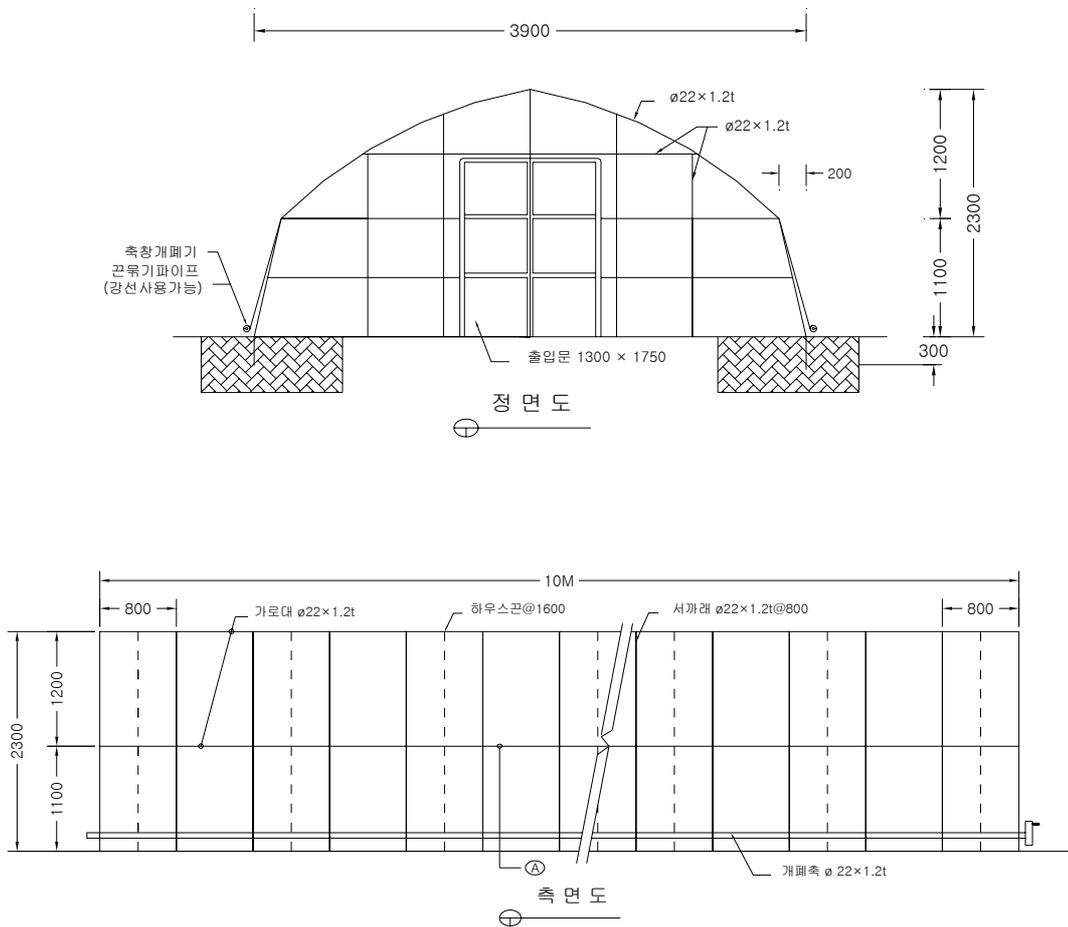


Fig. 81 Sketch of layer house for test.

표 31에서 보는 바와 같이 계사의 벽체는 Φ 25 mm 하우스용 철제 관 골조위에 피복·단열재를 설치하기 위한 내부 지지재로서 폴리프로필렌 (PP)시트(마대자료용천)를 피복하였다. 그리고 그 위에 Foam PE를 3중으로 설치한 다음 단열재의 양면에 빗물의 침투방지와 단열재의 방습을 위하여 폴리에틸렌(PE)필름을 피복한 다음 최 외부에 보온덮개(합성섬유벨트)를 피복하였다.

Table 31 Specifications of layer house for test

Items	Specification
Type	Arch roof
Size	10 m × 3.9 m × 2.3 m
Floor area	38 m ²
Covering procedures	PPsheet (0.1 mm) PE film (0.05 mm) Synthetic felt (10 mm) Foam PE (50 mm)

나. 시험장소 및 생육상태 진단 성능평가 방법

본 연구의 공시된 산란계는 68주령 갈색산란계 이사브라운과 14주령 하이라인을 선택하여 1단 98수,90수 ,2단 92수,88수 총 368수를 가지고 사양시험을 수행하였다. 시험에 사용된 사료는 A사의 산란계 사료로 사료량은 이사브라운과 하이라인의 사양 매뉴얼에 준하여 1일 3회 급여하였다. 급수는 케이지 당 1개의 니플을 설치하고 자유섭취토록 하였으며, 급수량은 유량계(BM-Magnetic Flowmeter, Germany)개를 가지고 측정하였다. 본 유량계는 유량계 내부로 유체가 통과함에 따라 유속에 비례하여 발생하는 전압을 측정하는 것으로 최소 0.03~10 m/s를 측정할 수 있게 설계되어 본 장치에 설치하고 실시간으로 측정할 수 없어 간이 저수장(15 ℓ)에 받고 잔량을 측정하여 일일 급수량을 측정하였다. 산란수는 산란수 측정시스템을 이용하여 오전 10시, 오후 16시 2회에 걸쳐 측정하였으며, 점등은 60 W전구를 이용하여 오전 4시30분부터 오후 21시 30분까지 16시간 점등하였다. 기타 사양은 관행 사양방법을 이용하였다



Fig. 82 Picture of test cage for egg counting system.

다. 온·습도 측정 방법

본 연구의 온·습도 측정은 HOBO pro series (ONSET, Germany)를 가지고 측정 하였으며, 설치장소는 그림 83과 같다

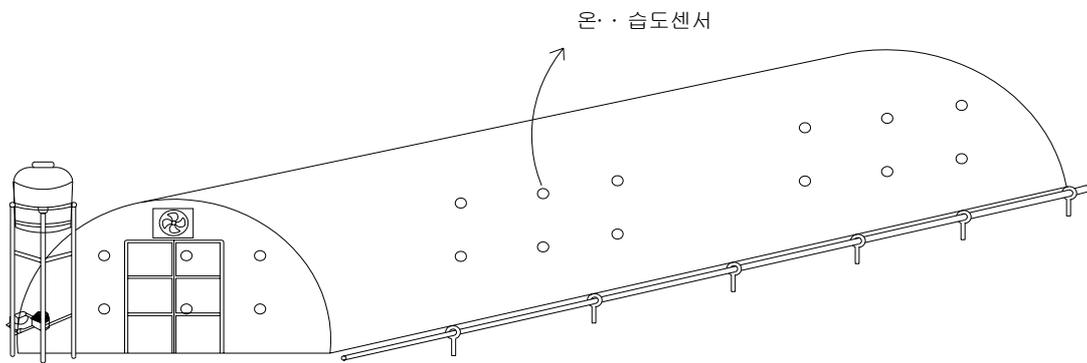


Fig. 83 Location of thermometers and hygrometers.

2. 성능평가의 결과

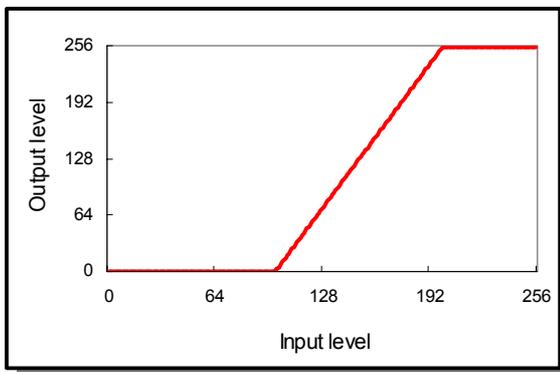
가. 영상처리 성능평가 결과

1) 입력영상 (그림 84)



Fig. 84 Incoming display of image processing.

2) 1차 Sliding & Stretching (그림 85)

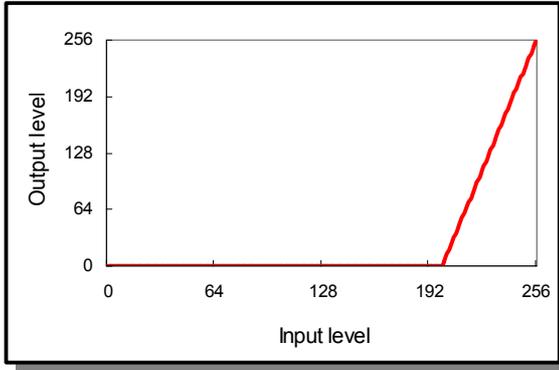


Sliding : 0~100
Stretching : 100~200,
200~256



Fig. 85 The first processing display of sliding & stretching.

3) 2차 Sliding & Stretching (그림 86)

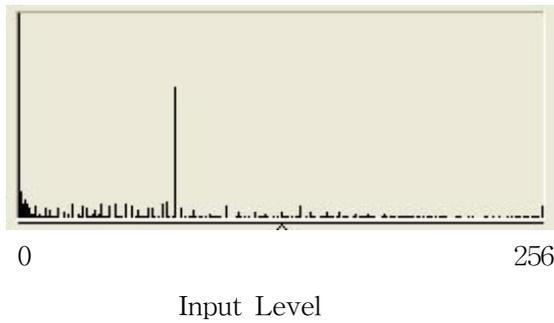


Sliding : 0~200
Stretching : 200~256



Fig. 86 The second processing display of sliding & stretching.

4) Threshold (그림 87)



경계 값 : 21



Fig. 87 Binary image by threshold processing.

5) 수축, 팽창 처리 (그림 88)



Fig. 88 Erosion image and image filtered by expansion processing.

6) 계란의 개수 계측

라벨링 결과 5개의 계란이 모두 정상적으로 인식되었다.

7) 바닥면(컨베이어)의 색

영상획득시 바닥면의 색에 의해, 계란의 계측 개수가 많은 영향을 받았다. 바닥면을 흰색으로 하였을 경우와 검은 색으로 하였을 경우 각각 계측 성공률은 57%, 98%로 나타났다. 흰색의 경우에는 계란의 색조와 유사하여 경계 값 처리 시 약간의 변화에도 민감하게 반응하였고, 조명을 반사하여 계란과 바닥의 구분이 불가능할 경우가 발생되었다. 검은색의 경우에는 계란의 색조와 확연히 구분되었으며, 조명을 밝게 하여도 빛의 반사량이 적어 영상처리가 용이 하였다.

8) 겹친 계란의 영상처리 (그림 89)

획득된 영상은 아래와 같이 계란이 겹치지 않고 일렬로 늘어선 경우와 일부 계란이 겹치는 경우가 발생되었다. 계란이 겹치지 않을 경우에는 영상처리시 100% 계란의 개수를 파악하였고, 계란이 겹칠 경우에는 개수를 실제 개수의 42%로 감지하기도 하였다. 이를 보완하기 위하여 영상 처리 기법 중 Projection 기법을 이용하여 투영면에서의 폭과 면적을 이용하여 개수를 파악하도록 보완 하였다. 보완 후 계측 결과는 85%의 계측 성공률을 보였다.

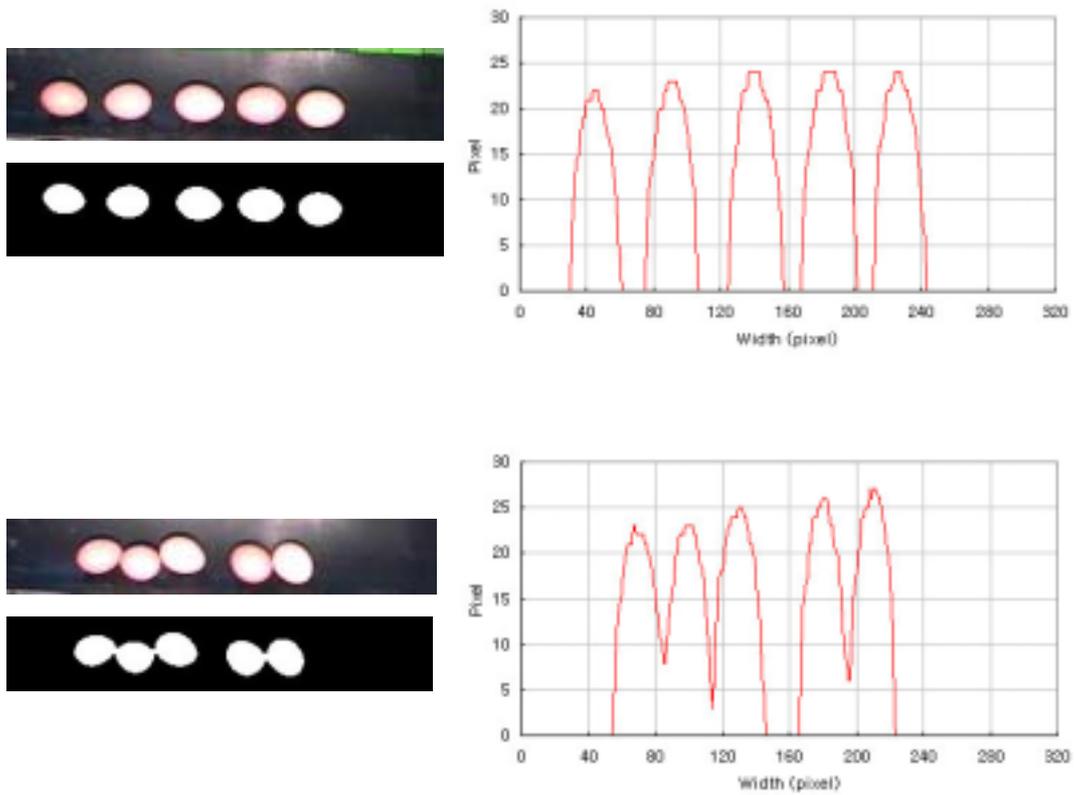


Fig. 89 Image processing of the eggs overlapped.

나. 프로그램의 성능평가 결과

1) 가스 측정 (그림 90)

계사 내부의 각 가스 센서에서 측정된 값을 아래의 프로그램에서 측정값이 나타나도록 하였다.

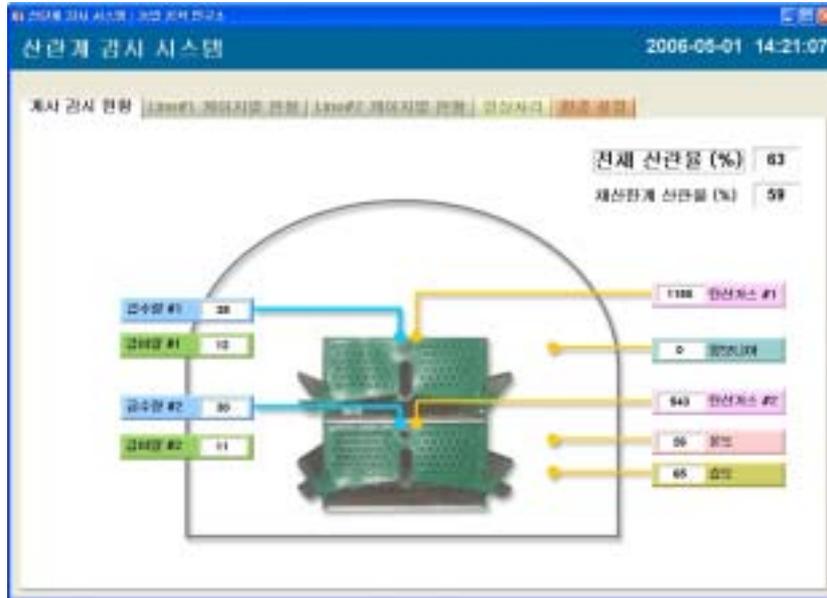


Fig. 90 Main display of monitoring system for rearing layer house.

2) 이동차 제어 성능평가

이동차의 제어는 프로그램에서 설정한 시간에 자동으로 작동하고, 각 케이지별 감지점을 감지하여 정지한 후, 카메라를 작동하여 영상획득 후 이동을 반복하여 각 케이지의 계란수를 계측하도록 하였다. 또한 마지막 케이지 감지 후에는 처음 위치로 되돌아 가도록 개발하였다. 표 32는 이동차 제어 성능평가의 결과이다.

Table 32 Test results of diving car control

측정 항목	결과 (%)
설정 시간 자동 작동	100
케이지 감지 후 정지	100
마지막 케이지 감지 후 자동 회귀	100

표 32에서와 같이 이동차의 제어 성능은 전반적으로 우수하였으며, 이에 따라 자동으로 케이지별 계란 계측 시 이동차의 오동작으로 인한 산란수량 분석에 오차가 발생되지 않았다.

3) 케이지별 산란수량 계측 성능평가

1일 2회 자동으로 영상 처리에 의해 계측한 최종 1일 계란 회수 시점까지의 일일 산란수량을 분석한 결과, 실제 실험자가 수작업에 의해 계측된 산란수량과 비교했을 때 15%의 오판이 나타났다. 오판의 원인은 1일 기준 산란수량 측정 시간대가 낮(주간)일 경우 오차가 크게 발생되었으며, 또한 폐사계에 의한 오차가 발생되었다.

낮에 큰 오차가 발생한 이유는 계사외부의 밝은 빛에 의한 영향으로 영상처리시 감지 성능이 저하된 것으로 사료된다. 또한 폐사계가 바닥을 타고 아래로 밀려 내려와 계란 트레이 부분까지 머리 또는 몸의 일부가 이동되었을 때 폐사계에 의한 오차가 발생되었다.



Fig. 91 Display of image process system during processing.

4) 케이지별 자료 저장 및 분석 성능평가

계측된 자료는 케이지별, 일별, 전체 라인별로 관리되도록 저장하였으며, 저장된 자료는 다른 응용프로그램을 이용하여 분석이 가능하도록 저장하였다. 실험기간 동

안 계측된 자료 저장은 정상적으로 이루어졌다. 케이지별 분석 성능은 분석 기준인 채산 한계 산란율과 케이지별 산란율 비교 시, 케이지별 계란 계측 분석에 직접적인 영향을 주는 케이지별 산란수량 계측 성공률이 85%로 나타났고, 분석 성능 또한 89%의 분석 성공률을 보였다. 케이지별 분석 성능은 산란수량 계측에 오차가 발생되더라도 채산한계산란율 보다 높을 경우에는 영향을 미치지 않아 산란수량 계측 성공률 85%보다 높은 89%의 성공률을 보였다.



Fig. 92 Picture of analyzed data for counting of laying egg per cages.

그림 93은 1일 동안의 케이지별 산란율을 나타낸 것으로 사육장 전체의 산란율은 75%를 보여 목표 산란율 60%를 상회하였다. 이사브라운 1단 산란율은 73%, 2단 산란율은 78%로, 5%의 차이를 보였으며, 하이라인은 1단 산란율은 71%, 2단 산란율은 78%를 보여 7%의 차이가 나타났다. 이중 60%미만은 이사브라운 1층 8번과 12번, 하이라인은 1층 1번에서 나타났다.

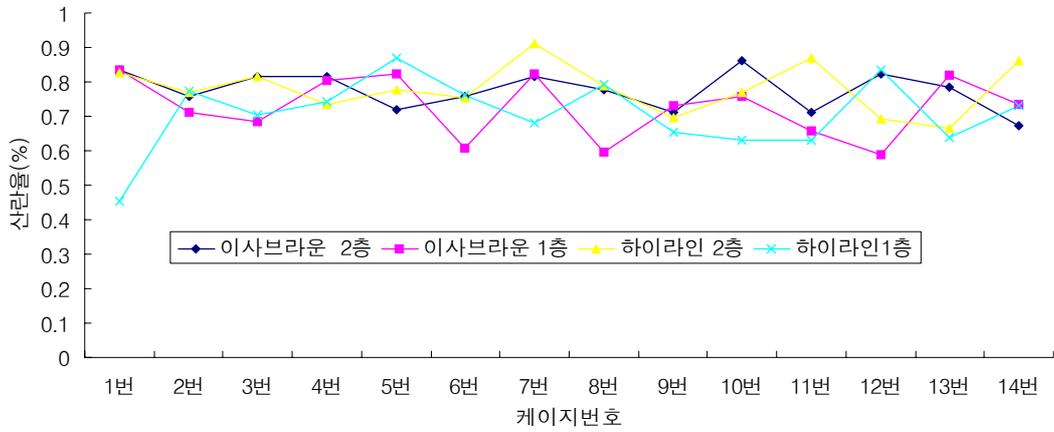


Fig. 93 Laying rate per cage for one day.

그림 94는 시험기간 동안의 총 산란총수를 나타낸 것으로 산란수는 이사브라운 1층의 2,6,8,9,14번에서 2층 11, 13, 14번에서 폐사계가 발생하여 다른 케이지에 비하여 생산총수가 낮았으며, 하이라인은 18주령 이후 산란이 시작되어 이사브라운보다 총수에서는 낮았다..

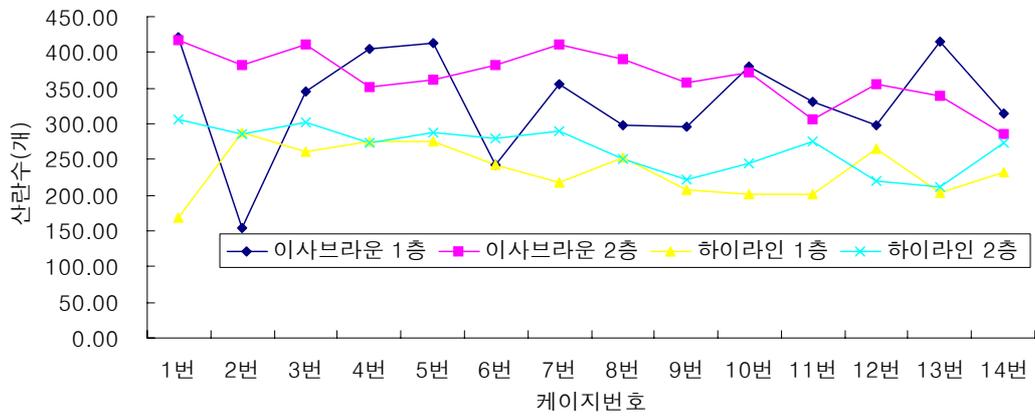


Fig. 94 Total amount of laying egg for three month.

그림 95는 폐사계가 발생한 케이지를 나타낸 것으로 1층 케이지에 집중되어 있었다. 육안으로 직접 중점 관찰한 결과, 탈항에 의한 폐사로 닭이 산란할 때 총배설강이 뒤집어지면서 알이 항문 밖으로 나오게 되는데, 이 때 옆에 있던 닭이 총배설강을 쪼으면 항문의 수축 조절 능력이 없어져 산란 후 총배설강이 원래의 위치로 돌아가지 못하고 항문이 몸 밖으로 나오게 되고 주위에 각 종 병균이 묻어 부패하게 되면 산란계는 3~4일후 폐사하는 것으로 보고되고 있다.

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
	★★				★★								
	★★				★								★
	★												

Fig. 95 list of cage in dead layer.



Fig. 96 Pictures of dead layer suffered by prolapses.

그림 97은 폐사계가 발생 후 케이지의 산란수량을 나타낸 것으로 폐사계가 발생 전, 후에 산란수량이 급격하게 줄어드는 현상을 나타내고 있다. 이는 탈항으로 산란을 못하거나 또는 주위에 산란계에 의한 스트레스로 인해 산란을 못하는 것으로 판단되었다.

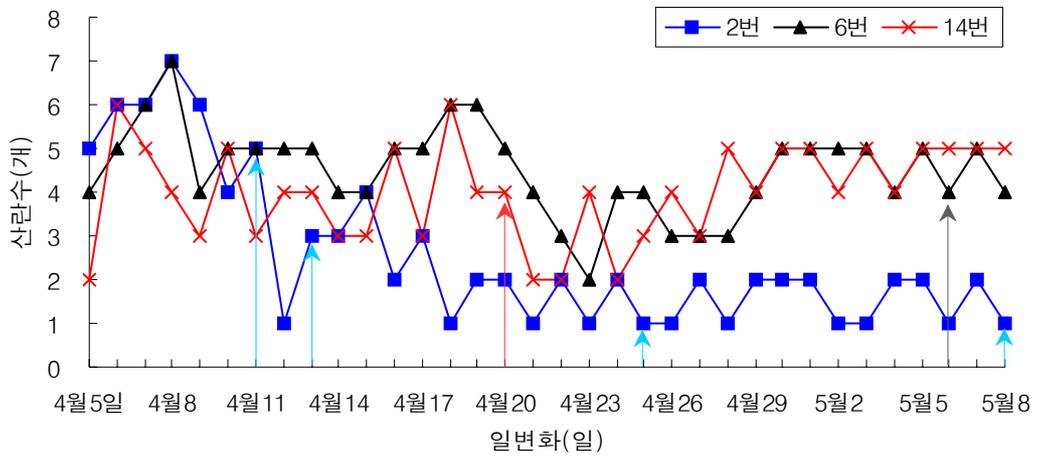


Fig. 97 Laying rate per cage in dead layer for one month.

그림 98은 전체, 그림 99는 1단, 그림 100은 3단의 무게등급별 산란율을 나타낸 것으로 계란 등급은 68 g 이상은 왕란, 60~68 g은 특란, 52~60 g은 대란, 44~52 g은 중란, 44 g 미만은 소란으로 분류하였다.

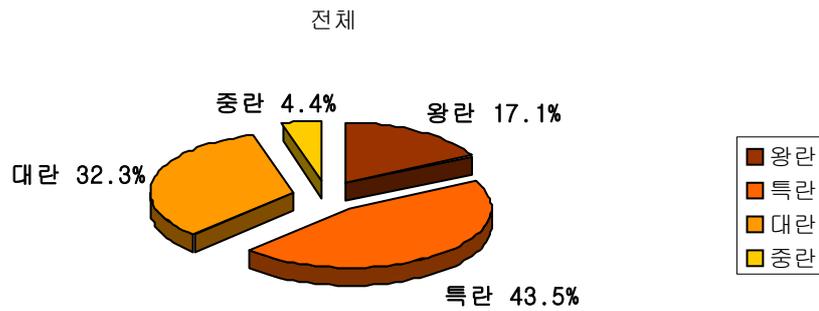


Fig. 98 Percent by weight grade of all laying eggs.

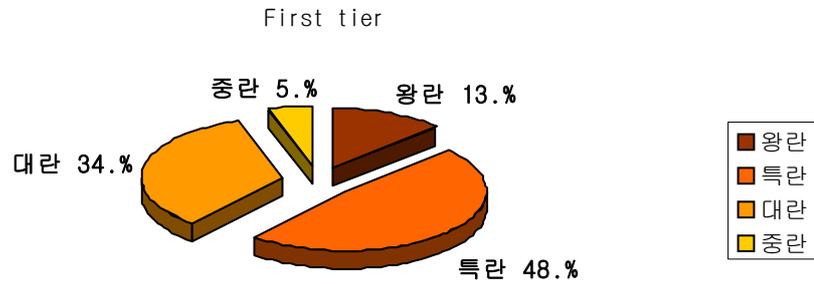


Fig. 99 Percent by weight grade of first tier laying eggs.

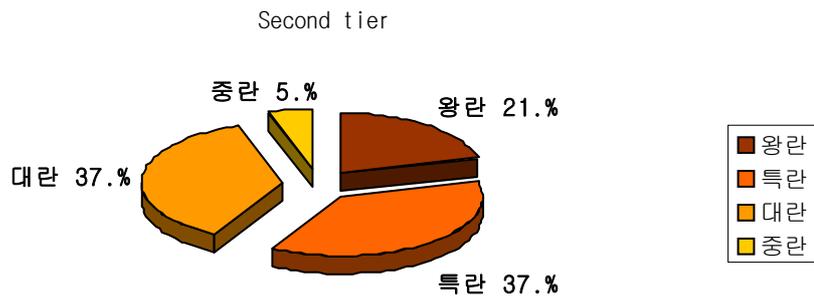


Fig. 100 Percent by weight grade of second tier laying eggs.

그림 101은 월별 음수량을 측정한 것으로 5월로 접어들면서 온도가 상승함과 동시에 음수량도 함께 증가하는 것으로 나타났다. 또한 2층 케이지의 음수량이 높은 것은 사육장내 상층부의 온도가 높아 나타난 것으로 사료된다.

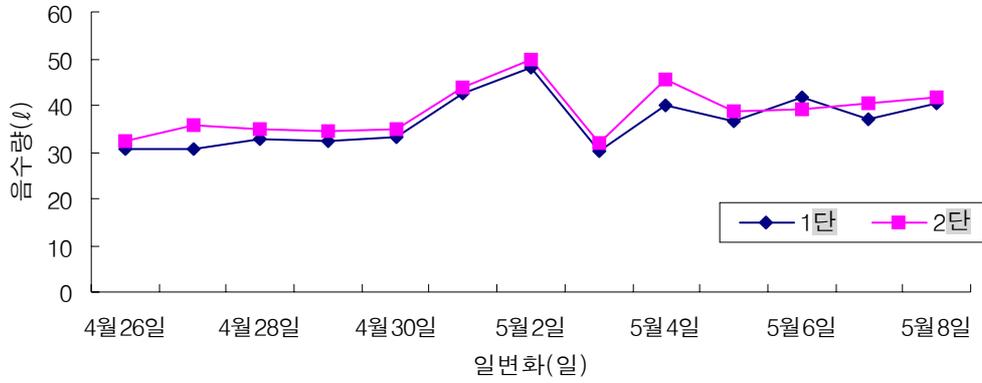


Fig. 101 Potable water of cages.

다. 계사환경시험 결과

1) 온도변화

그림 102는 산란계사 내부와 외부의 온도 분포를 나타낸 것으로 최고온도는 내, 외부가 같으나 최저온도는 내부의 온도가 높은 것으로 나타났다. 이는 산란계사의 외부 찬공기 차단과 산란계의 체온에 의한 것으로 사료된다.

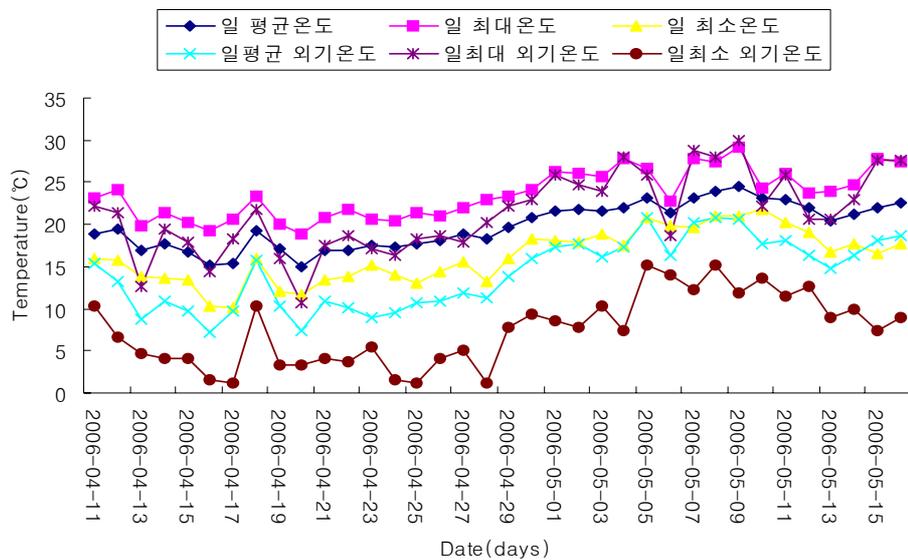


Fig. 102 Temperature of inside and outside of layer house tested.

2) 산란계사 상, 하부 수평적 온도분포

그림 103은 계사의 상, 하부의 온도 분포를 평면적으로 나타낸 것으로 상, 하부 공히 중앙부분에 온도가 높은 것은 온도센서를 케이지 내에 설치하여 케이지가 공기의 흐름을 막고 닭의 체온에 영향을 받은 것으로 판단되며, 하부보다는 상부의 온도가 높게 나타났다.

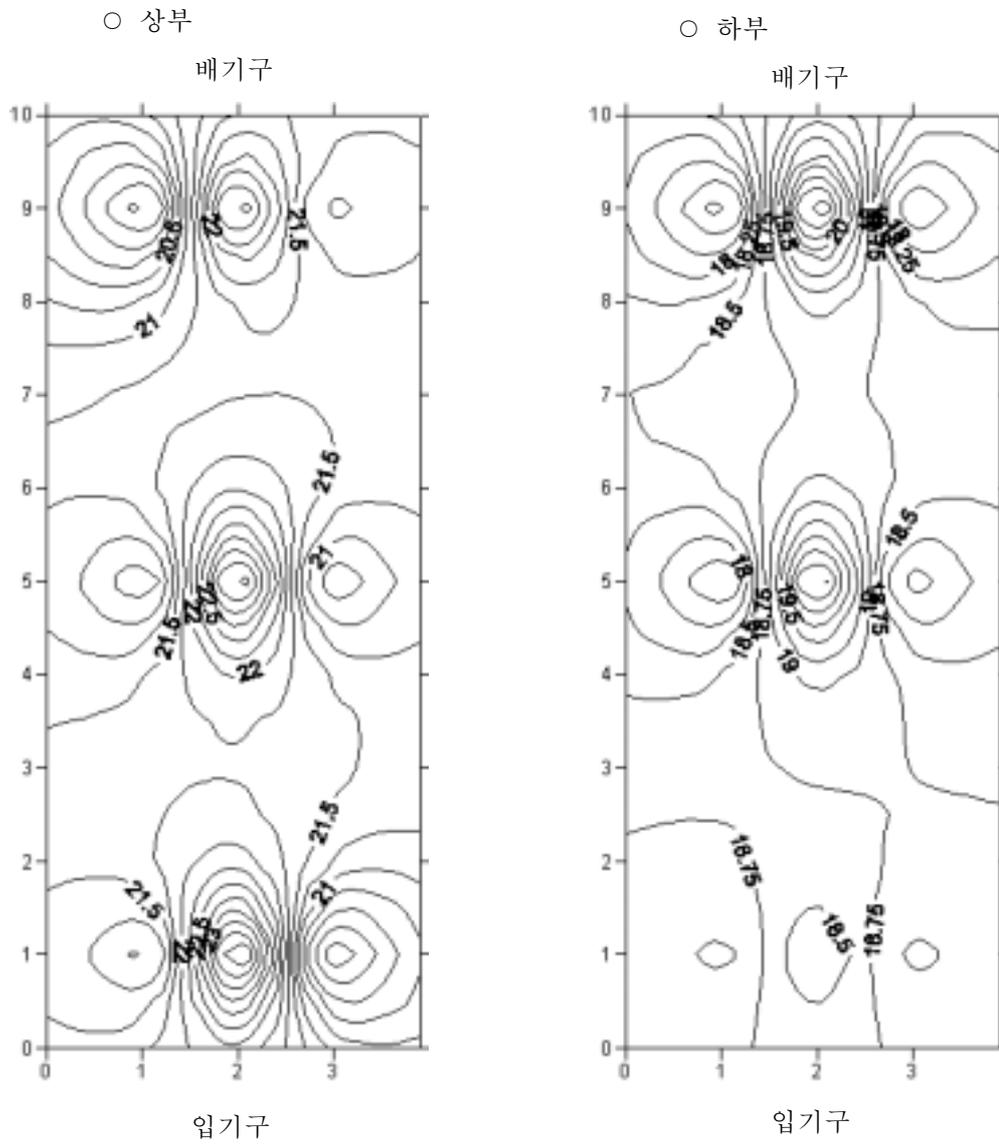


Fig. 103 Horizontal temperature distribution in layer house tested.

3) 습도 분포

일평균 외기습도에 비해 계사내부의 일평균 습도는 전체적으로 낮은 것으로 나타났다. 이는 계사 내부의 경우 사육되는 닭에서 발생한 체열 때문인 것으로 사료된다. 계사 내부의 일 최저습도는 외기의 일 최저습도 변화와 같은 경향을 보이는 것으로 나타났다. 하지만 계사 내부의 일 최고 습도는 외기의 일 최고습도보다 낮게 나타났다. 그러나 계사 내부의 일최고 습도값은 주로 외기의 습도가 높게 올라가는 밤 시간대에 나타났다(그림 104).

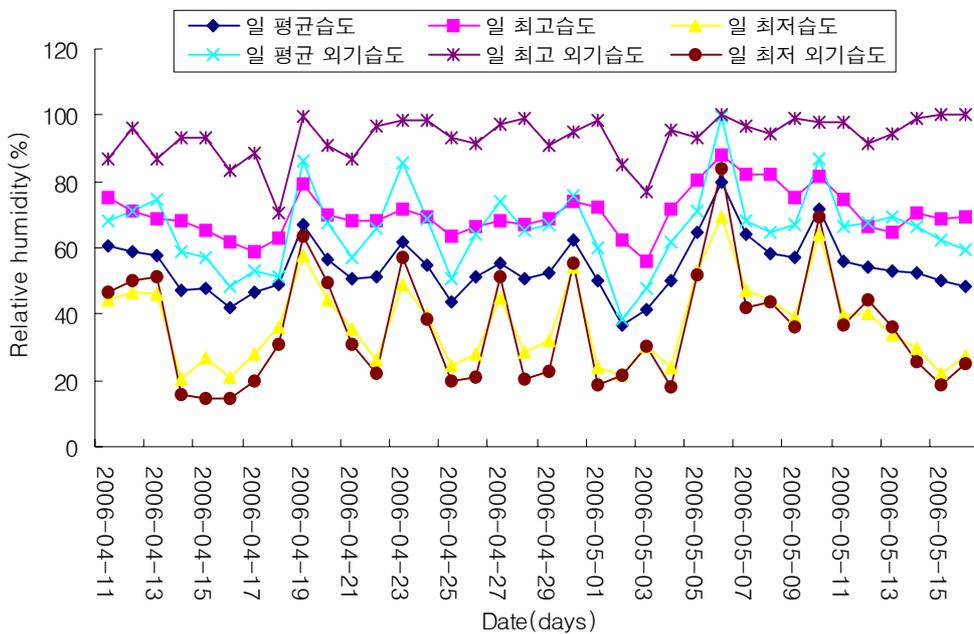


Fig. 104 Humidity of inside and outside of layer house tested.

영상처리를 이용하여 산란계감시 시스템의 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 계란의 영상처리 획득 시에 바닥면을 흰색으로 했을 때 계측 성공율은 57%, 검은색으로 할 때 98%로 나타났다.
- 2) 계란이 겹칠 경우 실제 개수의 42%를 감지하였으나, Projection 기법을 활용하여, 폭과 면적을 이용하여 보완한 결과 85%의 계측 성공률을 보였다.
- 3) 1단의 산란율 58%, 2단의 산란율 68%를 보여 목표산란율 이하의 케이지를 도

태 후 전체 산란율은 63%에서 67%로 4% 증가하였다.

- 4) 사육 중 폐사한 닭들은 전부 탈황에 의하여 폐사하는 것으로 나타났다.
- 5) 계사 내 계란의 중량등급은 왕란 17.1%, 특란은 43.5%, 대란 32.3%, 중란은 4.4%로 나타났다
- 6) 계사 내 최대, 최소의 온도차이는 5℃ 내외였으며, 습도의 경우에 외기에 비하여 내부의 일평균 습도는 낮은 것으로 나타났다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표의 달성도

연구 개발 목표		달성도(%)
- 영상처리시스템 개발	- 영상처리 알고리즘 개발 - 최적위치 선정을 위한 예비실험 - H/W 및 S/W 개발 - 영상데이터 저장시스템 개발	100%
- 구동시스템개발	- 조명장치의 개발 - 구동 메커니즘 설계, 개발 - 제어프로그램 개발	
- 통신시스템(I) 개발	- 데이터전송시스템 개발 - 네트워크 구성	
- 산란수량 평가시스템 개발	- 산란수량 측정 시스템 개발 - 산란수량 통계방법 개발	
- 통신시스템(II) 개발	- 통신시스템의 보완설계 및 제작 - 대화시스템 개발	100%
- 원격감시시스템의 개발	- 최적위치선정을 위한 예비실험 - 영상처리시스템의 보완설계 및 제작 - 미비점 보완 설계 및 제작	
- 시작기 성능평가, 문제점 분석 및 보완설계	- 시작기의 성능비교분석 - 문제점 파악 및 보완 설계	
- 급이, 급수량 측정시스템 개발	- 급이, 급수량 측정시스템 개발	
- 산란계의 생육상태 표준설립	- 생육상태표준 설립	
합 계		

제 2 절 관련분야의 기술발전예의 기여도

- 산란계사 내의 병·폐사예 발생 유무를 자동으로 알 수 있는 시스템의 개발로 인건비 절약 및 잦은 계사 출입으로 인한 질병의 발생을 사전에 막을 수 있을 것으로 기대
- 계사내의 기계시설을 무선으로 제어할 수 있는 기틀을 마련하였고, 나아가 산란계사 내 상황을 직접 계사에 출입하지 않고 확인이 가능한 시스템까지 개발이 가능하게 할 것으로 기대
- 케이지별로 산란수량, 급이·급수량 확인을 통해 산란계의 채산 한계를 추정할 수 있으며, 산란계의 교체시기·산란계 케이지의 이상유무를 직접 확인하지 않고 원격으로 확인하는 것이 가능하게 할 것으로 기대
- 육계 및 다른 가금시설에 개발된 시스템을 활용하여 자동으로 생육감시가 가능하게 할 수 있을 것이며, 나아가 다른 축산시설에도 활용할 수 있을 것으로 기대
- 본 연구로 인하여 영상처리를 이용한 생육감시 시스템에 대한 관심과 연구가 높아질 것으로 기대

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구에서 개발한 무선 원격감시시스템의 기술을 축산시설업계에 이전하여 활용하도록 해야 할 것이고, 산란수량, 급이·급수량 측정 시스템을 기술 이전하여 활용하도록 한다면 산란계의 생산성 향상에 큰 기여를 할 것이다. 또한 육계 및 다른 가금시설, 나아가 축산시설에 활용할 수 있게 업체와 지속적인 연구와 기술개발로 문제점을 해결하여 실용화 단계까지 계속 연구할 계획이다. 이를 위해서 구체적으로 아래와 같은 조치가 필요할 예정이다.

1. 지적재산권의 확보

- ▷ 무선 원격감시시스템에 관한 기술특허 출원 및 등록
- ▷ 산란계 생육상태 감시시스템에 관한 기술특허 출원 및 등록

2. 신기술을 축산관련업체로 기술이전하여 산업화 또는 기업화에 기여

- ▷ 축산시설내 기계장치의 무선 제어시스템 운용기술
- ▷ 병·폐사계 발생을 자동으로 판정할 수 있는 무선 원격감시시스템 운용기술
- ▷ 케이지별 산란수량 측정시스템의 운용기술

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구개발과제의 진행 과정 중에 수집한 해외기술을 아래와 같이 정리하였다.

1. 동물에 대한 영상처리기법

Chao 등의 연구[1999] : 가금류의 내장에 발생한 병에 대하여 판독하기 위해 내장 자체의 모습을 영상처리 기법을 활용하여 질병의 판독을 실시하였다. 컬러 RGB 값의 분해를 통해 병의 종류와 진행사항을 확인할 수 있는 기법을 제시하였다.

Chen 등의 연구[2002] : 가금류 사체의 검열을 영상처리를 이용하여 온라인 검출하는 기법에 대한 연구를 실시하였다. 사체의 정밀검사 방법과 그에 따른 영상처리기법을 제시하였다.

Figueredo 등의 연구[2004] : 상용계사에서 자동으로 두 대의 CCD 카메라를 이용하여 영상을 획득하고 획득한 영상을 분석하는 시스템을 개발하였다. 닭의 생육활동을 감시하는 방법에 대하여 제시하였고 닭의 영상처리기법에 대하여 제시하였다.

Ohura 등의 연구[1998] : 컴퓨터를 이용한 영상감시를 하여 누에의 생육감시를 통해 누에의 최적 환경을 자동으로 제어하는 연구를 하였다. 누에의 생육감시를 위한 영상처리기법 및 영상처리시스템에 대한 내용을 제시하였다.

2. 식물에 대한 영상처리기법

Miller 등의 연구[1989] : 칼라 영상처리 시스템을 이용하여 복숭아의 색채를 판정하는 알고리즘을 개발하였다. 칼라 영상의 색채 분석 방법 등의 여러 가지 칼라 영상기법을 제시하였다.

Sarkar 등의 연구[1985] : 흑백 영상처리 시스템을 이용하여 토마토의 형상, 크기, 색깔, 흠집 등을 검출하는 알고리즘을 개발하여 여러 가지 영상처리 알고리즘을 제시하였다.

제 7 장 참고문헌

1. 김정용 등. 2002. 블루투스와 근거리 무선통신시스템간의 상호간섭 억제에 관한 연구. 원광대학교 공업기술개발연구지. 제22권 pp. 67-74.
2. 金洪煥, 金亨燮, 邕章祐, 鄭善謨, 鄭晉禧, 曹東震, 黃炳九. 1989. 機械設計製圖. 淸文閣.
3. 김동혁. 2005. 이더넷과 인터넷 구축. 에이콘출판사.
4. 김시동 등. 2003. 축산연구를 위한 통계자료집. 농촌진흥청 축산기술연구소.
5. 김우식. 1999. 무선통신 개론. 홍릉과학출판사.
6. 김우영. 1992. 양계 경영과 사육. 오성출판사.
7. 김영복 외 4명. 2005. 산란계사내부 열환경 분석. 축산시설환경학회지. 11(3): 177~188.
8. 김희식, 김영일. 2003. 네트워크를 이용한 원격실시간 온도계측 및 자동데이터 처리. 산업기술연구소논문집. 11(0): 1-4.
9. 남공재찬. 1989. 화상공학의 기초. 기전연구소.
10. 농림부. 2005. 농림부 통계자료.
11. 농림부·국립농산물품질관리원. 2005. 가축통계.
12. 朴京圭 등. 1998. 畜産機械 및 施設. 文運堂.
13. 박승제, 이종호, 김철수, 김영호, 김성민. 1999. 인삼의 최적 건조 및 품질 자동 평가 시스템 개발. 농림부 최종연구보고서.
14. 박용우. 2001. 3G 무선랜 블루투스의 비교 및 향후전망. KISDI IT FOCUS. 12월호. pp. 63-66.
15. 백순룡. 1995. 닭의 질병. 内外出版社.
16. 방승훈. 2002. 홍삼 제조용 건조시스템 개발. 충남대학교 박사학위논문.
17. 송영한 외 1명. 1996. 급이 기구의 색채변화에 따른 산란용 육성계의 행동형태에 미치는 경향. 2(2). 117~122.
18. 심주현 등. 2004. 시설재배를 위한 웹 기반의 원격 관리 시스템의 개발 및 성능평가. 바이오시스템공학회지. Vol. 29, No. 2, pp. 159~166.
19. 아람드리(Aramdri, Inc.) 카탈로그.
20. 吳鳳國. 1988. 現代家禽學. 文運堂.
21. 오세정. 1990. 계의 특수관리. 선진문화사.
22. 이기혁, 배석희, 이근호. 2003. 차세대 무선인터넷 기술. 도서출판 진한도서.

23. 이동훈 등. 2003. 웨이블릿 코덱을 이용한 원격 무선 감시 시스템 하드웨어 개발. 한국화상학회지. Vol. 9, No, 1. pp. 33~42.
24. 이상진 외 10명. 2003. 양계 표준영농교본.
25. 이승엽, 이진욱. 2000. AutoCAD 2000 최종분석. 베스트북.
26. 이양법, 강경일, 이용중. 1995. 화상처리응용기술. 기문사.
27. 이용준외 1명. 2000. 산란계에 있어서 육성기의 소리자극이 육성점성, 섭취행동 및 산란율에 미치는 영향 6(2) 91~96.
28. 이재기 등. 2003. 무선 원격 검침에 의한 자동화 시스템 개발. 산업과학기술연구소 논문집. Vol. 17, No. 1, pp. 121~126.
29. 李在根, 吳鳳國. 1984. 家禽(一) 鷄. 鄉文社.
30. 이창수. 2003. PCS망을 연동한 원격영상 검침시스템 구현. 정보처리학회논문지. 제 10-D권, 제6호. pp. 1041-1048.
31. 장동일, 장홍희, 임영일. 1997. 이미지 처리를 이용한 돼지의 체온 조절 행동 분류 (I). 한국축산시설환경학회지 3(2): 105-113.
32. 장동일, 임영일, 장홍희. 1999, 영상처리와 인공신경망을 이용한 돼지의 체온조절 행동 분류 시스템 개발. 한국농업기계학회지 vol. 25(5): 431~438.
33. 장동일의 3명. 고단 직립식 산란계 케이지내의 병계 및 폐사계의 유무를 자동판정하기 위한 영상처리 알고리즘 개발. 축산시설환경학회지. 11(1): 35~44.
33. 장광래. 2004. 인터넷을 이용한 원격지 Monitoring Control System 구현.
34. 정도희 등. 2001. 알기쉬운 유·무선 인터넷 이해와 활용. 도서출판 진한도서. 충남대학교 석사학위 논문.
35. 鄭善謨, 韓東哲. 1983. 標準機械設計學. 東明社.
36. 정쌍양. 2005. 기계시각을 이용한 고단직립식케이지의 산란계감시시스템 개발. 충남대학교 박사 논문.
37. 第一養鷄機具製造所 카탈로그.
38. 천인국, 윤영택. 1999. 영상처리 기초편. 紀翰齋.
39. 최태현, 황헌. 1999. 인터넷을 이용한 건표고 등급선별장치의 원격제어 및 관리 시스템 개발. 한국농업기계학회지. 24(3): 267-274.
40. 하영호외 3인. 1998. 디지털 영상처리. 도서출판 그린.
41. 한국농업기계학회 편. 1998. 농업기계한드북. 문운당.
42. 황영상, 김 활. 2002. 무선 LAN 바이블. 도서출판 세화.

43. Ahmed, M. 1995. Image processing. McGraw-Hill, Inc.
44. American veterinary medical association. 1980. Poultry diseases and meat hygiene: a color atlas. American veterinary medical association 210(2).
45. ASAE Standards, 50th Ed. 2003. Las Vegas, MI: ASAE.
46. Bato, P. M., M. Nagata, Q. Cao, B. P. Shrestha, and R. Nakashima. 1999. Strawberry sorting using machine vision. ASAE Paper No. 993162. St. Joseph, Mich.: ASAE.
47. Cao, Q., M. Nagata, H. Wang, and P. M. Bato. 1999. Orientation and shape extraction of strawberry by color image processing. ASAE Paper No. 993131. St. Joseph, Mich.: ASAE.
48. Chang, D. I. 1989. The Automation technology for the livestock management. Kor. Anim. Nutr. Feed. 13(2): 117-124(In Korean).
49. Chang, D.I. S.S. Lim, S.Y. Zheng, S.J. Lee. 2005. Development of image processing technique for monitoring of layer rearing. ASAE Paper no. 053119.
50. Chang, D. I., Y. I. Lim, H. H. Chang, J. T. Lim. 1999. Identification of discrimination factors for a pig weighting system using image processing data. KISTI 5(2): 93-100(In Korean).
51. 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(In Korean).
52. Chao. K, Y. R. Chen, H. Early, B. Park. 1999. Color image classification systems for poultry viscera inspection. Applied Engineering in Agriculture 15(4): 363-369.
53. Chellappa, R. and Alexander A. Sawchuk. 1983. Digital image processing and analysis: volume 1: digital image processing. IEEE computer society.
54. Chen, Y. R., K. Chao., W. R. Hruschka. 2002. On-line automated inspection of poultry carcasses by machine vision. Proceeding of the world congress of computers in agriculture and natural resources: 78-85. Iguacu Falls, Brazil.
55. Cho, H. K. and H. K. Song. 1994. Extraction of geometric and color features in the tobacco-leaf by computer vision. J. of KSAM 19(4): 380-396(In Korean).

56. Choi, K., G. Lee, Y. J. Han, and J. M. Bun. 1995. Tomato maturity evaluation using color image analysis. *Transactions of the ASAE* 38(1): 171-176.
57. Dhia Alchalabi. 2003. Environmental management of the poultry house. *Poultry International*. Vol. 42, No.3: 26-30.
58. Figueiredo, 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, Ontario, Canada.: CSAE.
59. Figueiredo, G. F., T. W. Dickson, E. R. Benson, G. L. Van Wicklen and N. Gedamu. 2003. Development of a machine vision based poultry behavior analysis system. *ASAE Paper No. 033083*. Vegas, Nev.: ASAE.
60. Freeman, H. 1998. *Machine vision—algorithms, architectures and systems*. New York Academic Press.
61. Hall, G. M. 1991. *Image processing: a management perspective*. McGraw-Hill, Inc.
62. Hamrita, T. K. and B. Mitchell. 1999. Poultry environment and production control and optimization - a summary of where we are and where we want to go. *Transactions of the ASAE* 42(2): 479-483.
63. Howarth, M. S., and S. W. Searcy. 1989. Algorithms for grading of carrot by machine vision. *ASAE Paper No. 897502*. St. Joseph, Mich.: ASAE.
64. Huang, J., Y. Li, M. F. Slavik, Y. Tao, and G. R. Huff. 1999. Identification and enumeration of salmonella on sample slides of poultry carcass wash using image analysis with fluorescent microscopy. *Transactions of the ASAE* 42(1): 267-273.
65. Huang, X, Y., S. H. Wu., R. M. Fang. and J. R. Cai. 2000. Research on application of computer vision in identifying rice embryo. *Transactions of CSAM* 31(1): 62-65(In Chinese).
66. Hwang, H. and C. H. Lee. 1996. Development of a prototype automatic sorting system for dried oak mushrooms. *J. of KSAM* 21(4): 414-421(In Korean).
67. Jordan, F. T. W. 2001. *Poultry diseases*. W. B. Saunders.
68. Khalid, S. F. 2000. *LabWindows/CVI programming for beginners*. Prentice-Hall, Inc.
69. Kim, C. S., C. H. Lee, S. J. Park and M. H. Kim. 1998. Automatic grading

- algorithm for white ginseng. J. of KSAM 23(6): 607-614(In Korean).
70. Kim, C. S. and J. Y. Lee. 1997. Computer vision system for automatic grading of ginseng. Proceedings of the KSAM 1997 Winter Conference 2(1): 401-408(In Korean).
 71. Kim. Y., P. P. Ling. 2001. Machine vision guided sensor positioning system for leaf temperature assessment. Transactions of the ASAE 44(6): 1941-1947.
 72. Laykin, S., V. Alchanatics, E. Fallik, Y. Edan. 2002. Image-processing algorithms for tomato classification. Transactions of the ASAE 45(3): 851-858.
 73. Lee, C. H., S. H. Lee, H. Hwang. 2001. Automatic lean tissue generation of carcass beef via color computer vision. ASAE Paper No. 01-6122. Sac, CA.: ASAE.
 74. Lee, J. W. 2002. Development of computer vision system for individual recognition and feature information of cow (I): individual recognition using the speckle pattern of cow. J. of KSAM 27(2): 151-160(In Korean).
 75. Liao, K., Z. Li, J. F. Reid, M. R. Paulsen, and B. Ni. 1992. Knowledge-based color discrimination of corn kernels. ASAE Paper No. 92-3579. St. Joseph, Mich: ASAE.
 76. Lu, R., Y. R. Chen, B. Park, and K. H. Choi. 1999. Hyperspectral imaging for detecting bruises in apples. ASAE Paper No. 993120, ASAE, St. Joseph, MI.
 77. Luo, X. W., Y. G. Ou, X. C. Zhou. Livestock and poultry production in China. ASAE Paper No. 03BEA-06, ASAE, Las Vegas, NV.: ASAE.
 78. Miller, B. K. and M. J. Delwiche. 1989. A color vision system for peach grading. Transaction of the ASAE 32(4): 1484-1490.
 79. Mitchell, B. W. 1999. Distributed LonWorks control and monitoring system for environment and security. Transactions of the ASAE 15(4): 345-350.
 80. Moreng, R. E. and John S. Avens. 1985. Poultry science and production. Reston publishing company, Inc.
 81. National Instruments, Inc. 2004. The measurement and automation catalog 2004.
 82. Ng, H. F., W. F. Wilcke, R. V. Morey, J. P. Laang. 1998. Machine vision evaluation of corn kernel mechanical and mold damage. Transactions of the ASAE 41(2): 415-420.

83. Noh, S. H., K. H. Ryu. and I. W. Kim. 1990. Measurement of geometrical characteristics of fruit by image processing system. *J. of KSAM* 15(1): 23-27(In Korean).
84. Ohura, M. and Y. K. Peng. 1998. Construction of silkworm rearing environment automatic control system by personal computer. *The J. of Seric. Sci. Jpn.* 67(3): 231-236.
85. Park, B. S., K. C. Lawrence, W. R. Windham. 2001. Hyperspectral imaging for detecting fecal and ingesta contamination on poultry carcasses. ASAE Paper No. 013130. Sac, CA.: ASAE.
86. Peliand, T. and D. Malah. 1982. A study of edge detection algorithms. *Computer graphics and image processing*. 20: 1-21.
87. Peng, Y. and M. Uhrua. 2000. Remote automated environmental control system for insect production. *Applied engineering in agriculture* 16(6): 715-721.
88. Poultry INTERNATIONAL magazine. Around the world-Worldwide, Thailand, Malaysia, Philippines, China, India, Poland. *Poultry international* 42(8): 4-8.
89. Sarkar, N. and R. R. Wolfe. 1985. Feature extraction technique for sorting tomatoes by computer vision. *Transactions of the ASAE* 28(3): 970-979.
90. Sarker, N. and R. R. Wolfe. 1985. Computer vision based system for quality separation of fresh market tomatoes. *Transactions of the ASAE* 28(5): 1714-1718.
91. Schofield, C. P. 1990. An evaluation of image analysis as a means of estimating the weight of pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research* 47: 287-296.
92. Sergeant, D., R. Boyle and M. Forbes. 1998. Computer visual tracking of poultry. *Computers and electronics in Agriculture* 21:1-18.
93. Sid-Ahmed, M. A. 1995. *Image processing: theory, algorithm, and architectures*. R. R. Donnelly & Sons Company.
94. Son, J. R., K. H. Choi, K. J. Lee, D. S. Choi and G. Y. Kim. 2002. X-ray image processing for the Korea red ginseng inner hole detection (I). *J. of KSAM* 27(4): 341-348(In Korean).
95. Steenoek, L. W., M. K. Misra, C. R. Hurburgh Jr. and C. J. Bern. 2001.

- Implementing a computer vision system for corn kernel damage evaluation. *Applied engineering in agriculture* 17(2): 235-240.
96. Tao, Y., and Z. Wen. 1999. An adaptive spherical image transform for high-speed fruit defect detection. *Transactions of the ASAE* 42(1): 241-246.
 97. Tao, Y., P. H. Heinemann, Z. Varghese, C. T. Morrow, and H. J. Sommer III. 1995. Machine vision for color inspection of potatoes and apples. *Transactions of the ASAE* 38(5): 1555-1561.
 98. Wounters, P., R. Geers, G. Parduyns, K. Goossens, B. Truyen, V. Goedseels and E. Van der Studyft. 1990. Image analysis parameters as inputs for automatic environmental temperature control in the piglets houses. *Computer and Electronics in Agriculture* 5: 233-246.
 99. Xiang, H. T., J. Q. Zheng and H. P. Zhou. 2003. Machine vision technology for indoor simulated tree image acquisition and recognition. ASAE Paper No. 035013, ASAE, Las Vegas, NV.: ASAE.
 100. Xin, H., J. A. Deshazer and D. W. Lager. 1989. Pig vocalization under selected husbandry practices. *Transactions of the ASAE* 32(6): 2181-2184.
 101. Yanagi, T., Jr., H. Xin, R. S. Gates. 2002. Optimization of partial surface wetting to cool caged laying hens. *Transactions of the ASAE* 45(4): 1091-1100.
 102. Zayas, I., H. Converse, and J. L. Steels. 1990. Discrimination of whole from broken corn kernels with image analysis. *Transactions of the ASAE* 33(5): 1642-1646.
 103. Zion, B. and M. Lev. 1996. Weighting flowers as an alternative method for sorting by visual appearance. *Journal of Agricultural Engineering Research* 65(4): 325-334.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.