

최 중
연구보고서

닭고기 개체관리를 위한 온라인 도계
품질등급 자동화 설비 개발 및 안정성
확보를 위한 검사기술 연구

Development of On-line Quality Grading
Automation System for Individual Chicken
Carcass Management And Inspection
Technology for the safety Assurance

연구기관

성균관대학교

농림부

농림자료실



0012980

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “닭고기 개체관리를 위한 온라인 도계 품질등급 자동화 설비 개발 및 안전성 확보를 위한 검사기술 연구의 최종보고서로 제출합니다.

2007 년 5 월 24 일

주관연구기관명 : 성균관대학교

총괄연구책임자 : 황 현

연 구 원 : 김 영 길

연 구 원 : 김 시 찬

연 구 원 : 임 동 혁

연 구 원 : 조 성 호

연 구 원 : 최 선

연 구 원 : Le Thanh Hai

연 구 원 : Le Ngoc Huan

연 구 원 : 장 성 우

연 구 원 : 이 정 우

연 구 원 : 김 정 희

연 구 원 : 유 동 인

연 구 원 : 서 천 권

연 구 원 : 심 재 응

요 약 문

I. 제 목

닭고기 개체관리를 위한 온라인 도계 품질등급 자동화 설비개발 및 안전성 확보를 위한 검사기술 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

거세지는 국내 농축산물 시장의 개방 압력은 국내에서 생산되는 농축산물의 상품 경쟁력 강화를 더욱 더 절실히 요구하고 있다. 1차 농축산물 및 2차 가공품에 대한 품질선별 및 규격화를 통하여 수입 농축산물과의 품질 및 유통체계를 차별화함으로써 국내 농축산물을 고부가치화 하여 수익증대를 유도할 필요가 있다. 또한 국외수출 시장의 확보를 위해서도 국내 농축산물의 품질 규격화를 통하여 유통 체계를 합리화하고 소비자의 고품질 구매욕구와 선택 구매욕을 만족시킬 수 있어야 한다.

농축산물의 품질규격화를 위해서는 기술적으로 해결해야 할 여러 가지 문제들이 있으나, 근본적으로 품질제어를 위한 생력화 시스템의 개발과 상품의 품질을 보전하는 기술의 개발과 같은 요소 기술에 대한 기술적 해결이 선행되어야 한다. 품질의 규격화를 위한 생력화 시스템 기술의 확보는 농축산 관련 산업이 갖는 노동 특성(즉 3-D 업종으로서 육체 노동의 피로도, 불균일한 노동 투입시간, 인체에 유해하거나 청결치 못한 노동 작업 환경 등 열악한 노동의 질 및 환경)을 극복하고, 나아가서 노동력 감소와 인건비 상승 등으로 산업 경쟁력을 점차 상실하고 있는 농축산 관련 산업의 경쟁력을 회복하기 위해서 필수 불가결하다.

품질생력화 시스템을 구축하기 위해서는 대상 농축산물의 품질 요소를 정량적으로 획득할 수 있는 기술을 확보하여야 하며 품질 규격에 따라 자동으로 선별할 수 있는

시스템의 개발이 필요하다. 그 동안 기술적 어려움으로 인력에 의존하여 왔던 품질 검사 및 선별 공정을 자동화하는 기술의 개발은 농축산 관련 산업의 생산성 제고를 위해서 그 필요성이 심각하게 대두되고 있다. 농축산물 등 생물자원을 다루는 분야에 있어서 자동화를 통하여 생산성을 향상시키고, 상품의 규격화를 통하여 상품의 질적 우위를 확보하려는 움직임은 세계적으로 다양한 연구 및 기술개발을 통하여 활발하게 추진되고 있다.

농축산물의 품질을 자동으로 계측하여 등급을 나누어 선별하는 시스템을 구축하기 위해서는 대상체의 상품성을 유지하는 것이 필수적이다. 상품성의 유지를 위해서는 비파괴적 계측 기술이 요구되며 병든 대상체로부터 정상적인 대상체가 2차적으로 감염되는 것을 막기 위해서는 비접촉 계측 기술이 필요하다. 비접촉 비파괴 방식에 의하여 농축산물의 외관 및 내부 품질을 검색하는 기술은 농축산물의 품질 등급화는 물론 고품질화를 유도하고 생산품의 고부가가치화에 기여하게 된다. 특히, 유통질서의 체계화와 합리화를 도모하고 관련 공정의 자동화를 추진하는데 기반이 되는 기술이다.

향후 국내 농축산물의 매매 및 유통구조는 세계적인 추세에 맞추어 감성적인 주관적 판단에 의거한 매매 및 유통구조로부터 농축산물의 물성 계측을 통하여 정량화된 객관적인 품질 정보를 개체별 또는 단위 그룹별로 명시하여 유통하는 구조로 변환하게 될 것이다. 컴퓨터 시각기술은 작업자의 시각 기능을 대체할 수 있는 기술로써 응용의 범위가 크고 기술적 파급효과가 큰 기술이라 하겠다.

오늘날 국민소득의 증가와 더불어 소비수준이 올라감에 따라 국민 개개인의 식성도 고급화되고 있다. 이와 맞물려 육류중에서도 닭고기에 대한 가격 경쟁력 및 영양학적 우수성이 알려지면서 닭고기에 대한 수요가 증가하고 이에 따라 국내에서 닭과 관련된 사업 시장도 그 규모가 매우 커지고 있다. 닭고기에 대한 수요가 증가하고 관련시장이 커짐에 따라 대량생산체계가 필요해지고 소비경향이 “양”에서 “질” 위주로 전환되어 고급육의 선호도가 높아졌으며 닭고기의 수입이 개방됨에 따라 외국산 닭고기에 대응하기 위하여 품질이 우수한 국내산 고기생산이 요구되고 있고 닭고

기의 품질에 대한 객관적인 판별기준을 필요로 하게 되었다.

축산물 등급 판정소에서는 2003년 3월에 닭 도체에 대한 품질판정세부기준을 정하고 현재 닭고기 관련 업체 세 곳(체리부로, 목우촌, 하림)과 함께 닭 도체 등급판정 시범사업을 실시하고 있다.

이와 같이 닭 도체에 대한 등급판정기준을 정하려 하는 것은 바람직한 현상이다. 하지만 이 품질판정기준이 시범사업을 거쳐 확정되더라도 논의할 문제점은 아직도 남아있다. 벌크포장의 경우는 표본추출형식이라 많은 물량의 경우라도 별다른 문제가 없겠으나 포장 가공육이나 소비자를 대상으로 하는 개체포장을 하는데 있어서는 고시한 바와 같이 전수 판정을 필요로 한다는 점에서 문제가 발생할 수 있다.

현재 국내 닭 관련 주요업체들은, 닭의 도계에서 가공에 이르는 일련의 과정이 연속적으로 연결되어 있고 모두 기계화 되어 있어서, 생계가 닭고기 제품으로 포장되어 나오기까지의 공정이 매우 신속하게 진행된다. 그런데 닭 도체에 대한 등급판정 기준에 나와 있는 항목들을 일일이 판정사가 판정하려 한다면, 다수의 판정사가 확보되어야 할뿐더러 판정을 위한 시간이 따로 소요되고, 가공시스템의 도체 처리속도에는 큰 영향을 미치게 된다. 뿐만 아니라, 도체와의 접촉으로 인한 품질저하도 우려된다.

따라서 많은 수의 판정사를 대신하여, 판정기준항목별로 판별함과 동시에 가공시스템의 빠른 처리속도를 유지할 수 있는 비파괴 닭 도체 품질판정시스템을 고안하게 되었다.

본 연구의 대상품목인 닭고기의 경우, 쇠고기 및 돼지고기에 비해 가격 경쟁력이 높고 영양학적으로 우수하여 전 세계적으로 소비가 증가하는 추세로서, 지난해 전 세계 육류 중 소비량이 가장 많이 늘어난 품목이다.

닭고기의 경우, 2001년 7월부터 일일 도계수가 50,000수 이상의 도계장에서는 법적으로 HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point)가 요구되고 있다. 이는 가축의 사육·도축·가공·유통의 과정에서 축산식품의 위생에 해로운 영향을 미칠 수 있는 위해요소를 분석하고, 이러한 위해요소를 방지·제거하거나 안전성을 확보할 수 있는 단계에 중요 관리 기준을 부과하여 국민건강을 보호하고자 하는 것이다.

이를 위해서는 가공라인의 닭고기에 대한 품질 전수검사가 필수적이라 할 수 있다. 온라인 도계 품질등급 자동화 설비의 개발과 개체관리 추적 시스템은 이러한 전수 품질검사의 기반이 되는 핵심기술이다.

현재 닭고기의 계열주체 생산 유통물량은 45% 수준이며, 나머지는 상인 중심으로 유통되고 있는 실정이다. 따라서 닭고기 등급제의 시행에 따라 포장 및 규격화를 촉진하기 위해서라도 닭고기의 품질선별 및 규격화 그리고 개체관리 추적 시스템을 통하여 품질 및 유통체계를 수입 농축산물과 차별화한다면, 국내 닭고기의 고부가가치화, 브랜드화를 촉진하고 안전성을 확보하여 국민건강 증진에 기여할 수 있다.

이러한 필요성을 바탕으로 본 과제의 연구 목적을 다음과 같이 설정하였다.

최종 목표 : 닭고기 개체관리를 위한 온라인 도계 품질등급 자동화 설비개발 및 안전성 확보를 위한 검사기술 연구

본 연구의 목적은 도계의 선별 작업장에서 즉시 활용할 수 있는 시스템 제작을 목적으로 이송되는 닭 도체의 외관 품질 정보와 형상 정보를 자동으로 측정할 수 있는 시스템을 개발하고자 함에 있다

1. 컴퓨터 시각기술을 이용해서, 색이 고르고 균일한 할로겐 조명을 닭 도체에 투사하였을 때 반사되는 색을 검출, 분석한다. 분석된 결과를 바탕으로 색도에 따른 닭 도체의 품질과의 상관관계를 규명하여 품질정보를 측정하는 알고리즘을 개발한다.

2. 외형정보에서 색, 질감 등이 변하는 Edge를 검출하여 배경과 대상체간의 Edge를 제외한 나머지 부분에 대해 닭 도체에 이물질 부착이나 외상(골절, 변색 등)이 있을 경우의 특이점을 구분하여 선별할 수 있는 알고리즘을 개발한다.
3. 닭 도체의 이송장치에 컴퓨터 시각과 다평면 레이저 구조광을 투사하여 형상면위로부터 변이량과 깊이정보와 상관 관계를 규명하며, 깊이정보와 2차원 영상좌표계의 좌표를 3차원 기준좌표로 변환하는 알고리즘을 개발한다.
4. 본 연구의 최종목표는 비접촉 비파괴적 방법에 의하여 품질 규격화에 의한 등급별 출하를 할 수 있는 온라인 도계 품질등급 자동판정 선별시스템 개발 및 안전성 평가 관련 기초기술과 개체관리 기술을 연구하는 것이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 과제에서 다루고자 하는 연구 개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 본 연구과제는 닭 도체를 대상으로 한다. 이 연구를 통해 비접촉 비파괴적 방법을 통하여 품질 규격화에 따른 등급별 출하가 가능한 온라인 도계 품질등급 자동판정 선별시스템 개발 및 안전성 평가 관련 기초기술과 개체관리 요소 기술을 연구 개발한다.
2. 샤클 구동 컨트롤러, 영상획득 장치, RFID를 이용한 닭 도체 객체 정보 저장 기술 등의 모듈라 타입 단위 시스템과 조명장치 등을 개발한다.
3. 본 연구는 경제성과 적정 작업기능성에 바탕을 둔 닭 도체 가공라인에서 닭 도체의 품질등급을 실시간으로 계측하고 선별하며 개체를 관리하는 기술 및 시스템의 개발연구를 수행한다.
4. 본 연구에서 개발하고자 하는 온라인 도계 품질등급 자동판정 선별시스템은 현장에 설치하여 시험 운영하는 것을 목적으로 하고 있으며, 개발 시스템의 기능은 다음과 같다.
 - 1) 품질등급 판정 및 선별 속도: 초당 2수.
 - 2) 외관 품질등급 정확도: 3등급 95% 이상.
 - 3) 중량등급은 9호~14호 등급 판별.
 - 4) 품질등급 정량화를 위한 검색 인자: 도체의 외형인자. 도체외관의 손상정도, 내장에 의한 도체 표면의 오염정도, 잔털 및 깃털의 부착정도, 변색 및 종양, 도체의 부피 등.
 - 5) 다중 칼라카메라, 레이저 구조광, 근적외 카메라, 레이저 스캐너를 이용한 실시간 영상처리 기능.
 - 6) 공기 냉각기를 부착한 내열 기능의 Polarizer 텅스텐 할로겐 조명시스템.

- 7) 사용자 친화형 시스템 제어 모듈.
- 8) 등급규격 조정기능.
- 9) RFID에 의한 개체관리 및 추적 기능.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서는 닭고기 가공 작업에 적용 가능한 닭 도체 생산에 있어서 새로운 개념의 다기능 원격 제어 자동화 시스템을 개발하였다. 그리고 제안된 시스템을 이용하여 닭 도체의 지속적인 변화가 일어나는 가공 공정 과정에서 실질적으로 실현 가능한 방법을 제시 하였다. 레이저 구조광을 이용한 닭 도체의 3차원 형상 정보를 추출하는 것은 대단히 어려우며, 닭 도체의 외형정보를 이용하여 등급을 자동화 하는 과정에 많은 시간을 필요로 한다. 작업장에서 행해지는 닭 도체 등급을 자동화하기 위해서는 닭 도체의 부피를 중량으로 환산하는 방법, 닭 도체에서 추출한 외형정보가 무엇보다 중요하다.

이 연구로부터 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 닭 도체의 외형적 특성을 고려하여 특징점을 추출, 그 점들을 연결하여 닭 도체의 외형을 컴퓨터가 인식할 수 있도록 도형화 하였다.
2. 컴퓨터 시각과 레이저 구조광을 이용한 닭 도체의 높이변화에 따른 레이저 구조광의 형상변이로부터 화소 이동량을 측정하고 이를 이용하여 높이를 추출할 수 있는 상관관계식을 정립하였다.
3. 닭 도체의 품질 정보에 따른 RFID을 이용한 닭 도체의 개체관리 시스템을 구축하여 도계 가공 시 품질과 안정성을 결정하는 주요 인자를 설정하여 실시간으로 정량화 계측하여 개개 도체의 정보를 저장 관리하는 기술을 개발하였다.
4. 직접적인 작업교시가 가능한 터치패드 스크린 형태의 인터페이스가 개발되었다. 작업지시, 등급규격 조정기능 사용자 친화적 GUI에 의거한 소프트웨어 모듈을 개발하였다.

5. 데이터 및 통신 프로토콜 제어, 시스템 제어를 위한 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하였다.

이 연구에서는 닭 도체의 등급판정 시스템에서 GUI 작업이 가능하도록 개발되었다. 개발된 시스템은 닭 도체 3차원 형상정보를 자동으로 측정할 수 있는 시스템, RFID를 이용한 닭 도체 등급 저장 모듈, 등급판정 알고리즘이 개발되었다.

컴퓨터 시각기술을 이용하여 레이저 구조광이 닭도체에 투사 될 때 나타나는 형상변이를 검출하여 변이량과 높이정보와의 상관관계를 규명함으로써 3차원 형상정보를 측정하였다.

닭 도체의 크기나 모양, 상처와 같은 형상 인식을 위하여 칼라카메라가 사용되었다. 이 시스템은 터치 패드 스크린 형태의 GUI 인터페이스를 통해 작업자, 컴퓨터 및 RFID 무선통신을 하게 된다. 이 개발된 시스템은 닭 도체의 부피를 이용한 중량 환산, 닭 도체의 외형 판별 등의 닭 도체 품질 등급에서 요구되는 대부분의 작업을 자동화를 위해 사용될 것이다.

개발된 시스템은 선택된 시험 조건하에서 실시간 처리 가능성, 자동화된 닭 도체의 인식, 다양한 작업 환경에 대한 적용 가능성을 보였다. 이 연구는 3차원 영상 구현, 품질 등급판정 데이터베이스 구축 등에 연계된 식품 등급 판정에 깊은 연관을 갖는다.

향후 개발된 시스템을 사용화하기 위해서는 닭 도체의 3차원 영상 구축과 외형정보 판정에 필요한 기계적인 시스템을 지속적인 연구를 통해 성능을 시험하고 수정보완하는 연구가 필요하다.

SUMMARY

I . Title

On-line chicken carcasses quality grade automation equipment development for chicken individual administration and examination technology research for safety security

II . Purpose

Opening pressure of strong domestic agricultural and stock breeding products market requires goods competitive power reinforcement of agricultural and stock breeding products that is produced in domestic still more urgently. Through quality sorting and normalization for the first agricultural and stock breeding products and the second manufactured goods quality with income agricultural and stock breeding products and circulation system because to be higher value of domestic agricultural and stock breeding products differentiation profit enlargement derive need to .Also, must be able to rationalize circulation system through quality normalization of domestic agricultural and stock breeding products for security of outside the country export market and satisfy consumer's high quality purchase desire and selection customer's interest.

There are various kinds problems that must solve technologically for quality normalization of agricultural and stock breeding products, but technological solution about element technology such as development of automation system for quality control and development of technology that preserve quality of goods should be gone ahead fundamentally. automation systems techniques for normalization of quality recovers competitive power of agriculture and stockbreeding related industry that is overcoming labor special quality (this is as 3 - D types of business fatigue of physical work, labor medication time that do

fire uniformity, quality and surrounding of heat wicked fellow labor such as labor working environment that is not noxious or clean in human body) of agriculture and stockbreeding related industry, and lose industry competitive power gradually by labor power decrease and personnel expenses rise etc. furthermore, essential is indispensable.

Need development of system that must secure technology that can acquire quality element of target agricultural and stock breeding products as quantitative to construct automation of quality system and can select automatically according to specifications.

The necessity of development of technology that computerize quality examination and sorting process recently had depended on human strength by technological difficulty is risen for productivity raising of agriculture and stockbreeding related industry seriously. Improve productivity through automation in field that handle biomass such as agricultural and stock breeding products, and motion to secure qualitative high position of goods through normalization of goods is propeled vigorously through various research and technical development worldwide.

It is essential that measure quality of agricultural and stock breeding products automatically and keep commercial value of chicken carcass to construct system that select dividing grade. Measure technology need non-contact measure technology to be required and prevents that normal chicken carcass catches as secondary from sick chicken carcass nondestructiveness for preservation of commercial value. Technology that search external appearance of agricultural and stock breeding products and interior quality by non-contact nondestructiveness way derives quality grade of agricultural and stock breeding products as well as high quality and is contributed at higher value of product. Specially, is technology that plan systematization and rationalization at distribution order and

becomes base to propel robotization of connection process.

Buying and selling and distribution structure of domestic agricultural and stock breeding products may change to structure that circulate quantification through properties of matter measure of agricultural and stock breeding products clarifying done objective quality information by individual or unit group from buying and selling and distribution structure that conform in sensitive subjective judgment depending on universal trend hereafter. Dimension of application is big as technology that computer sight technology can alternate worker's sight function and technological ripple effect will say as big technology.

According as consumption level rises along with increase of national income today, people's each person's taste upgrade. As price competitive power and esteemed nutrition excellency for chicken are informed among flesh and meat to bite each other with this, demand for chicken increases and accordingly in domestic business market connected with the scale very grow. According as is need and consumption tendency is converted by "Quality" putting first in "Quantity" and preference degree of high class chicken rose mass production system according as demand for chicken increases and connection market grows and income of chicken is opened, meat production that quality lives the superior interior to correspond to imported chicken was required and need objective distinction standard about quality of chicken.

Is deciding quality decision details standard for chicken carcass at March, 2003 in stock raising grade decision small and execute chicken carcass grade decision setting an example business with chicken connection company three place (Mokuchon, Harim, Cherrybro) present.

It is desirable phenomenon that try to decide grade decision standard for

chicken carcass thus. However, even if this quality decision standard is ascertained via setting an example business, problem to discuss remains yet. Cases of much amount of materials will no be alternative problem sampling form of bulk case but as examine doing individual package that do to package processing chicken or consumer, problem can happen in point that need whole finding.

Present domestic connection main companies, process until series process of processing appears because living is wrapped by chicken product because is linked consecutively and is mechanized all from chicken carcass is proceeded very rapidly. By the way, if decision persons will decide items that come out in grade decision standard for chicken carcass one by one, time for decision is cost apart many decision should be defined, and the chicken carcass processing speed of processing system exerts big effect. As well as, is worried even if do quality deterioration by contact with chicken carcass.

Instead of decision persons of large number hereupon, devised nondestructiveness chicken carcass quality decision system that can keep the fast processing speed of processing system at the same time that distinguish by decision standard item.

Is item that expenditure of all over the world flesh and meat increases most last year as trend that price competitive power is high than beef and pig in case of chicken which is target item of this research and consumption increases worldwide because is superior by science of nutrition.

In the case of chicken, number of slaughterhouse requires HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) by legal in chicken carcass beyond 50,000 numbers day since July, 2001. This analyzes d and injury constituent that can

affect harmful hygiene of stock raising food at process of breeding of the domestic animals·slaughter·processing·circulation, and wish to prevent and remove these d and injury element or impose importance administration standard in step that can secure safety and protect people health.

Can do that quality whole examination for chicken of processing line is essential for this. Development of on-line chicken carcass quality grade automation equipment and individual administration chase system are point technology that become these whole quality examination's base.

Being order subject production circulation amount of materials 45% level of present chicken, remainder is real condition that is circulated to merchant center. Therefore, serve to promote package and normalization according to chicken grade enforcement quality sorting and normalization of chicken and quality through individual administration chase system and circulation system if do income agricultural and stock breeding products and differentiation promote obit A value anger, brand anger of domestic chicken and secure safety and contribute in people health promotion can.

With these necessity, established research purpose of subject that see as following.

Last target : On-line chicken carcass quality grade automation equipment development for chicken individual administration and examination technology research for safety security

Purpose of this research wished to develop system that can measure external appearance quality information of chicken carcass and shape information that is transfered for system manufacture that can utilize immediately in sorting job site

of chicken carcass automatically.

1. Taking advantage of computer sight technology color uniform and equal halogen lifesaving in chicken carcass project and detect and analyze reflected color. Examine closely corelation with quality of chicken carcass by chromaticity with construed result and develop algorithm that measure quality information.
2. Excepting Edge between background and chicken carcass detecting Edge that color, the feel of material etc.. changes in external form information, divide peculiarity of in case is this material sticking or trauma (bone fracture, change of color etc..) in chicken carcass about part and develop algorithm that can select.
3. Examine closely interrelation with the change amount and depth information from shape displacement projecting computer sight and multilevel laser structure light to do this chicken carcass, and develop algorithm that convert depth information and coordinate of 2 dimensions reflex coordinate system to third dimension standard coordinate.
4. Last target of this research studies on-line chicken carcass quality grade automatic decision sorting system development and safety estimation connection basis technology and individual administration technology that can do grade shipping by quality normalization by method non-contact nondestructiveness.

III . Research and Development substance and sphere

Substance and sphere of research and development that wish to handle in this subject are as following.

1. This research task does to chicken carcass. study and develop on-line chicken carcass quality grade automatic decision sorting system development and safety estimation connection basis technology and individual administration element technology that can do grade shipping by quality normalization by non-contact destructive method through this research.
2. Develop do module la type unit system and illumination device of chicken carcass object information save technology etc.. that use Syakeul drive controller, reflex acquisition device, RFID.
3. This research measures quality grade of chicken carcass by real time in chicken carcass processing line that base economic performance and optimum work ability and selects and achieves description and development research of system that manage individual.
4. On-line chicken carcass quality grade automatic decision sorting system that wish to develop in this research is doing by purpose that administer test establishing in spot and function of development system is as following.

1) quality grade decision and the sorting speed : two chickens for second.

2) external appearance quality grade accuracy : More than 3 grades 95% .

3) weight grade 9~14 grade distinction .

4) search factor for quality grade quantification : External form of chicken carcass. damage, a pollution level of chicken carcass outer skin by internal

organs, of chicken carcass external appearance fine hairs and about sticking of feather, change of color and tumor, bulk of chicken carcass etc.. .

- 5) laser structure light, NIR camera, real time image processing function that use laser scanner multiplex color camera .
- 6) Polarizer tungsten halogen lighting system of heatproof function that fix air cooler .
- 7) user friendship style system control module .
- 8) grade standard control function .
- 9) individual administration and chase function by RFID

IV. Proposal about Research and Development result and practical use

Developed multi-function remote control automation system of new concept in chicken carcass production that application is possible in chicken processing work in this research. Continuous change presented realizable method substantially in chicken carcass process that happen by proposed system. It need much times in process that is very difficult, and computerize grade using external form information of chicken carcass that draw third dimension shape information of chicken carcass that use laser structure light. External form information that draw in method, chicken carcass that convert bulk of chicken carcass by weight to computerize chicken carcass grade that is held in job site is important first of all.

Result that is neted from this research is as following.

1. Consider special quality external form of chicken carcass and played characteristic point penal servitude that computer can recognize external form of chicken carcass connecting abstraction, points.
2. Established corelation that can measure the elemental area transfer amount and use this and draw height from shape change of laser structure light by height change of chicken carcass that use computer sight and laser structure light.
3. Because measuring quantification by real time establishing main factor which decide quality and stability at chicken carcass processing constructing individual administration system of chicken carcass that use RFID by quality information of chicken carcass, store information of oen by one chicken carcass and developed technology that manage.

4. Interface of touch pad screen form that direct work instruction is available was developed. Developed software module that conform to work direction, grade standard control function user eco-friendly GUI.
5. Developed data and communication protocols control, hardware for system control and software.

Was developed so that GUI work may be available in grade decision system of chicken carcass in this research. System that can measure chicken carcass third dimension shape information automatically, chicken carcass grade save module that use RFID, grade decision algorithm of developed system were developed.

By detect shape change that show when laser structure light is projected to chicken carcass taking advantage of computer sight technology and examine closely correlation with the change amount and height information, measured third dimension shape information.

Color camera used for shape awareness such as size or shape of chicken carcass, damage. This system does worker through GUI interface of touch pad screen form, computer and RFID radio communication. Most work that system that this develop is required in weight conversion, chicken carcass quality grade of external form distinction and so on of chicken carcass that use bulk of chicken carcass for automation use .

Developed system showed application possibility about real-time processing possibility, awareness of automatic chicken carcass, various working environment under selected examination condition. This research has deep lead pipe in food grade decision that associate in third dimension reflex embodiment, quality grade decision database construction etc.

Need research that mechanical system that need third dimension reflex construction of chicken carcass and external form information decision to make use of system that is developed hereafter tests performance through continuous research and supplement correction.

CONTENTS

Section I. Summary Research	28
Chapter 1. Purpose	28
1. Final Purpose	28
2. Detail Purpose of Research	28
3. Necessity of Research	29
Section II. State of Research Foreign and Domestic	34
Chapter 1. State of Arts Foreign and Domestic	34
1. State of Arts - Domestic	34
2. State of Arts - Foreign	34
3. Prospect of Research	35
Section III. Contents and Result	36
Chapter 1. Breeds of Chicken carcass and Standards of Evaluation	36
1. Charicter of Breeds of Chicken carcass	36
2. Detail Standards of Evaluation	37
3. Doultry Process and Processing Arts	42
Chapter 2. Automatic Grading System for Chicken Carcass	45

1. Automatic Grading System for Chicken Carcass	45
2. Structure of Grading	46
Chapter 3. Information Storing RFID System	54
1. Functional Principal of RFID System	54
2. Components of Hardware	56
3. Components of Software	67
4. Results of RFID Control System Application	72
Chapter 4. Image Processing System	74
1. Construction of 3D Image Processing System and Development of Image Processing Algorithm	74
2. Result of 3D Information Measurement	110
3. Result of Shape Information Extraction Image Processing Algorithm	117
4. Result of Weight Measurement	139
5. Data Construction Using Image Information	148
Section IV. Accomplishment and Contribution to Relative Field	154
Chapter 1. Aim of Research and the Point Aimed at Evaluation	154
Chapter 2. Accomplishment	155
Chapter 3. Contribution to Relative Field	156
Section V. Application Plan Using Result of Research	158

Chapter 1. Necessarity of additional Research	158
Chapter 2. Application to Other Study	159
Chapter 3. Enterprise Promotion Plan	162
1. Automatic Control Technique	162
2. Machine Vision	162
3. Information Processing and Artificial Intelligence	162
Section VI. Collected Foreign Technology Information During Research	164
Chapter 1. Foreign Technology Status	164
1. Foreign Scholarly Monographs	164
2. Foreign Technology Status	165
Chapter 2. Foreign and Domestic Scholarly Monographs	167
1. Domestic Scholarly Monographs	167
2. Domestic Technology Status	167
Section VII. Reference	168
< Appendix >	173

제 1 장 연구개발과제의 개요	28
제 1 절 연구목표	28
1. 최종 연구 목표	28
2. 연구 개발 세부 목표	28
3. 연구 개발의 필요성	29
제 2 장 국내외 기술개발 현황	34
제 1 절 국내외 기술 현황	34
1. 국내 기술 현황	34
2. 국외 기술 현황	34
3. 향후 전망	35
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	36
제 1 절 닭 도체 품종 및 등급 판정 기준	36
1. 닭 도체 품종 특성	36
2. 닭도체 등급판정 세부기준	37
3. 가금육 가공과 제품기술	42
제 2 절 닭도체 품질등급 자동화 설비 시스템	45
1. 닭 도체 품질등급 자동화 설비 시스템	45
2. 닭 도체 품질 등급 시스템 구조	46

제 3 절 정보저장 RFID 시스템	54
1. RFID 시스템의 작동 원리	54
2. 하드웨어 구성 요소	56
3. 소프트웨어 구성 요소	67
4. RFID 제어 시스템 적용 결과	72
제 4 절 영상처리 시스템	74
1. 3D 영상처리 시스템 구축 및 영상처리 알고리즘 개발	74
2. 닭 도체 3차원 정보 측정 결과	110
3. 닭 도체 외형 정보 추출 영상처리 알고리즘 결과	117
4. 닭 도체 중량 측정 결과	139
5. 영상정보를 이용한 데이터베이스 구축	148
제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도	154
제 1 절 연도별 연구목표 및 평가의 착안점	154
제 2 절 목표달성도	155
제 3 절 관련분야 기여도	156
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	158
제 1 절 추가연구의 필요성	158
제 2 절 타 연구에의 응용	159

제 3 절 기업화 추진방안	162
1. 자동제어 기술	162
2. 기계시각	162
3. 정보처리와 인공지능	162
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	164
제 1 절 국외 개발현황	164
1. 국외 학술논문	164
2. 해외 기술 현황	165
제 2 절 국내외 학술논문	167
1. 국내 학술논문	167
2. 국내 기술 현황	167
제 7 장 참고문헌	168
< 부록 >	173

제1장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구목표

1. 최종 연구 목표

**실시간 온라인 도계 품질 판정 자동화 및 개체 추적
생산관리 시스템 개발**

2. 연구 개발 세부 목표

가. 본 연구에서는 도계 가공라인 현장 설비를 모방한 이송속도 조절이 가능한 도계 이송 선별 시스템을 구축하고 도계 이송시 감지신호에 따라 카메라 영상을 획득하는 시스템 구축, 그리고 레이저 구조광과 2차원 컴퓨터 투영영상을 이용하여 가공라인에서 샤클에 매달려 초당 2수씩 움직이는 닭을 대상으로 3차원 영상정보를 실시간으로 자동 측정할 수 있는 시스템을 개발 하고자 한다.

나. 방습기능의 다중영상처리시스템과 시스템 제어기 설치 및 외관 품질관련 인자 및 비정상 닭 표시자 추출 기술 개발 및 성능실험 하고자 한다.

다. 인식·판단 기술의 개발, 원격조작에 의한 무인 작업 기술 개발과 영상정보에 의거한 사용자 친환경 통합 시스템관리 모듈과 품질정보 추출에 따른 개체 관리 시스템 개발을 개발하고자 한다.

- 1) 개체별 외형정보와 중량 정보를 획득하기 위한 영상획득 시스템을 구축하고 터치패드 인터페이스를 이용한 국부 정보처리기술을 개발한다.
- 2) 작업 기능 및 조작성과 내구성 그리고 효율성을 고려한 샤클 이동시스템을 설계·제작, 레이저 구조광을 이용한 3차원 영상정보 획득, 닭 도체의 품질등급 정보 저장 등 작업공정별 모듈형 작업 장치를 개발하였다.
- 3) 작업지시 제어 및 작업 구동 소프트웨어 개발과 터치 패드를 이용한 원격 작업관리 및 제어에 요구되는 단위 작업별 프로그래밍 소프트웨어 개발하고 단위 설비 간의 인터페이스를 구축한다.

3. 연구 개발의 필요성

현재 계속적으로 증가하는 닭고기 수요로 인하여 닭고기 품질의 등급화는 국민 건강과 닭 관련 산업 발전에 필수적인 과제이다. 축산물 등급 판정소에서도 이 점을 알고 많은 투자와 홍보를 통하여 현재 대량 닭고기 생산업체들에게 등급판정기준에 따른 등급판정을 유도하고 있다. 허나 대량생산체제를 갖추고 있는 관련업체의 경우를 보았을 때 인력등급판정은, 첫째로 생산속도를 떨어뜨리고, 둘째로 등급 판정사를 고용하는 비용의 증가로 인하여 인력등급판정보다는 기계등급 판정시스템이 구축되기를 희망하고 있다.

본 연구의 대상품목인 닭고기의 경우, 쇠고기 및 돼지고기에 비해 가격 경쟁력이 높고 영양학적으로 우수하여 전 세계적으로 소비가 증가하는 추세이며, 지난해 전 세계 육류 중 소비량이 가장 많이 늘어난 품목이다.

유엔식량농업기구(FAO)의 통계에 의하면 지난 40년 동안 쇠고기와 돼지고기 생산량은 각각 2배와 4배정도 증가하는데 반하여 세계 닭고기 생산은 약 8배가량 증가하였다.

<Table 1> Outturn of chicken in the world(1,000M/T)

구분	1962	1972	1982	1992	2002
소고기	29,203	38,542	45,899	53,014	57,711
돼지고기	26,050	40,620	53,195	72,921	93,624
닭고기	7,880	14,654	25,194	38,915	61,892
칠면조	813	1,410	2,183	4,035	5,192
가공류	9,194	16,824	28,451	45,257	72,238
총계	74,466	107,537	140,347	187,449	242,630

미국에서는 닭고기나 칠면조와 같은 가금육의 소비가 과거 20~30년 사이에 급격히 증가하여서 1990년대 초반 이후로 미국인들의 육류 섭취비용 중 닭고기 소비의 비중이 가장 높은 1위를 차지하였다. 1970년과 2000년 사이에 1인당 소비된 쇠고기는 약 10kg이상 감소하였고, 돼지고기의 경우 변화가 없었던 반면에 1인당 소비된 닭고기의 경우 2배 이상 증가한 것을 알 수 있다. 2000년에 소비된 가금류 약 46kg 중에서 약 38kg은 닭고기였고, 육류 중 가장 높은 비율을 차지하였다. 소비된 닭고기 약 38kg 중에서 약 20kg은 백색육 이었고 약 18kg 정도는 적색육 이었다. 1970년대의 경우 닭고기의 60%정도는 생닭 형태로 판매, 유통되었고 30%정도는 부분육으로, 겨우 10%미만이 가공육으로 사용되었으나 최근 30년 사이에 가금육을 이용하는 방법에 있어 급격히 변화가 이어왔다는 것을 알 수 있다.

2000년의 경우에는 닭고기의 오직 10%만이 생닭 형태로 판매, 유통되었고 50%정도는 부분육으로, 40%가량이 가공육으로 사용되었다는 것을 알 수 있다. 닭고기 유통분야에 있어서도 마찬가지로 많은 변화가 있었는데 1970년대에는 일반 시료품 소매점 형태의 유통이 주를 이루었으나 2000년대에는 대형 식품유통업체 형태가 주를 이루게 되었다. 시장에서는 수출의 중요성 또한 최근 30년 사이에 끊임없이 성장했고, 2000년에는 미국에서 생산된 닭고기의 약 14~15%가 해외로 수출되었다.

농림부에 따르면 우리나라 국민의 1인당 쇠고기 소비량은 2001년 8.1kg에서 2002년 8.5kg으로 0.4kg 증가하였으며, 닭고기 소비량은 2001년 7.3kg에서 2002년에는 8.0kg으로 0.7kg 늘어났다.

닭고기의 경우, 2001년 7월부터 일일 도계수가 50,000수 이상의 도계장에서는 법적으로 HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point)가 요구되고 있다. HACCP는 가축의 사육·도축·가공·유통의 과정에서 축산식품의 위생에 해로운 영향을 미칠 수 있는 위해요소를 분석하고, 이러한 위해요소를 방지·제거하거나 안전성을 확보할 수 있는 단계에 중요 관리 기준을 부과하여 국민건강을 보호하고자 하는 것이다.

이를 위해서는 가공라인의 닭고기에 대한 품질 전수검사가 필수적이며 온라인 도계 품질등급 자동화 설비의 개발과 개체관리 추적 시스템은 이러한 전수 품질검사의 기반이 되는 핵심기술이다.

현재 닭고기의 계열 주체 생산 유통물량은 45% 수준이며, 나머지는 상인 중심으로 유통되고 있는 실정이다. 따라서 닭고기 등급제의 시행에 따라 포장 및 규격화를 촉진하기 위해서라도 닭고기의 품질선별 및 규격화 그리고 개체관리 추적 시스템을 통하여 품질 및 유통체계를 수입 농축산물과 차별화함으로써 국내 닭고기의 고부가가치화, 브랜드화를 촉진하고 안전성을 확보하여 국민건강 증진에 기여할 수 있다.

가. 기술적 측면

- 1) 식품의 체계적 과학적 처리 및 관리 법률인 HACCP(Hazard analysis Critical Control Point)에 의하여 국민 식생활을 보호하기 위해서는 가공 닭고기의 전수검사가 필수적이거나, 초당 2수 이상씩 이송 처리되는 닭고기의 품질을 검사하고 선별할 수 있는 시스템 기술이 개발되어 있지 않기 때문에 아직은 샘플링에 의한 수작업 검사에 의존하고 있다.
- 2) 닭고기의 품질등급화를 위한 생력화 시스템의 구축을 위해서는 상품성을 유지하면서 품질정보를 정량적으로 획득한 후 종합적으로 분석하여 품질규격을 결정할 수 있는 기술을 확보되어야 하며, 등급별로 자동 전수 선별 및 개체관리 시스템의 개발이 필요하다.

- 3) 상품성의 유지를 위해서는 비파괴 계측기술이 요구되며, 병든 대상체로부터 정상적인 대상체가 2차적으로 감염되는 것을 막기 위해서는 비접촉 계측기술의 개발이 필요하다. 특히, 온라인 도계 품질등급 자동화에 의한 개체관리 설비는 닭고기 유통질서의 체계화와 합리화를 도모하고 HACCP에 의거한 닭고기 전수 검사공정의 자동화를 추진하는데 기반이 되는 기술이다.

나. 경제·산업적 측면

- 1) 향후, 닭고기의 유통구조는 세계적인 추세에 맞추어 주관적 판단에 의거한 매매 및 유통구조로부터 품질과 관련된 물성계측을 통하여 객관적인 정량화 품질정보를 개체별 또는 단위 그룹별로 명시하여 유통하는 구조로 변하게 될 것이다.
- 2) 품질의 규격화 및 개체관리 생력화 시스템 및 기술의 확보를 통하여 열악한 노동 여건을 극복할 수 있다.
- 3) 노동력 감소와 인건비 상승 등으로 산업경쟁력을 점차 상실하고 있는 닭고기를 비롯한 농축산 관련 산업의 경쟁력을 회복하기 위해서는 품질 규격화 및 개체관리에 의한 안전성 확보가 필수 불가결 하다.
- 4) 비접촉, 비파괴 방식에 의하여 닭 도체의 외관 및 내부품질을 검색하여 닭고기의 품질등급을 자동화하는 시스템과 이를 통한 개체관리 시스템은 닭고기의 고품질화를 유도하고 고부가가치화에 기여하며 유통구조의 혁신적 개선에 기여할 것이다.

다. 사회·문화적 측면

- 1) 국내의 경우, 소, 돼지, 계란은 현재 등급제가 시행되고 있으며, 닭고기의 등급제는 법규에 의해 정부 시책으로 수년 내에 추진할 예정으로 있다.

- 2) 유통 닭고기에 대한 품질등급제와 개체관리를 시행함으로써 국내산 닭고기에 대한 소비자 신뢰도를 제고하고 국민건강에 기여하게 된다.
- 3) 국내산 닭고기 및 농축산물의 소비를 촉진시키고 국민건강을 보호하기 위해서는 닭고기 유통구조의 개선과 아울러 유통 닭고기의 품질 규격화와 개체관리를 통한 국내산과 수입산 닭고기의 차별화가 필수적이고, 닭고기를 비롯한 국내 농축산물에 대한 품질 규격화 유통 및 안전성 확보를 통하여 유통체계를 합리화하고 소비자의 고품질 구매욕구와 선택 구매욕을 충족시켜야 할 것이다.

향후 국내 닭고기의 매매 및 유통구조는 대형 할인점을 중심으로 하는 유통구조로 급속히 재편될 것이며 육계의 경우 브랜드화를 통한 상품성 제고가 가속화 될 것이다.

따라서, 세계적 추세에 맞추어 정성적이고 감성적인 주관적 판단에 의거한 매매 및 유통구조로부터 닭고기의 품질과 관련한 물성계측을 통하여 정량화된 객관적인 품질을 추출하고 급속히 발전하고 있는 정보화 기술 (IT: Information Technology) 을 바탕으로 닭고기의 품질정보를 개체별 또는 단위 그룹별로 명시하여 유통하는 구조로 변환하게 될 것이다.

제2장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내외 기술 현황

국내 유통 농축산물의 품질 규격화를 통하여 생산성을 향상시키고 상품의 질적 우위를 확보하려는 움직임은 미국을 위시한 선진국을 중심으로 다양한 품질계측 기술 및 시스템의 개발을 통하여 활발히 추진되고 있다.

1. 국내 기술 현황

국내의 경우, 닭고기 가공은 대규모 자동 도계가공 설비 (대부분이 수입 설비)를 통하여 시중에 공급되고 있다. 하지만 도계의 품질판별 및 규격화 관련 설비는 전무하며 단지 로드셀을 이용한 중량 선별장치만 설치되어 사용되고 있는 실정이다.

현재는 대부분의 도계 가공업체가 수작업으로 선택적 품질 검사를 하고 있고, 정부에서 닭고기의 품질 등급제를 법규에 의해 수년 내에 실시할 예정으로 있으나 닭고기 가공 유통업체에서 설치하여 사용할 수 있는 온라인 품질 검사 및 안전성 검사 시스템은 전무하며, 국내에서는 본 연구진을 제외하고 닭고기 가공라인에서 도계의 품질등급 선별 자동화와 관련하여 특별하게 연구 실적이 보고 된 바 없다.

2. 국외 기술 현황

미국을 위시한 선진 외국에서는 닭고기 가공공정에 있어서 품질의 규격화와 안전성 확보를 위하여 닭고기 품질검사 시스템 관련 설비연구 및 연구결과의 현장 도입을 적극적으로 추진하고 있는 실정이다.

미국의 경우, 농무부 산하 안전성 검사요원들이 닭고기 가공공정에서 식품으로서의 안전성을 확보하기 위하여 생산되는 닭고기의 전량에 대하여 수작업으로 정상 닭의 여부를 판별하는 전수 검사를 최종적으로 실시하고 있고, 미국 농무부 산하 벨츠빌 연구소와 러셀연구소 그리고 조지아 대학 주도 하에 닭고기 가공 관련 식품안전

성 확보를 위한 연구가 10여년 전 부터 활발히 추진되어 왔다. 하지만, 연구결과를 이용한 상용화 설비는 아직 없으며, 일부 연구결과를 실험실 수준의 설비로 제작하여 현장 적응시험을 수행하고 있다.

미국의 연구개발은 주로 닭고기 가공공정에 있어서 식품안전성 확보를 목적으로 하고 있으며, 현재까지는 근적외 반사 스펙트럼을 도계 가공라인에서 실시간으로 획득하고 이들 스펙트럼을 분석하여 비정상 닭을 추출하는 연구를 수행하였다. 더불어 다분광(Multispectral) 영상시스템 그리고 초분광(Hyperspectral)영상시스템을 이용한 오염물질 검출연구를 수행하고 있다.

캐나다에서는 다수의 칼라 카메라를 설치하여 닭고기의 내장과 닭고기 표면의 이물질 오염여부를 검색하는 시스템을 개발하여 사용하고 있다.

3. 향후 전망

향후 국내 닭고기의 매매 및 유통구조는 대형 할인점을 중심으로 하는 유통구조로 급속히 재편될 것이며 육계의 경우 브랜드화를 통한 상품성 제고가 가속화 될 것이다. 따라서 세계적 추세에 맞추어 정성적이고 감성적인 주관적 판단에 의거한 매매 및 유통구조로부터 닭고기의 품질과 관련한 물성계측을 통하여 정량화된 객관적인 품질을 추출하고 급속히 발전하고 있는 정보화 기술 (IT: Information Technology) 을 바탕으로 닭고기의 품질정보를 개체별 또는 단위 그룹별로 명시하여 유통하는 구조로 변환하게 될 것이다.

특히, 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 널리 보급될 것으로 보이며, 이러한 추세에 맞추어 소비자가 구매 장소에서 닭고기의 품질 및 생산정보를 바로 인터넷을 통하여 검색할 수 있게 되고 더불어 유통 경로를 추적할 수 있는 유통 정보화 시스템으로의 전환이 구현될 것이다.

이러한 혁신적 유통구조의 변화에 대처하기 위해서는 닭고기 가공라인에서 품질정보를 규격화하고 공정상의 안전성을 담보할 수 있는 생력화 시스템의 개발이 절실하게 요구될 것이다.

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 닭 도체 품종 및 등급 판정 기준

1. 닭 도체 품종 특성

닭의 품종은 용도별로 달걀 생산을 주목적으로 하는 난용종, 고기 생산을 주목적으로 하는 육용종, 고기와 달걀 생산을 주목적으로 하는 난육겸용종, 애완동물로 기르기 위한 애완 종으로 나뉜다. 난용종은 알을 많이 낳은 대신 고기질과 양이 떨어지고, 육용종은 고기의 질과 양은 뛰어나나 알을 낳는 능력이 떨어진다. 난육겸용종은 두 가지 특성을 고루 갖춘 종으로서 미국의 뉴 햄프셔종, 영국의 서섹스종, 오스트레일리아의 오스트랄로프종이 대표적인 품종이다. 애완 종에는 보통 밴텀(bantam)이라 불리는 소형 개량종이 많으며 샴모와 같은 싸움닭도 이 품종에 속한다.

닭고기를 얻기 위한 육용종 품종에는 다음과 같은 것들이 있다.

가. 코니시종: 영국 원산이다. 암수의 체형이 비슷한데, 깃털이 튼튼하며 날개와 정강이의 길이가 짧고 가슴이 딱 벌어져 있다. 꽁지는 밑으로 처져 있다. 내종으로 암색 코시니종, 백색 코시니종 등이 있으며, 백색 코시니종은 다른 육용종 품종의 번식용 수탉으로 많이 이용된다. 표준 체중은 암컷이 3.6kg 수컷이 4.8kg이고 알을 처음 낳는 나이는 200일, 연간 산란 수는 100~120개, 알 무게는 60g이다.

나. 브라마종: 인도 원산으로 닭 중에서 가장 무겁다. 성질이 온순하고 체질이 강건하며 성장속도가 느리다. 깃털은 담색과 은색의 2종류가 있고 벗은 장미빛이며 부리와 피부는 노란색이다. 표준 체중은 암컷이 4.5kg 수컷이 5.4kg 이고 알을 처음 낳는 나이는 210~240일, 연간 산란 수 110~120개, 알을 잘 품는다.

2. 닭 도체 등급판정 세부기준

축산물 등급 판정소에서 정한 닭 도체 등급판정 세부기준에 따르면 닭 도체의 품질등급판정을 함에 있어 개체포장용 닭 도체는 전수 판정방법 즉, 닭 도체를 한 마리씩 개체별로 등급 판정하는 방법을 적용한다고 한다.

세부항목으로는 좋은 외형과 질병의 흔적에 의해 도체외관의 손상여부를 보는 외관, 가슴과 다리 부위 등에 고기의 부피에 대한 항목인 살붙임, 피부의 지방층 발달량을 측정하는 지방부착, 표피에 뽑히지 않은 깃털을 측정하는 잔털, 깃털, 피부색의 좋고 나쁨, 피부 광택 및 육질의 탄력성 등을 측정할 신선도, 피부에 상처로 인해 노출된 부위가 있는지를 판가름하는 외상, 피부의 멍·상처로 인한 응혈과 같이 원래 피부색이 아닌 부위를 측정하는 항목으로 닭의 크기에 따라 조금씩 다른 기준을 가지고 있는 변색, 골절 및 탈골된 부위를 점검하는 뼈의 상태, 이물질이 붙어있는지를 검사하는 이물질 부착, 기분 나쁜 악취의 여부를 판가름하는 냄새 그리고 기본적으로 도체과정에서 머리와 다리의 무릎 관절 부위 및 허파, 식도, 기도, 모래주머니 등의 내장의 제거 상태와 위 내용물, 분변, 혈액, 담즙에 의한 오염 여부를 판별하는 도체처리가 있다.

위의 각 항목별 등급판정을 위한 품질기준은 표 3-1에 자세히 나와 있다. 단, 이 기준은 확정된 것이 아니라 시범사업을 위한 일시적인 기준이라는 점을 명시하고자 한다.

<Table 3-1> An itemized Quality standard of Chicken carcass

항목	품질 기준						
	A급		B급		C급		
외 관	날개, 등뼈, 가슴뼈 및 다리가 굽지 않고 좋은 외형과 피부병 등 질병의 흔적에 의해 도체외관의 손상이 없는 것		날개, 등뼈, 가슴뼈 및 다리가 외관을 손상시키지 않는 범위에서 약간 휘거나 피부병 등 질병의 흔적에 의해 도체외관의 손상이 약간 있는 것		날개, 등뼈, 가슴뼈 및 다리가 비정상적으로 휘거나 피부병 등 질병의 흔적에 의해 도체외관의 손상이 많이 있는 것		
살붙임	충분한 착육성을 지니며 특히 가슴과 다리에 고기의 부착이 잘 된 것		보통의 착육성을 지니며 특히 가슴과 다리에 고기의 부착이 보통 인 것		빈약한 착육성을 지니며 가슴과 다리에 고기의 부착이 적은 것		
지방부착	피부의 지방층이 매우 잘 발달된 것		피부의 지방층이 충분히 발달된 것		피부의 지방층이 빈약한 것		
잔털, 깃털	깃털은 아래의 허용기준치를 넘어서는 안되며 약간의 잔털이 있다. -길이 1cm 이하의 깃털 2개 이하		깃털은 아래의 허용기준치를 넘어서는 안되며 잔털이 일부분만 피겨있다. -길이 1cm 이하의 깃털 4개 이하		깃털은 아래의 허용기준치를 넘어서는 안되며 잔털이 넓게 고루 피겨있다. -길이 1cm 이하의 깃털 6개 이하		
신선도	피부색이 좋고 광택이 있으며 육질의 탄력성이 있다.		피부색, 광택 및 육질의 탄력성이 보통이다.		피부색이 불량하고 광택이 없으며 육질의 탄력성도 없다.		
외 상	피부가 상처로 인해 노출된 살이 가슴과 다리부위에는 없어야 하고, 기타 부위는 노출된 살의 총면적의 지름이 2cm를 초과해서는 안 된다.		피부가 상처로 인해 노출된 살이 가슴과 다리부위에는 없어야 하고, 기타 부위는 노출된 살의 총면적의 지름이 4cm를 초과해서는 안 된다.		피부가 상처로 인해 노출된 살이 총면적의 지름이 가슴과 다리부위는 2cm, 기타부위는 6cm를 초과해서는 안 된다.		
변 색	가벼운 상처나 멍, 피부의 변색은 허용하나 색이 분명한 것은 총면적에 대해 장축의 지름이 아래의 허용치를 초과해서는 안 된다.		가벼운 상처나 멍, 피부의 변색은 허용하나 색이 분명한 것은 총면적에 대해 장축의 지름이 아래의 허용치를 초과해서는 안 된다.		가벼운 상처나 멍, 피부의 변색은 허용하나 색이 분명한 것은 총면적에 대해 장축의 지름이 아래의 허용치를 초과해서는 안 된다.		
	중량규격	가슴과 다리부위	기타부위	가슴과 다리부위	기타부위	가슴과 다리부위	기타부위
	13호미만	1.5cm	3cm	2.5cm	5cm	3.5cm	7cm
	13호이상	2.5cm	4cm	4cm	6cm	6cm	8cm
	상처로 인한 응혈이 있어서는 안된다						
뼈의 상태	골절 및 탈골된 것이 없어야 한다		골절된 것이 없어야 하고, 1개의 탈골된 뼈는 허용한다		1개이하의 골절 및 2개이하의 탈골은 허용한다.		
이물질 부착	없음		없음		없음		
냄새	이상취 없음		이상취 없음		이상취 없음		
도 체 처 리	머리와 다리의 무릎관절 부위 및 허파, 식도, 기도, 모래주머니 등의 내장이 제거되고 위 내용물, 분변, 혈액, 담즙에 의해 오염되지 않아야 한다.						

이 세부기준 중에서 본 연구에서 처리가 가능하다고 보는 항목은 <표 3-1>에 무늬가 들어가 있지 않은 항목들이다. 그림 3-1-1~3-1-6은 항목별로 불량인 닭 도체 이미지이다.



Fig 3-1-1. Best condition chicken carcass



Fig 3-1-2. Trace of disease

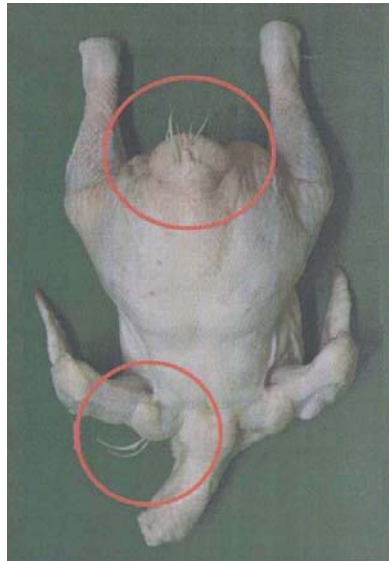


Fig 3-1-3. The case of left feather on the chicken

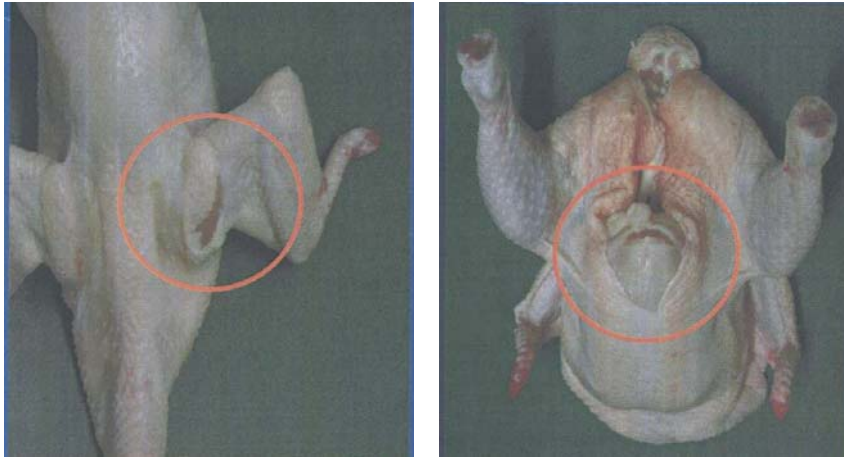
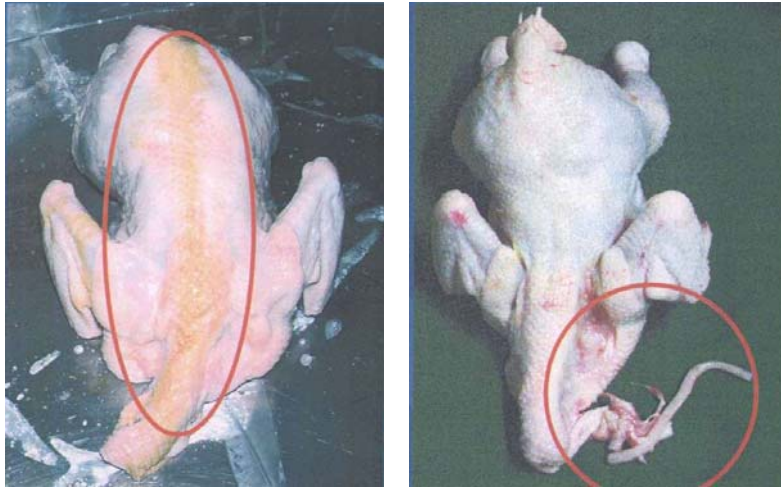


Fig 3-1-4. the case of damage on skin during delirery or slaughter process



Fig 3-1-5. discolored skin due to impact



(a) (b)

Fig 3-1-6. problem while processing,

(a) contamination due to bile, (b) faulty extraction of viscera

이외에 냄새, 살붙임, 지방부착, 신선도 등은 컴퓨터시각 만으로는 검출하기가 어려우므로 본 연구에서는 판정요소에서 제외하였다.

<표 3-2>는 닭 도체 취급업체에서 사용하고 있는 유일한 품질 판정 기준인 닭 도체의 중량규격을 나타낸다. 이 규격은 닭 도체의 품질판정기준 항목 중의 일부에서 참고사항으로도 사용되어진다.

<Table 3-2 > Range of weight in chicken carcass grade

(Unit: g/ea)

구분	5호	6호	7호	8호	9호	10호	11호	12호	13호	14호	15호	16호	17호
중량 범위	451 ~ 550	551 ~ 650	651 ~ 750	751 ~ 850	851 ~ 950	951 ~ 1,050	1,051 ~ 1,150	1,151 ~ 1,250	1,251 ~ 1,350	1,351 ~ 1,450	1,451 ~ 1,550	1,551 ~ 1,650	1,651 이상

<표 3-3>은 닭 도체의 항목별 품질기준 항목을 각각 전수등급판정 방법에 따라 등급을 정하는 기준을 나타낸다.

<Table 3-3> Classification of overall number of chicken

등급	품질평가 결과
1등급	A급의 것이 90%이상이고 C급의 것이 5%이하이어야 함(나머지는 B급)
2등급	B급 이상의 것이 90%이상인 경우(나머지는 C급)
3등급	B급 이상의 것이 90%미만인 경우

3. 가금육 가공과 제품기술

가금육 생산과 가공은 생육을 구이육, 부분육, 그리고 발골육 제품과 같은 다양한 형태로 육제품화 하기 위한 일련의 작업을 말한다.

식품으로서의 가금육에 대한 만족감이나 품질은 주로 근육이 고기로 바뀔 때 나타나는 물리적, 화학적, 구조적인 변화에 따라 달라진다. 즉 가금생산에 있어 사양관리는 근육의 성장, 체 조성, 발달에 영향을 미치지만 도계 전에 생계를 어떻게 다루느냐에 따라 닭고기의 품질과 근육의 변화에 영향을 미친다. 또한 유전, 생리, 질병 뿐 아니라 사료와 물의 공급중단, 포획, 수송, 계류, 이송, 다리걸기, 방혈과 도살과 같은 영향을 끼친다.

사료와 물의 공급중단, 즉, 절식은 도살 중 계육 내 배설물의 오염발생률을 감소시킨다. 도계 전 절수, 절식기간은 소화기관 내용물이 모두 배설될 수 있다면 짧을수록 좋겠지만, 여러 환경 조건들과 관리여건에 따라 달라질 수 있다. 가공 전 가장 적절한 절식 시간은 8~12시간 사이이고, 그 시기가 더 길어졌을 때(13~15시간)는 감량이 심해지고 장기관이 썩거나 내장 적출시간동안 장기관이 찢기는 현상이 더 많이 발생하며, 지육의 오염발생 비율이 증가한다.

도계 전 발생할 수 있는 중요한 몇 가지 문제점들이 있는데, 운송 중에 오는 닭의 폐사율이라든지 포획에서 오는 타박상, 뼈의 골절 혹은 상처등과 같은 신체적인 상해 등이 이에 해당한다. 육계를 출하하기 위해 포획하여 상차시키는 과정에서 발생하는 노동력, 닭의 스트레스 및 닭에 발생하는 손상을 최소화하기 위해서는 기계식 포획기를 사용하는 것도 도움이 된다. 비록 유럽에서는 닭을 채집하는데 포장화 된

포획 공정기를 오래전부터 사용해왔지만 미국에서는 비싼 가격 때문에 사용하지 못했다.

그러나 유럽연합에서 작업자들로부터의 압박, 노동시장의 품귀, 그리고 동물의 복지에 관한 운동 등이 일면서 미국에서도 자동화된 포획기를 사용할 수밖에 없도록 하는 압력에 부딪혔다. 비록 미국에서는 도계 전 닭을 기절시키는 것이 법적 강제조항은 아니지만 도계장에서 무통도살, 일의 효율성 및 품질향상을 위해서 도계 전 기절처리를 실시하고 있다.

기절처리(stunning)는 닭을 죽이기 전 무의식 상태로 만드는 것인데 도계과정에서 오는 버둥질을 줄이고 도계기의 효율성을 향상시키며 닭을 완전히 방혈시키는 데도 도움이 되며 털 뽑기 과정 중에 오는 깃털을 제거하는데도 도움을 준다.

닭을 기절시키는 데에는 전기충격법과 탄산가스 마취법 두 가지가 가장 많이 사용된다. 전기충격법의 경우는 미국에서 가장 많이 사용되며 유럽에서는 전기충격법과 탄산가스 마취법 두 가지 모두 사용된다.

미국과 유럽에서 사용되는 전기충격법의 형태는 다른데 미국의 경우는 10~20초 동안 10~20mA로 기절 시키는데 이것은 목 절단과 방혈기간 동안 닭을 충분히 무의식 상태로 만든다. 대부분의 유럽 연합 국가들의 경우는 법적으로 4~6초 동안 90mA로 기절시키는데 이것은 주로 인도적인 차원에서 닭이 의식을 찾는 것을 방지하게끔 충분히 기절시키기 위해서이다.

그러나 기절처리 정도가 너무 심해지면 뼈가 부러진다는지 동맥과 모세혈관의 과열로 오는 출혈 등과 같은 품질결함이 발생 한다. 고단위 전기충격요법이 필요한 경우, 전기 충격법을 대체할 수 있는 안전요법으로서 가스마취법이 개발되었으며 탄산가스, 아르곤, 그리고 질소가스 등이 사용된다.

<Table 3-4> The Method of blackout and bleeding late by different methods

기절시키는 법	가슴살	가슴살 텐더
가스(CO2)	7.10	3.40
전기	45.75	41.60
No stun	11.85	7.25

방열 후 즉시 도체에 450V로 2초 간격 단속 전류를 15초간 전기 자극을 시키면 숙성시간이 60% 가까이 단축되고 사후강직 과정 중에 오는 화학적인 반응을 빨리 진행시킬 수 있다. 높은 전압으로 도체의 강력한 수축을 통해 기계적 연화작용을 유발시키고, 숙성기간이 단축되어 도체에 필요한 인력, 시간 그리고 에너지를 절감시킨다.

닭고기의 연도증진을 위해서는 내장 적출 후 즉시 지육을 냉각시키는 것이 중요하다. 미국에서는 닭고기 지육의 냉각은 얼음물을 사용하는데 캐나다와 유럽에서는 공냉법이 가장 많이 사용된다.

공냉법은 고기외부표면이 과도하게 건조되지 않게 하면서 고기온도를 낮추기 위해, 도체 주위에 차갑고 습한 공기를 순환시키는 원리이나 수냉법보다 지육온도를 낮추는데에는 덜 효과적이다.

제 2 절 닭도체 품질등급 자동화 설비 시스템

본 연구에서 개발된 시스템의 전체 구성은 레이저 구조광을 사용하여, 움직이는 닭도체의 3차원 형상정보와 외관정보를 측정하는 것이다. 본 연구에서 구축한 실험 장치는 크게 컴퓨터 영상처리 시스템, 레이저 구조광 발생장치, 닭 도체의 이송장치 세 부분으로 나누어진다.

1. 닭 도체 품질등급 자동화 설비 시스템

가. 주요 설계 인자

- 1) 품질등급 판정 및 선별 속도 : 초당 2수.
- 2) 외관 품질등급 정확도 : 3등급 95%이상.
- 3) 중량등급 13등급 중 9호~14호 등급 판별
- 4) 품질 등급 정량화를 위한 검색인자 : 도체의 외형인자, 도체외관의 손상정도, 내장에 의한 도체 표피의 오염정도, 깃털 부착정도, 변색 및 종양, 도체의 부피 등.
- 5) 다중 카메라, 레이저 구조광, 스테레오 카메라를 이용한 실시간 영상처리기능.
- 6) 방습 기능의 영상처리 및 시스템 제어기
- 7) 공기 냉각기를 부착한 내열 기능의 Polarizer 텅스텐 할로젠 조명 시스템
- 8) 사용자 친화적 시스템 제어 모듈.
- 9) 등급규격 조정 기능.
- 10) RFID에 의한 개체관리 및 추적 시스템.

2. 닭 도체 품질 등급 시스템 구조

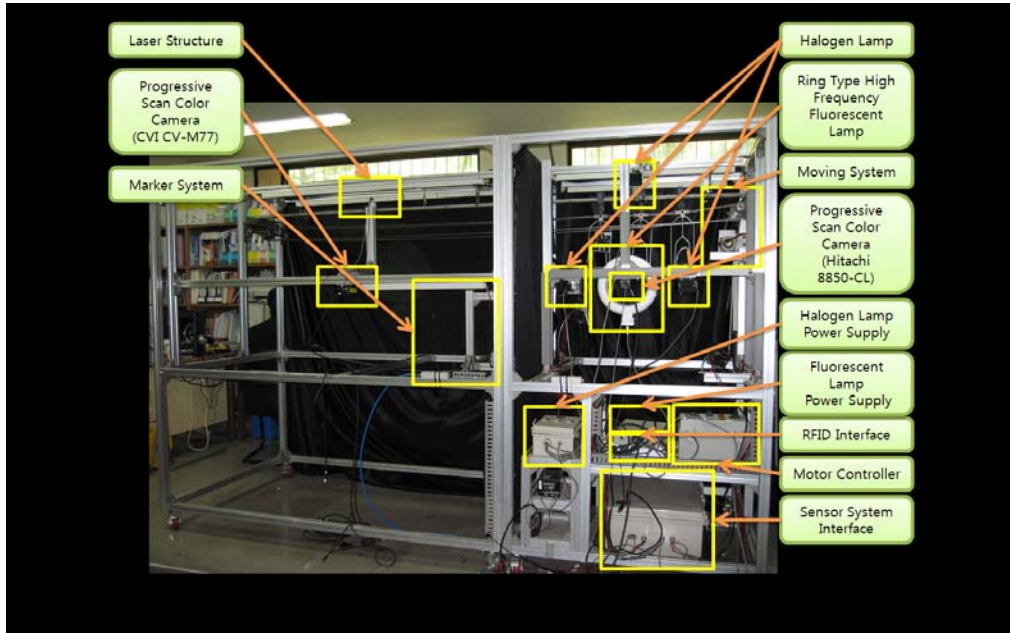


Fig 3-2-1. Chicken carcass grade classification system

본 연구를 위해서 제작한 닭 도체 품질 등급 시스템은 그림 3-2-1와 같으며 그림 오른쪽 부분에서는 닭 도체의 외형정보를 측정하고 왼쪽은 닭 도체의 3차원 프로파일을 획득하는 닭 도체 품질 등급 처리 시스템이다. 시스템의 골격은 알루미늄 프로파일(규격 40×40mm)을 사용하였고, 그림 3-2-2는 외부의 조명을 차단하기 위하여 검은 암막 천을 이용해서 외부에서 들어오는 빛을 차단하였다.



Fig 3-2-2. Chicken carcass grade classification system (darkroom)

가. 구동부

그림 3-2-3, 3-2-4는 소규모의 체인구동 시스템 내에서 샤키에 매달려 움직이는 닭 도체를 촬영하기 위하여 AC모터를 동력으로 하는 체인구동 시스템을 구성하여 체인과 샤키를 연결했다. 그림 3-2-5는 샤키와 닭의 무게를 지지해줄 철재 레일을 장착하였다. 전체 외관은 조립이 용이하고 비교적 가벼운 재료인 알루미늄 프로파일을 사용하여 시스템을 제작하였다.

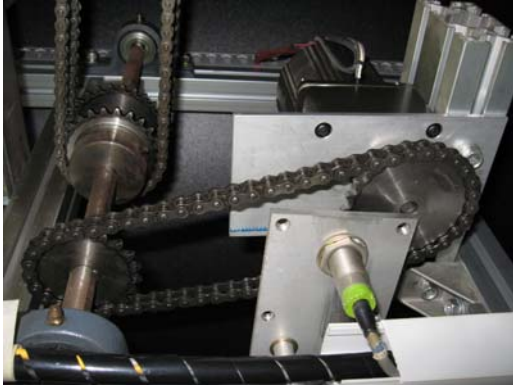


Fig 3-2-3. Structure of actuator (chain and saw)

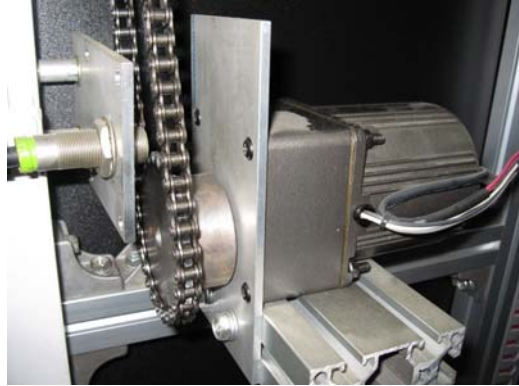


Fig 3-2-4. AC motor

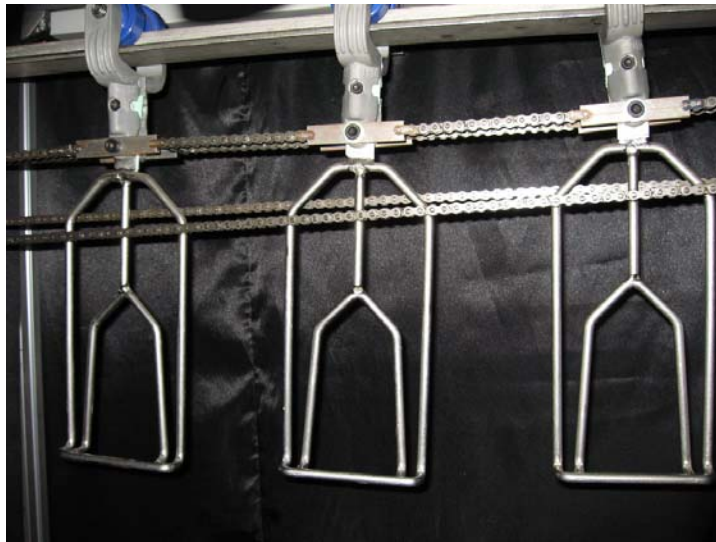


Fig 3-2-5. Chicken carcass transportation system

그림 3-2-6은 닭 도체 품질 등급 시스템 양쪽 끝단에 리미트 스위치 역할을 하는 포토센서를 장착하여 연속적으로 좌우로 샤클이 움직일 수 있게 하였고, 그림 3-2-7은 릴레이를 이용하여 모터의 정·역회전을 구동 하였다. 그림 3-2-8은 TPC37를 이용하여 센서 컨트롤러를 제작하여 모터의 정·역회전 센서 신호와 카메라 트리거 신호를 TPC37 이용하여 RS 232 통신케이블을 통해서 컴퓨터

로 신호가 입력이 된다.

TPC37은 반도체형 PLC로써 프로그램 메모리가 128KByte이고 양방향성 I/O 포트가 40점이 있어 본 연구를 위해 제작된 시스템의 모든 센서의 신호를 받아들여 RS232통신 케이블을 통해서 컴퓨터 송신을 할 수 있는 장점이 있다.



Fig 3-2-6. Photo sensor of change motor direction

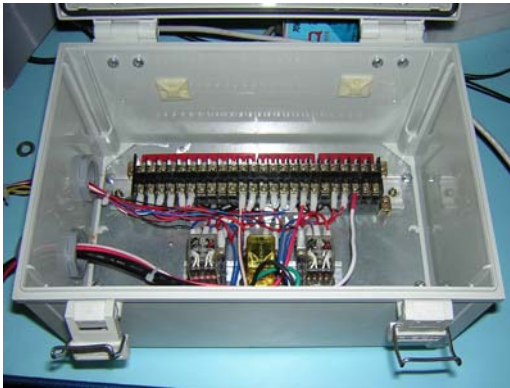


Fig.3-2-7 Motor driving control Box

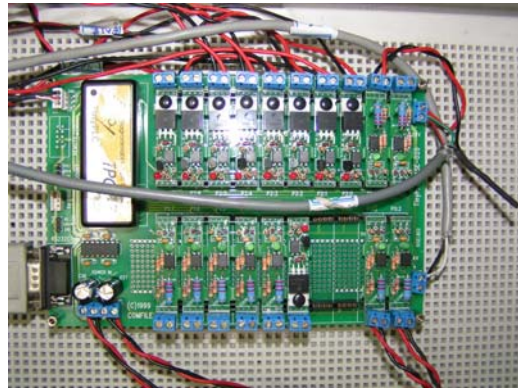


Fig. 3-2-8 sensor control Box

나. 닭 도체 검출 센서

닭 도체를 감지하여 영상처리 시스템부에 동작 신호를 보내주기 위하여 설치한 포토센서는 발광부와 수광부 2개가 1 SET을 이룬다. 그리고 모터의 정·역회

전을 위한 2개의 센서 SET을 부착을 했다. 본 연구에서는 총 3개의 SET을 부착하였는데 시작점에서 1170mm의 지점에 한 개의 BY500 Photo sensor를 부착하고 모터의 정·역회전을 위한 BEN3M-MFR Photo sensor 센서는 각각 시작점의 370mm와 1500mm에 부착을 했다. 그림 3-2-9, 3-2-10에 나타난 모델은 Autonics사의 BY500, BEN3M-MFR 포토센서로서 발광부와 수광부 간 450mm의 거리에 부착하였다. BY500센서의 동작 전원은 12V이고 BEN3M-MFR 센서의 동작전원은 220V이다.



Fig. 3-2-9 BY500 Photo sensor(Autonics).



Fig. 3-2-10 BEN3M-MFR Photo sensor(Autonics).

다. 닭 도체 농장 구별용 마커 시스템

닭 도체의 생산 농장을 알기 위해서는 닭 도체의 표면에 표시를 해야 한다. 그래서 닭 도체 농장 구별용 마커 시스템용으로 그림 3-2-11, 그림 3-2-12와 같이 장치를 만들어 닭 도체의 표면에 자동으로 표시를 하는 장치를 만들었다. 그림 3-2-13은 공압 분배장치이다.

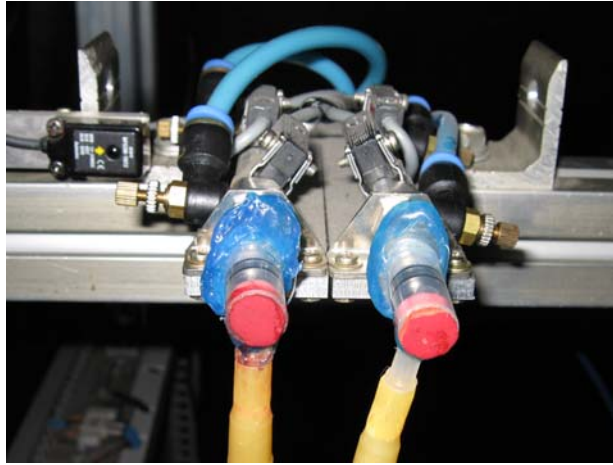


Fig. 3-2-11 Pressure marker system



Fig. 3-2-12 Solenoid valve



Fig. 3-2-13 Pressure division device

그림 3-2-14은 4개의 닭 도체 공급 농장 별 측정 개념도이다. 동작 순서는 작업자가 A농장에서 닭 도체가 들어오면 프로그램 인터페이스에서 A농장을 선택

을 하면 솔레로이드 로드 앞에 있는 센서가 닭 도체가 지나가는 것을 감지하여 솔레로이드가 동작을 한다.



Fig. 3-2-14 classification system in chicken farms

그림 3-3-15는 닭 도체에 마커가 표시된 영상 알고리즘을 적용한 결과 영상이다. 그림 3-2-16은 농장별 닭 도체를 카운트 하는 인터페이스의 메인 프레임이다. 메인 프레임에서 Mode는 농장별로 선택을 할 수 있다.

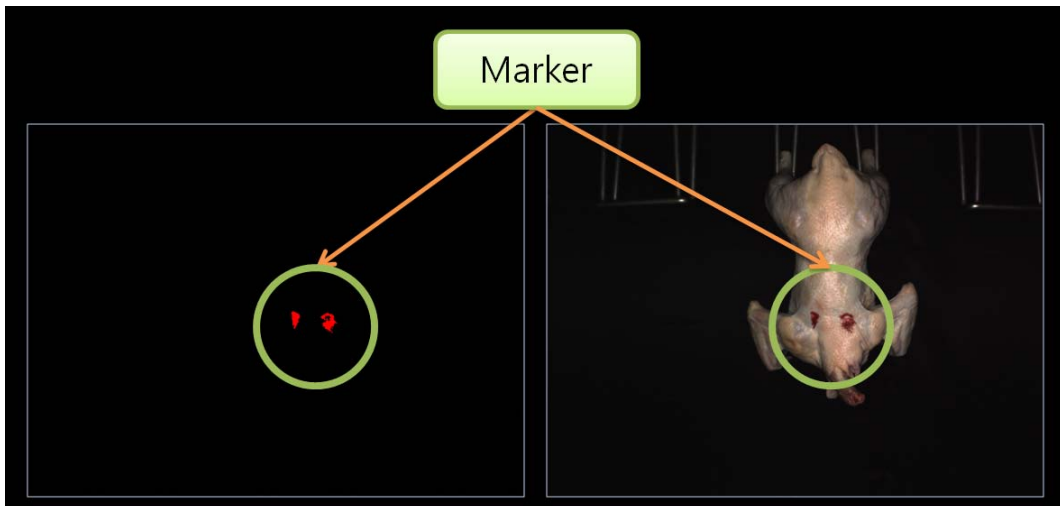


Fig. 3-2-15 Image of mark on chicken carcass

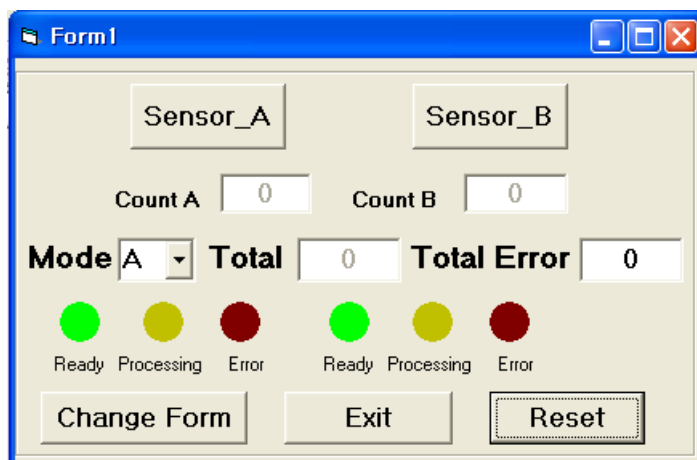


Fig. 3-2-16 Main frame of mark system

제 3 절 정보저장 RFID 시스템

1. RFID 시스템의 작동 원리

RFID는 태그가 부착된 객체가 전송하는 데이터를 통해서 그 객체를 인지하고 식별하는 것이다. 따라서 RFID 시스템은 기본적으로 태그(트랜스폰더)와 리더기(관독기), 안테나(결합장치, coupling device)로 구성된다. 리더기는 일반적으로 호스트 컴퓨터(host computer)와 같이 전송된 태그 데이터를 처리할 수 있는 장치에 연결된다. 호스트 컴퓨터는 주로 규모 있는 기업체 컴퓨터 네트워크의 일부분이며 특별한 경우에는 인터넷에 연결되기도 한다.

이러한 RFID 아키텍처(architecture)의 세 가지 기본 요소는 단순한 것에서 복잡한 것에 이르기까지 모든 종류의 RFID 솔루션에 적용된다. 예를 들어 의류에 RFID 태그를 부착한 상점에서 무단으로 의류를 외부로 가지고 나오면, 리더기가 이러한 태그를 감지하고 알람을 작동시킨다. 더욱 복잡한 RFID시스템으로는 공급망 관리가 있는데, 슈퍼마켓의 창고로 들어오는 시리얼 상자를 담은 팔레트를 감지해서 재고 정보를 갱신하고 그 외의 관련 프로세스를 처리하는 것을 예로 들 수 있다. 즉, 인터넷이나 전자 데이터 교환(EDI, Electric Data Interchange) 연결을 이용하여 결제 처리를 하도록 회계 시스템을 갱신하고 창고 담당자에게 물건을 채우도록 알려주거나 제조사에 제품의 입고를 통보한다.

RFID 작동 원리 중 가장 중요한 요소는 데이터 전송(data transfer)이다. 그림 3-3-1과 같이 데이터 전송은 각각의 안테나를 통해 결합(coupling)이라고 하는 리더기와 태그 사이의 연결에서 발생한다.

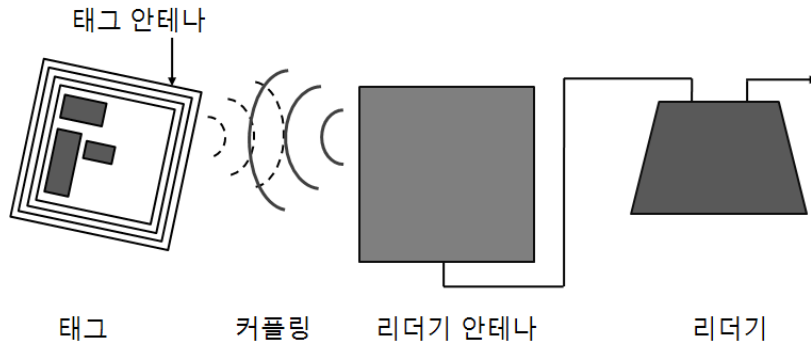


Fig. 3-3-1 Connection between RFID tag, reader and antenna

RFID 시스템의 결합 방식에는 전자파를 이용하는 방식(후방 산란 결합, backscatter)¹⁾과 자장을 이용하는 방식(상호 유도 결합, inductive)²⁾이 있다. 비용, 크기, 전송 속도, 인식 거리, 정확도 같은 응용 분야의 요구 사항에 따라 어떠한 방식으로 결합을 구현할 것인지 결정한다. 예를 들어 상호 유도 방식의 결합을 이용한 RFID 시스템은 일반적으로 인식 거리가 10cm 내외로 짧다. 이 방식을 이용한 시스템은 짧은 인식 거리가 필요한 출입 관리 등의 응용 분야에 사용한다. 즉, 핸드백이나 지갑에 태그를 넣고 문 앞 복도로 걸어온다고 해서 문이 열리는 것이 아니라, 태그를 꺼내 리더기의 짧은 인식 거리로 가져와야만 RFID로 작동하는 문이 열리게 되는 것이다.

태그와 리더기 사이에 통신을 가능하게 해 주는 것이 바로 안테나이다. 태그와 리더기에 각각 안테나가 있다.

RFID 시스템에서 또 다른 중요한 요소는 태그와 리더기 사이의 주파수이다. 전송

1) 후방 산란 결합(backscatter coupling) 방식

- 레이더 기술과 비슷하게 안테나에서 전파를 보내면 태그에서 받아 파워로 사용하는 원리
- 100MHz 이상의 주파수(900MHz, 2.45MHz)대역에 사용
- 금속에는 반사되고 물에는 흡수되는 성질이 있다

2) 상호 안테나 유도 결합(inductive coupling) 방식

- 안테나에서 강한 고주파를 발생시켜 생성된 자기장이 태그의 안테나 코일을 통과함으로써 생기는 전류에 의해 작동하는 원리
- 30MHz 이하의 주파수(125MHz, 134MHz, 13.56MHz)대역에 사용
- 자기장에 금속에 흡수되는 성질이 있다

속도, 정확성, 환경 조건과 같은 응용 분야의 요구 사항에 따라 특정 주파수를 사용하는데, 이러한 주파수는 표준과 법규에 따라 관리된다. 예를 들어 동물 관리를 위한 RFID 시스템은 표준과 법규에 따라 13.5kHz 주파수 대역을 사용한다.

RFID 하드웨어 장치는 객체를 인식하고 데이터를 수집하며, RFID 애플리케이션의 소프트웨어는 태그에서 리더기로, 다시 리더기에서 호스트 컴퓨터로 전달되는 데이터를 관리하고 조작하는 역할을 한다.

그림 3-3-2는 RFID 시스템의 다양한 구성 요소와 상호 관계를 보여준다.

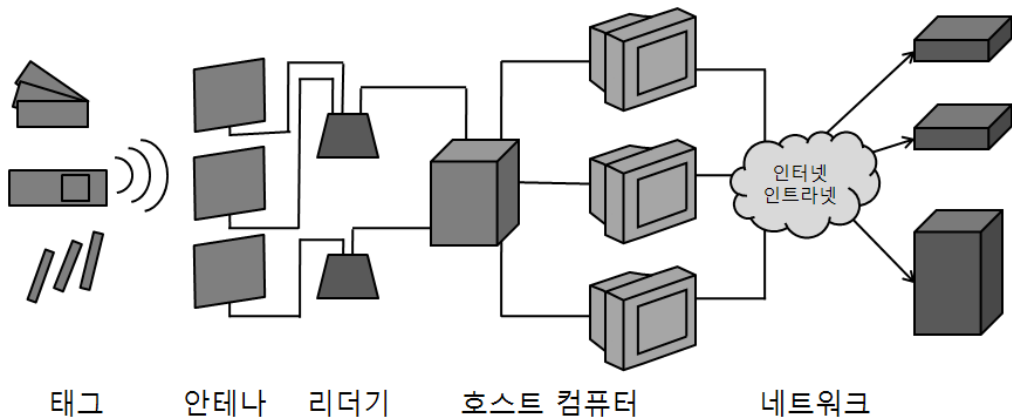


Fig. 3-3-2 RFID system component elements

2. 하드웨어 구성 요소

가. 태그

트랜스폰더(transponder, 송신기와 수신기의 합성어)라고도 하는 태그는 데이터를 저장하고 있다가 리더기의 신호를 받으면 이를 전송한다. 오늘날의 태그는 그림 3-3-3과 같이 마이크로 프로세서 칩이라는 메모리가 내장된 집적회로를 만난다. 물론 칩이 내장되지 않은 태그도 있다. 칩이 없는 태그(chipless tag)는 집적회로가 내장된 태그보다 값이 싸고 정확도가 높으며 인식 거리도 길지만, 단순한 기능만을 필요로 하는 분야에서 주로 사용한다.

태그에 신호가 전달되면 내장된 메모리에 저장되어 있던 데이터가 리더기로 전달된다. 태그는 메모리의 데이터를 읽고 쓰거나 이를 조작하는 기본적인 기능을 할 수 있다. 태그에 내장된 메모리는 읽기 전용(RO, read-only)과 한 번 쓰고 여러 번을 읽을 수 있는 유형(WORM, write once-read many), 여러 번 읽고 쓸 수 있는 유형(RW, read-write)이 있다. 메모리에 쓰기 기능과 같은 수준 높은 기술이 포함되면 태그 가격이 올라간다. 또한 단순히 읽기 기능만 가능한 태그를 사용하면 실수나 고의로 태그의 데이터를 변조할 위험이 줄어든다.

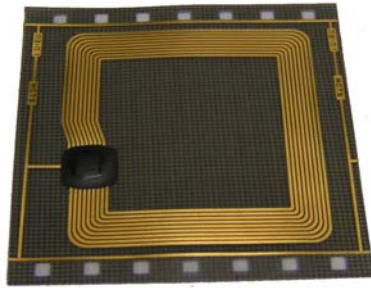


Fig. 3-3-3 normal passive tag

1) 태그의 종류

요즘 가장 각광받는 태그는 수동형 태그(passive tag)이다. 이런 종류의 태그는 리더기에서 방출된 전자기 에너지로부터 전력을 얻는다. 동물 추적, 자산 관리, 산업 자동화, 전자 물품 관리, 출입 관리 같은 최근의 많은 RFID 솔루션이 이러한 수동형 태그 기술을 사용한 것이다.

수동형 태그와는 다르게 능동형 태그(active tag)에는 배터리가 내장되어 있기 때문에 인식 거리가 길고, 정확도가 높으며, 더욱 복잡한 정보 교환과 다양한 처리가 가능하다. 이렇듯 능동형 태그는 자체 전력이 있기 때문에 에너지를 공급해 줄 리더기 없이도 데이터를 송출할 수 있다. 하지만 배터리 때문에 수명이 한정된다. 능동형 태그는 일반적으로 고가의 물품을 넓은 지역에 걸쳐 추적 관리하는데 사용되는데, 그 예로는 전 세계로 선적되는 군사 물품의 추적

관리가 있다. 하지만 능동형 태그도 리더기 사이의 통신이 더욱 강력해야 하는 환경 조건과 요구 사항이 있을 때에는 일반적인 상업용 애플리케이션에도 사용된다.

반능동형(semi-active) 또는 반수동형(semi-passive)의 태그 종류도 있다. 이런 종류의 태그는 내장된 배터리의 전력으로 집적 회로를 작동시켜 단순한 작업을 수행한다. 하지만 여전히 리더기의 잔자기장에 의해 활성화되고, 저장 정보를 리더기로 보내는 데에만 배터리의 전력이 사용된다. 이러한 태그의 가장 일반적인 사용 예가 바로 1980년대부터 사용된 전자 통행료 징수 시스템이다. 이 시스템에 사용되는 태그의 배터리는 수명이 몇 년 동안 지속된다. 태그가 리더기의 인식 범위 내에서 활성화 될 때만 전력이 사용되기 때문이다.

2) 태그의 메모리 크기

태그용 메모리는 집적회로 기반의 RFID 시스템에서 매우 중요한 요소이다. 태그의 메모리를 적절히 설계하고 사용하면 응용 시스템의 기능을 한층 강화할 수 있다. 동물 추적관리와 같은 공급망 관리 응용 분야에서 태그의 메모리는 유일한 인식 코드를 저장하기 위한 공간으로 사용될 수 있다. 이렇게 하면 공급망 내 어떠한 위치에서도 중요한 정보를 갱신하거나 저장하고 읽을 수 있다. 이러한 응용분야에서는 건강 기록, 송아지 생산량, 소유주 변경 상황, 몸무게 변화 등의 정보를 관리할 수 있다.

태그용 메모리의 구성은 주로 가격과 물리적 요구 사항에 따라 다양해진다. 전자 물품관리와 같은 경우는 보통 1비트 메모리가 사용되는데, 이는 더 큰 메모리를 사용하는 태그에 비해 매우 저렴하다. 이러한 태그는 유일한 인식 코드를 저장할 수 없고 단지 리더기 근처에서 태그의 존재를 알리는 용도로만 사용된다. 1비트 태그가 아닌 일반적인 태그의 메모리 크기는 16비트에서 특정 능동형 태그의 수십만 비트에 이르기까지 다양하다.

<표 3-5>에 태그의 주요 속성별 특징을 요약해놓았다.

<Table 3-5> Tag characteristic feature

속 성	특 징
디자인	<ul style="list-style-type: none"> • 집적회로 기반 태그 - 가장 일반적인 태그로 단순한 연산을 수행하기 위한 메모리와 집적회로를 내장하고 있다. • 칩이 없는 태그 - 데이터 전송을 위해 태그의 물성을 이용하기 때문에 인식거리가 길고 정확도가 뛰어나다. 연산을 위한 전력이나, 새로운 또는 추가적인 데이터 저장 기능이 없다.
종 류	<ul style="list-style-type: none"> • 수동형-작동을 위해 배터리가 필요 없다. 인식 거리가 짧고 정확도가 낮다. 값이 싸다. • 능동형-집적회로를 작동시켜 리더기와 통신하기 위해 배터리가 필요하다. 인식거리가 길고 정확도가 높다. 값이 비싸다. • 반능동형-단지 집적회로를 작동시키기 위해 배터리가 필요하다. 수동형 태그에 비해 인식 거리가 길고 정확도가 높다. 능동형 태그에 비해 값이 싸다.
메모리	<ul style="list-style-type: none"> • 읽기 전용-태그 제조 시 데이터가 저장되어 위조가 불가능하다(이것은 칩이 없는 태그의 고유한 특징이기도 하다). • 한 번 쓰고 여러 번 읽을 수 있는 유형-단 한 번만 쓸 수 있기 때문에 위조를 방지하고, 제조 후에 데이터를 쓸 수 있는 유연성이 있기 때문에 제품 단가를 크게 낮출 수 있다. • 여러 번 읽고 쓸 수 있는 유형-가장 유연성이 크지만 데이터 변조 등에 취약하다.

3) 칩이 없는 태그

칩이 없는 태그(chipless tags)를 이용한 인식 기술은 새롭게 떠오르는 RFID 분야로, RFID 기술이 매우 다양한 분야에서 사용되도록 하는 데 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 당연히 수동형인 칩이 없는 태그는 집적회로 기반의 태그에는 있는 메모리 기능이 없다. 하지만 이러한 태그는 다른 방식으로 작동한다. 즉, 집적회로 기반의 다른 태그처럼 칩을 작동시키기 위한 추가적인 에너지가 필요 없다. 칩이 없는 태그에 다음과 같은 중요한 장점은 기억할 필요가 있다.

- 액체나 금속 주위에서의 높은 태그 인식 정확도
- 매우 효과적인 전파의 간섭 제거
- 매우 긴 인식 거리
- 극한 고온에서도 작동
- 문서에 보이지 않도록 삽입 가능
- 낮은 태그 단가

이러한 사항들이 모든 칩이 없는 태그 기술의 특징은 아니지만, 다양한 종류의 칩이 없는 태그에서 나타나는 중요한 특성이다.

칩이 없는 태그는 제품의 레이블, 문서, 포장 등에 사용하기 위해 개발한 것이다. 칩이 없는 태그의 개발자는 이러한 기술이 의학·제약·제품 포장 회사 뿐만 아니라 지적 재산, 기밀 정보, 보안, 지폐 등에 관련된 기업에서도 사용될 것이라고 내다보고 있다.

4) 센서 통합 태그

센서 통합 태그(sensory tags)를 이용하면 다양한 환경 조건을 감지하고 측정하고 기록할 수 있다. 원리는 매우 간단하다. 감지 장치를 태그와 통합해서 상호 작용을 하도록 하면 원하는 환경 조건을 감지하고 기록할 수 있게 된다. 그러나 수동형 태그를 사용해야 하는 환경에서는 문제가 발생할 수 있다. 첫째, 태그가 리더기 범위 내에 있지 않을 때 센서에 작동할 에너지가 없다. 둘째, 태그가 리더기 범위 내에 있더라도 가용 전력이 충분치 않다. 현재 이미 존재하거나 개발 중인 매우 흥미 있는 센서 통합 태그의 종류로는 공기압, 온도, 액체의 부피, 화학물질이나 박테리아 등을 감지하고 기록해서 그 정보를 전송하는 것들이 있다. 또한 제품의 제조 단계부터 적용할 수 있는 위조 방지 태그도 있다.

나. 리더기

관독기(interrogator)라고도 하는 그림 3-3-4와 같은 리더기(reader)는 태그의

데이터를 읽고 처리하는 장치이다. 몇몇 리더기는 태그에 정보를 기록할 수도 있지만 여전히 리더기 또는 판독기라고 한다. 리더기는 호스트 컴퓨터와의 인터페이스 역할도 한다.



Fig. 3-3-4 Passive RFID reader

1) 태그의 활성화

수동형과 반능동형 태그의 경우 리더기는 자신의 전자기장 영역에 존재하는 태그를 활성화하기 위한 에너지를 공급한다. 이러한 영역의 범위는 일반적으로 리더기와 태그의 안테나 크기 그리고 리더기의 출력에 따라 결정된다. 일반적으로 안테나 크기는 응용 시스템의 요구 사항에 따라 결정되지만, 안테나로 송출되는 전자기장의 강도와 범위를 결정하는 리더기의 출력은 법규로 제한된다. 모든 국가는 주파수 대역별 출력량과 관련된 표준과 법규를 마련해 놓고 있다. 이러한 이유로 국가 간에 RFID 시스템이 호환되지 않는 경우가 있다.

2) 주파수의 결정

태그와 리더기의 연결(결합)과 관련된 매우 중요한 것 중 하나가 바로 여기에 사용되는 주파수이다. 주파수는 응용분야, 표준, 법규 등에 따라 매우 다양하다. 가장 일반적인 RFID 주파수는 135kHz이하의 저주파(LF), 13.56MHz의 고주파(HF), 433MHz 이상의 극초단파(UHF), 2.45~5.8GHz 사이의 마이크로파

(Microwave Frequency)등 이다. 보통 주파수는 태그와 리더기 사이에 전달되는 데이터 전송률(속도)을 결정한다. 즉, 주파수가 낮을수록 전송 속도가 느려진다. 하지만 RFID 솔루션의 설계에서 전송 속도만이 유일한 고려 요소는 아니다. 환경 조건 또한 특정 애플리케이션에서 사용되는 최적의 주파수를 결정하는 데 중요한 역할을 한다. 예를 들어 탄산음료 캔과 같이 태그를 부착한 물질과 전자 레이저나 무선 전화기와 같은 전파를 발생하는 기기 등은 UHF나 마이크로파 대역에서 간섭을 발생시키기 쉽다.

높은 주파수를 이용하면 작은 안테나, 작은 태그, 긴 인식 거리 등의 이점이 있지만 범용 제한이 크고 비용도 많이 든다. <표 3-6>는 일반적인 주파수 대역별 특징과 사용 분야를 요약한 것이다.

<Table 3-6> Feature and business field in difference RFID frequency

주파수	주요 특징	사용 분야
저주파(LF) 135kHz 이하	<ul style="list-style-type: none"> • 1980년대부터 쓰이기 시작해 현재 널리 사용된다. • 금속과 액체 주위에서도 인식률이 매우 높다. • 데이터 전송 속도가 느리다. • 10cm 정도의 인식 거리 	<ul style="list-style-type: none"> • 동물 식별 • 산업 자동화 • 출입 관리
고주파(HF) 13.56MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 1990년대부터 쓰이기 시작해 현재 널리 사용된다. • 세계표준 • LF보다 긴 인식거리(1m이상) • LF 태그에 비해 태그 가격이 싸다. • 금속 주위에서 성능이 좋지 않다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 결제 카드와 포인트 카드 (스마트카드) • 출입 관리 • 위변조 방지 • 책, 수화물, 보석과 같은 물품 단위를 추적하는 애플리케이션 제작이 가능하다. • 지능형 선반 • 사람 식별 및 모니터링
극초단파 (UHF) 433MHz, 860~930MHz	<ul style="list-style-type: none"> • 1990년대 후반부터 사용되었다. • HF보다 긴 인식거리(3m이상) • 능동형 433MHz 시스템의 데이터 전송거리는 수십m가 넘는다. • 대형 소매 업체에 납품하는 업체의 RFID의 무화에 따라 세계적으로 각광받고 있다. • 태그 가격이 가장 저렴할 것으로 예상된다. • 지역별 법규 차이에 따라 비호환성 문제가 있다. • 액체와 금속으로 인한 간섭 가능성이 높다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 다음의 공급망과 물류 분야 <ul style="list-style-type: none"> -재고 관리 -창고 관리 -자산 추적
마이크로파 2.45~5.8GHz	<ul style="list-style-type: none"> • 수십 년 전부터 사용되었다. • 빠른 데이터 전송 속도 • 일반적으로 능동형 또는 반능동형이다. • 인식 거리는 UHF와 유사하다. • 액체와 금속 주위에서 성능이 좋지 않다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 출입 관리 • 전자 통행료 징수 • 산업 자동화

3) 태그에서 데이터 읽기 쓰기

리더기의 가장 기본적인 기능은 당연히 태그에 저장된 데이터를 읽는 것이다. 이러한 과정에서는 신뢰성, 보안, 속도 등을 보장하기 위해 복잡한 소프트웨어 알고리즘을 이용한다.

태그에 쓰기가 가능한 RFID 시스템에서 리더기는 태그의 데이터 읽기와 태그에 데이터 쓰기의 두 가지 기능을 수행한다. 다음과 같은 이유 때문에 이 두 가지 기능은 매우 유용하다.

태그는 메모리에 아무런 데이터도 저장하지 않은 상태로 대량 생산되고, 리더기는 응용 시스템의 요구 사항에 따라 태그의 메모리를 초기화할 수 있다. 예를 들면 어떤 제품에 태그를 부착해서 포장하기 직전에 제조사가 각 제품의 고유 식별 번호를 태그에 저장할 수 있다.

여러 번 읽고 쓸 수 있는 유형의 태그를 사용하면 태그 사용 중 특정한 때에 데이터를 변경 또는 추가, 삭제할 수 있다.

4) 호스트 컴퓨터와 리더기 사이의 통신

리더기의 또 다른 역할은 태그와 호스트 컴퓨터 사이에서 데이터의 흐름을 연결하는 것이다. 일반적으로 리더기는 시리얼(Serial)이나 이더넷(Ethernet) 연결 장치를 이용해서 호스트 컴퓨터와 통신한다. 리더기가 손에 들고 다니는 휴대용일 경우에는 무선 연결 장치를 통해서 호스트 컴퓨터와 통신하기도 한다.

다. 안테나

안테나는 리더기와 태그 사이에서 일어나는 데이터 통신의 전달 통로이다. 안테나의 모양과 배치는 인식 범위와 거리, 그리고 통신의 정확도를 결정하는 매우 중요한 요소이다. 예를 들어 선형 리더기 안테나(linear reader antenna)가 원형 리더기 안테나(circular reader antenna)보다 인식거리가 길다. 하지만 태그의 안테나 방향과 리더기의 안테나 방향이 일정하지 않은 환경에서는 선형 안테나

의 인식력이 떨어진다. 따라서 선형 안테나는 자동화 조립 라인과 같이 태그를 부착한 물품의 방향이 언제나 일정한 분야에서 매우 적당하다.

태그의 안테나는 보통 집적회로와 통합되어 하나의 태그 단위로 포장된다. 그림 3-3-5에서 안테나의 모양을 볼 수 있다.



Fig. 3-3-5 RFID antenna

리더기의 안테나 모양과 특징 또한 응용 시스템에 따라 매우 다양하다. 휴대용 리더기의 경우 안테나가 리더기와 일체형으로 제작되지만, 일반적으로 안테나는 리더기와 분리 제작되어 전파를 잘 보낼 수 있도록 전략적인 위치에 놓이게 된다.

라. 태그와 리더기 사이의 통신의 한계

RFID에 사용되는 무선 전파는 디지털이 아니라 아날로그이기 때문에 전파의 노이즈를 유발하는 물질이나 환경 조건으로 인한 간섭 현상이 발생할 수 있어 전파의 전달이 방해받을 수 있다. 이러한 간섭은 다음과 같은 환경에 근접할 때 주로 발생한다.

- 물과 같은 액체
- 쿠키 포일과 같은 금속 물질
- 높은 습도
- 매우 덥거나 매우 추운 극한 온도
- 모터나 엔진
- 휴대 전화기나 PDA와 같은 무선 장치
- 무선 컴퓨터나 네트워크 통신 장비
- 가정용 무선 전화기

사용 주파수에 따라 이러한 환경이 RFID 시스템의 성능에 미치는 영향이 달라진다. 또한 이러한 간섭의 문제를 해결하는 능력이 RFID 시스템의 성공에 큰 역할을 한다. 그러므로 RFID 구성 요소들의 설치와 배치를 최적화하기 위한 광범위한 실험과 파일럿 프로젝트가 매우 중요하다.

RFID 엔지니어들은 무선 전파 물리학 분야의 지속적인 연구를 통해 이러한 한계를 극복할 수 있는 시스템을 만들어가고 있다. 또한 오류 수정, 장애 복구, 이중화 등을 구축하는 정교한 소프트웨어를 이용해 부정확성과 불일치성 문제도 해결하고 있다.

마. 호스트 컴퓨터

일반적으로 호스트 컴퓨터는 소프트웨어 애플리케이션에 따라 하드웨어의 특징이 달라진다. 따라서 호스트 컴퓨터의 기능은 호스트 애플리케이션으로 설명할 수 있다. 다음 절에서는 RFID 시스템에서 발생하는 데이터를 처리하기 위한 소프트웨어 프로그램에 대해 알아본다. 지금부터 호스트 컴퓨터와 호스트 애플리케이션은 동일한 의미로 사용할 것이다.

3. 소프트웨어 구성 요소

RFID 시스템의 소프트웨어 구성 요소는 응용 시스템의 요구 사항에 따라 형태와 기능이 달라진다. 구성 요소를 다음 그림 3-3-6과 같이 분류할 수 있다.

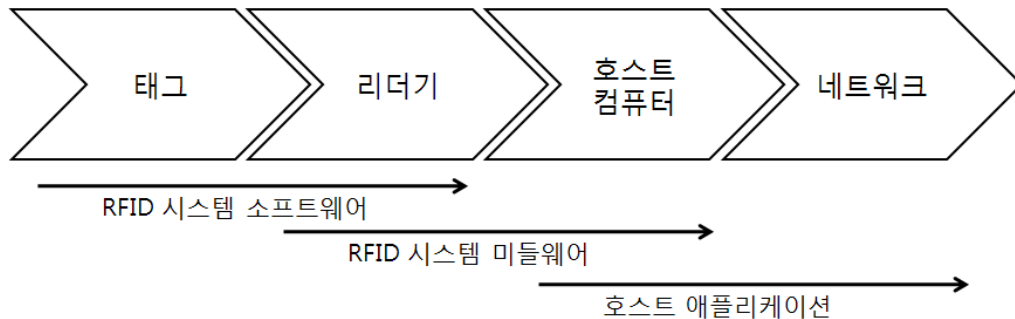


Fig. 3-3-6 Relationship between RFID software components

가. RFID 시스템 소프트웨어

RFID 시스템 소프트웨어는 태그와 리더기 사이의 기본적인 통신이 가능하게 하는 기능을 제공한다. 기본적으로 이러한 통신은 전파 신호를 처리하는 것이다. 따라서 이러한 통신이 가능하기 위해서는 하드웨어와 저급 소프트웨어(펌웨어, firmware)와 함께 태그와 리더기 사이에서 이동하는 데이터를 관리하기 위한 고급 시스템 소프트웨어가 필요하다. 다음 절에서는 태그와 리더기에 필요한 일반적인 RFID 시스템 소프트웨어의 기능에 대해 알아볼 것이다.

1) 읽기와 쓰기

읽기와 쓰기는 태그의 가장 기본적인 기능이다. 리더기는 데이터를 읽거나 쓰기 위해 태그에 요청을 보낸다. 태그는 리더기의 요청에 따라 메모리에 접근해 데이터를 읽고 이를 리더기에 송신하거나, 태그에 쓰기 기능이 있는 경우 (호스트 애플리케이션으로부터 전달된) 데이터를 메모리에 쓸 수도 있다.

2) 동시 인식

동시 인식(anti-collision) 소프트웨어는 특정한 시점에 여러 개의 태그가 하나의 리더기 인식 범위 내에 있을 때 각각의 태그를 동시에 인식하는 데 사용된다. 이러한 기술은 공급망 관리 응용 분야와 같은 곳에서 필요하다. 예를 들어 창고 관리 애플리케이션에서는 태그가 부착된 수백 또는 수천 개의 물품이 하나의 리더기의 인식 범위인 지름 1m 정도의 영역 안에 동시에 존재할 수 있다. 의류를 저장한 팔레트에는 태그가 부착된 제품이 각각 수십 개씩 담긴 100개 이상의 상자가 있을 수 있다. 동시 인식 기술은 많은 태그가 한꺼번에 응답하는 것을 최소화하기 위해 태그와 리더기 사이의 통신을 조정함으로써 가능해진다. 이러한 알고리즘 중에는 태그가 리더기의 요청에 응답하기 전 임의로 선정된 특정 시간을 기다리게 하는 간단한 것도 있다.

3) 오류 감지와 수정

리더기는 태그의 데이터 전송의 오류를 감지하고 수정하는 정교한 소프트웨어를 사용하기도 한다. 이러한 소프트웨어는 중복되거나 불완전한 데이터를 감지하고 제거하는 프로그램도 포함한다.

4) 암호화와 인증

암호화와 인증(보안)은 태그와 리더기 사이에 안정한 데이터 통신을 가능하게 해준다. 원하는 수준의 보안을 구현하기 위해서는 태그와 리더기 양쪽에서 모두 지정 프로토콜을 사용해야한다. 예를 들면 인증받지 않은 리더기가 태그에서 데이터를 읽는 것을 방지하기 위해 태그와 리더기는 공통의 보안 코드를 교환하는 인증 프로토콜을 실행해야만 한다. 태그는 이러한 공유 정보가 교환되고 검증된 후에만 데이터를 리더기로 전송하게 된다.

태그에 보안 기능을 추가하기 위해서는 복잡하고 정교한 집적회로의 기능과 설계가 필요하다.

나. RFID 미들웨어

RFID 미들웨어³⁾는 RFID 시스템 구성 요소(태그와 리더기)와 호스트 애플리케이션을 연결해주는 소프트웨어다. RFID 미들웨어는 다음의 두 가지 주요 기능을 수행한다.

- 디바이스(즉, 리더기)의 모니터링
- RFID 시스템구성요소(즉, 태그와 리더기)와 데이터 흐름의 관리

이 두 가지 기능은 데이터의 활용에 관련되어 있다. 그러나 RFID 미들웨어는 제조사별로 특별한 응용 분야의 요구 사항을 충족하거나 고유한 특징이 있다. 중요한 것은 대부분의 RFID 미들웨어는 이 두 가지 기능을 하나의 제품으로 통합해서 제공한다는 것이다. 다양한 기능을 제공하는 RFID 미들웨어는 제조사별로 그 기능이 매우 다양하다. 따라서 특정 애플리케이션의 요구 사항에 따라 특정 업체의 솔루션을 선택해야 한다.

1) 모니터링 기능

이 기능은 RFID 시스템 내 리더기들의 상태를 모니터링하고 보고하는 것이다. 이것은 다양한 장소에 여러 대의 리더기를 설치하고 직접 눈으로 상태를 확인하는 것이 불가능한 환경에서 매우 중요한 기능이다. 여러 대의 컨베이어 벨트 주위에 설치한 리더기들의 태그가 부착된 물품의 데이터를 자동적으로 수집하는 대형 창고를 예로 들 수 있다. 여기서는 리더기가 망가지거나 고장 났을 때 최대한 빠르게 이를 알리는 기능이 필수적이다. 이러한 경우 모니터링 기능을 통해 실시간으로 문제를 해결하고 순차적으로 발생하는 오류를 수정할 수 있다.

이상적인 RFID 미들웨어의 모니터링 기능은 리더기 외의 다른 장비(예를 들어 바코드 리더기나 RFID 스마트 레이블 프린터/인코더)도 제어할 수 있어야 한다.

3) 미들웨어라는 용어는 기업 IT 애플리케이션에서 사용하는 미들웨어와는 다른 의미이다. 기업용 IT 애플리케이션 분야에서 미들웨어는 웹 애플리케이션 서버(WAS)와 같이 서로 다른 기업용 애플리케이션들을 연결해주는 소프트웨어를 의미한다.

2) 관리 기능

간단히 말해서 관리 기능은 태그에서 리더기로 전송된 데이터를 호스트 애플리케이션과 통합하기 위한 인코딩(encoding), 수집(collection), 처리(processing), 필터링(filtering), 군집화(aggregation) 등의 기능으로 구성된다. 이러한 기능은 공급망 관리 시스템에서와 같이 리더기가 대량의 태그 데이터를 수집하는 환경에서 반드시 필요하다. RFID 미들웨어는 중복 등을 없애기 위해서 태그 데이터를 선별하고 필터링해야 하며 미리 정의된 특정 데이터 수빈 규칙에 기반을 주고 문제가 있을 때 경고를 발생해야 한다.

관리 기능의 또 다른 중요한 요소가 바로 데이터의 표준화이다. 표준을 사용하지 않는 경우 리더기의 데이터 형식과 호스트 애플리케이션과의 통신 프로토콜은 일반적으로 특정 회사에 종속적인 것을 사용하게 된다. 이렇게 다양한 제조사의 제품을 함께 사용하는 경우 RFID 미드웨어는 다양한 리더기 데이터 형식을 호스트 애플리케이션에서 쉽게 통합할 수 있도록 동일한 표준 형식으로 변환되어야 한다.

다. 호스트 애플리케이션

태그로부터 전달된 데이터는 리더기와 RFID 미들웨어 소프트웨어가 처리하여 표준화된 형식으로 호스트 애플리케이션에 전달된다. 호스트 애플리케이션은 일반적으로 재고 관리나 창고 관리 시스템과 같이 이미 존재하는 기업의 소프트웨어 프로그램이다. RFID 미들웨어의 정교함과 잘 설계된 호스트 애플리케이션을 이용하면 호스트 애플리케이션은 전달되는 데이터의 원천을 알 필요가 없다. 예를 들면 재고 관리 시스템은 데이터가 어떻게 발생했는지 ‘알지 못 하더라도’ 소매점 내 모든 물품을 완벽하게 추적 관리할 수 있다. RFID 시스템 활용하기 전에는 이러한 데이터를 수작업이나 바코드 시스템을 이용하여 입력해 왔다. 데이터 입력을 위한 호스트 애플리케이션으로 데이터를 전달하기 위해서는 이러한 인터페이스를 사용한다.

그러나 RFID 미들웨어에서 전달하는 새로운 데이터를 받아들이기 위한 명확

히 정의된 인터페이스 프로토콜이 없는 몇몇 응용 시스템은 변경이 불가피하다. 애플리케이션이 오래되거나 개방형 표준을 따르지 않은 경우 변경이 필요하게 된다.

전체 기업용 호스트 애플리케이션을 새롭게 제작하거나 구매해야 하는 경우도 있다. 예를 들면 금속 열쇠를 이용하여 출입 관리를 해온 회사에서 RFID 기반의 새로운 애플리케이션이 필요하게 된다.

기존의 애플리케이션으로 RFID 데이터를 이용할 수 있거나, 완전히 새로운 애플리케이션 또는 인터페이스가 필요한 두 가지 경우 모두 중요한 문제가 남아 있다. 많은 경우에 RFID의 채택은 기업에 새로운 데이터가 발생함을 의미하는데, 기업의 기본 비즈니스 모델이 이러한 데이터를 완전히 활용하는 경우는 드물다. 예를 들어 RFID를 이용한 일반적인 공급망 관리 솔루션에서 물품들은 전자 상품 코드(EPC, Electronic Product Code)로 구별된다. EPC는 바코드 시스템에서 사용하는 범용 제품 코드(UPC, Universal Product Code)를 확장한 형태로 UPC보다 더욱 상세한 물품 단위까지 제품을 구별할 수 있다. 기존의 공급망 관리의 비즈니스 모델과 애플리케이션은 UPC 데이터를 이용하도록 개발되었는데 이제 그보다 확장된 새로운 EPC 데이터를 활용해야만 한다. 따라서 RFID 시스템을 통한 발생하는 부가적인 데이터의 이점을 제대로 활용하기 위해서는 기업들이 자신들의 비즈니스 모델과 애플리케이션을 새로 구축해야만 한다.

4. RFID 제어 시스템 적용 결과

그림 3-3-7은 닭 도체 품질 등급 RFID 시스템도이고 그림 3-4-8은 RFID 프레임은 통신 프로토콜을 정의한 것이다.

영상처리 알고리즘을 수행 한 후 닭 도체의 영상정보와 3차원 프로파일, 중량 정보를 획득한 후 품질 등급 판정에 관련된 정보를 Tag에 저장된 정보를 모니터 화면상에 나타낸 그림이다.

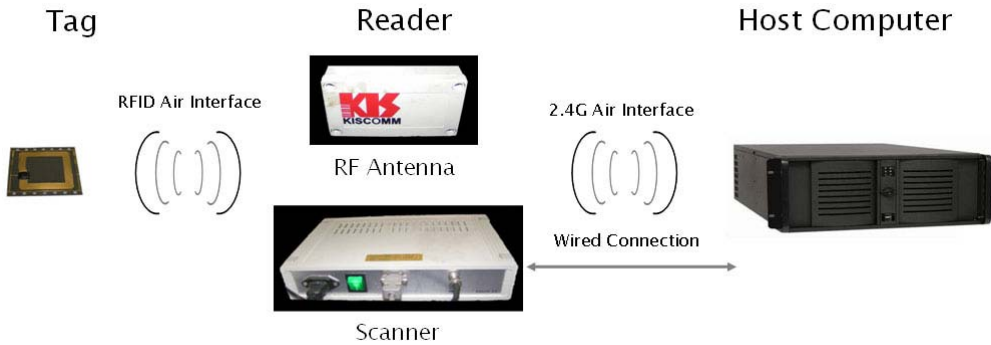


Fig. 3-3-7 RFID system of chicken carcass quality grade

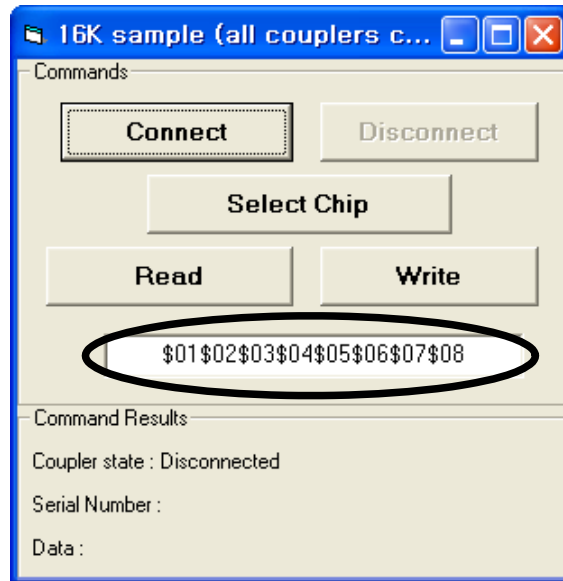


Fig. 3-4-8 RFID Interface frame

그림 3-4-8에서 원으로 표시한 부분이 통신 프로토콜이다.
각각의 통신 프레임의 의미는 아래와 같다.

*\$: Fix

*01, 02 : 닭도체의 수를 카운트

*03 : 닭도체 피부 변색 존재 여부

*04 : 닭도체 피부 피명 존재 여부

*05 : 닭도체 피부 이물질 존재 여부

*06 : 닭 도체 중량

*07 : NULL

*08 : 닭도체 등급판정 급수

제 4 절 영상처리 시스템

1. 3D 영상처리 시스템 구축 및 영상처리 알고리즘 개발

가. 카메라 보정

3차원 정보획득을 위해서는 2차원의 영상정보를 3차원 기준 좌표계의 정보를 변환시켜 주는 카메라 보정이 필요하다. 보정의 정확도는 3차원 정보 획득의 정확도에 많은 영향을 미친다. 영상처리 기법에 있어서 가장 중요한 부분이 카메라 보정을 행하는 부분이다. 실제의 좌표 혹은 크기를 결정해 주는 인자를 찾아 방정식으로 표현하고 카메라에 의한 영상을 실제의 모델로 일치 시켜주는 작업이 카메라 보정이다.

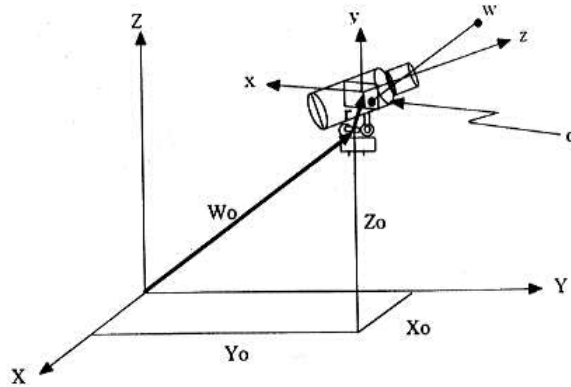


Fig. 3-4-1 Geometrical Modeling of Camera.

인간의 시각을 기계시각으로 대체하기 위한 영상처리 기술은 대체로 그림 3-4-1과 같은 카메라 모델로 표현된다. 기준좌표계(X, Y, Z) 상에서 각각 X_0, Y_0, Z_0 만큼 이동한 위치에 카메라 좌표계인 (u, v, w)가 존재하고, 임의의 3차원 공간상에 점 w는 카메라 영상면의 점 c로 바뀐다. 카메라는 고정 장치의 Pan-Tilt에 의하여 원점이 이동되는데 이러한 이동에 따라 기준 좌표계의 원점

은 영상 좌표계로 W_0 만큼 이동되고, 영상면은 Pan-Tilt에 의하여 r만큼 이동된다. 이러한 기준 좌표계와 영상좌표계간의 관계는 다음식과 같이 표현할 수 있다.

$$C_h = PW_h \text{ ----- 식(4-1)}$$

여기서 , C_h : 영상 좌표
 P : 변환 행렬
 W_h : 기준 좌표

카메라로부터 얻어지는 대상체의 2차원 영상좌표를 기준 좌표계상의 3차원 공간 좌표로 변환하는 방법이 투사 변환 혹은 영상화 변환이라고 하는데 이것은 3차원 공간의 점을 평면에 투사시키는 수학적 방법이다. 영상화 과정의 모형은 그림 3-4-2에서 보는 바와 같다.

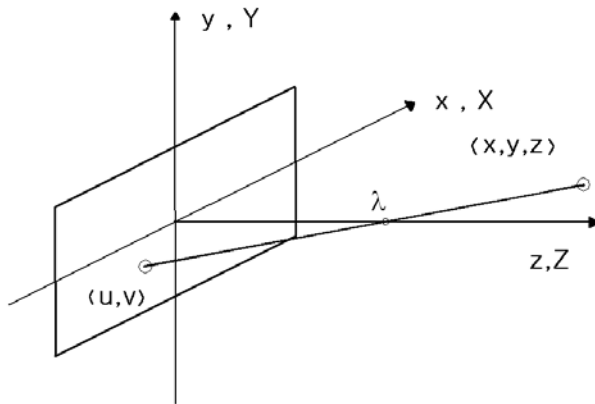


Fig. 3-4-2 Geometrical projected model of image formation process.

카메라의 영상면이 x-y평면에 놓여 있고, z축은 카메라로부터의 거리를 나타낸다. 렌즈의 초점거리를 λ 라고 하면, 원거리에 놓여 있는 물체는 렌즈가 카메라 영상면에서 λ 만큼 떨어져 있을 때 정확한 영상을 맺는다.

공간상의 한 점의 좌표가 (x, y, z) 라 할 때, $z > \lambda$ 라 하면 이 점은 렌즈의 앞쪽에 있음을 시사한다. 그림 3-4-2로부터 닳은꼴 삼각형을 이용하여 (u, v) 점과 (x, y, z) 점과의 관계 다음 식과 같이 얻을 수 있다.

$$\frac{u}{\lambda} = -\frac{x}{z-\lambda}$$

$$\frac{v}{\lambda} = -\frac{y}{z-\lambda} \text{ -----식(4-2)}$$

이들로부터 다음과 같은 결과를 얻는다.

$$u = \frac{\lambda x}{\lambda - z} \quad v = \frac{\lambda y}{\lambda - z} \text{ -----식(4-3)}$$

이러한 결과는 분모에 변수 z 가 존재하므로 비선형이다. 이런 식을 계산하기 위해서 행렬화하는 것이 유용한데, 이를 위해 동차 좌표계로 바꾸어 줄 필요가 있다. 기준 좌표계의 한 점 (x, y, z) 은 동차좌표계에서는 (kx, ky, kz, k) 로 정의 되는데, 여기서 k 는 투영변수를 의미한다. 따라서 동차 좌표계의 한 점으로부터 직교좌표계의 한 점으로 변환시키고자하면, 동차좌표계의 처음의 3요소를 마지막 요소로 나누어주면 된다. 기준좌표계의 한 점 W 가 다음과 같은 벡터로 주어지면

$$W = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

이에 대응하는 동차좌표계의 점 W_h 는

$$W_h = \begin{bmatrix} kx \\ ky \\ kz \\ k \end{bmatrix} \text{이다.}$$

투사변환행렬 P는 다음과 같다.

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\lambda} & 1 \end{bmatrix}$$

식(4-1)로부터 C_h 좌표가 얻어진다.

$$\begin{aligned} C_h &= PW_h \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\lambda} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} kx \\ ky \\ kz \\ k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} kx \\ ky \\ kz \\ k - \frac{k}{\lambda z} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

영상면의 좌표 C_h 를 기준좌표로 옮기려면 C_h 의 마지막 요소로 3개의 요소를 나눈다. 즉, C_h 에 대응하는 점 c 는

$$c = \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda x}{\lambda - z} \\ \frac{\lambda y}{\lambda - z} \\ \frac{\lambda z}{\lambda - z} \end{bmatrix} \text{-----식(4-4)}$$

이다. 이 때 c 의 첫 번째 두 개의 요소가 (u, v) 에 해당한다. P 의 역변환 P^{-1} 은 영상면의 한 점을 다시 공간상의 한 점으로 바꾸어 준다. P^{-1} 은 다

음과 같다.

$$P^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\lambda} & 1 \end{bmatrix}$$

영상면의 한 점 $c = (u_0, v_0, 0)$ 을 공간상의 한 점으로 환원시키면

$$C_h = \begin{bmatrix} ku_0 \\ kv_0 \\ 0 \\ k \end{bmatrix} \text{이다.}$$

C_h 에 대응하는 공간상의 한 점 Q_h 는

$$Q_h = P^{-1}C_h = \begin{bmatrix} ku_0 \\ kv_0 \\ 0 \\ k \end{bmatrix} \text{와 같으며}$$

기준좌표계에서 Q 는

$$Q = \begin{bmatrix} u_0 \\ v_0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{이다.}$$

이것은 원하는 바가 아니다. 왜냐하면 어떤 공간상의 점이 모두 $z = 0$ 으로 주어지기 때문이다. 본래의 투사식 식(4-3)으로부터

$$x = \frac{u(\lambda - z)}{\lambda}$$

$$y = \frac{v(\lambda - z)}{\lambda}$$

이므로 (x_0, y_0) 에 대응하는 공간의 점은

$$u = \frac{u_0(\lambda - z)}{\lambda}$$

$$v = \frac{v_0(\lambda - z)}{\lambda} \text{ -----식(4-5)}$$

으로 주어진다. 이로부터 한 가지 정보가 있어야 공간상의 점을 산출할 수 있음을 알 수 있다. 즉, z 값이 주어져야 한다. c 의 z 성분을 0 대신 k_0 라 하면,

$$C_h = \begin{bmatrix} ku_0 \\ kv_0 \\ k_w \\ k \end{bmatrix} \text{ 이므로}$$

$W_h = P^{-1}C_h$ 를 계산하면

$$W_h = \begin{bmatrix} ku_0 \\ kv_0 \\ k_w \\ k + \frac{k_w}{\lambda} \end{bmatrix} \text{ 이다.}$$

이를 기준좌표로 변환하면

$$w = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\lambda u_0}{\lambda + w} \\ \frac{\lambda v_0}{\lambda + w} \\ \frac{\lambda w}{\lambda + w} \end{bmatrix} \text{-----식(4-6)}$$

다시 말하면 역투사 변환을 하기 위하여 w 의 정보가 주어져야 한다. 이러한 원리에 의해서 2차원 영상좌표를 3차원 공간좌표로 변환할 수 있는데 이러한 방법에서는 일반적으로 좌표변환에 영향을 끼치는 두 가지 요소를 고려하여야 한다.

첫째로는 카메라 렌즈의 초점거리, 영상면의 중심좌표, 화소좌표가 갖는 실제 측도 등의 내부인자이고, 둘째는 카메라 고정에 의한 자세로부터 발생하는 Pan-Tilt 각도 및 카메라의 위치정보 등의 내부인자이다.

그러나 본 연구에서는 이러한 인자들을 전혀 고려치 않고 원하는 결과를 얻을 수 있는 방법을 사용하였다. 카메라 자체를 하나의 측정 장치로 사용하여 같은 평면에 존재하지 않는 기지의 6점에 대한 영상 정보를 가지고 실제의 3차원 공간 좌표를 추출하는 방법이다. 거리(depth)정보를 알고 있는 기지의 6점에 대한 화소좌표를 영상평면에서 측정한 후, 2차원 영상 좌표계와 3차원 기준 좌표계를 대응시킴으로써 보정을 실시하였다.

3차원 기준 좌표계 상의 점 W_h 는 4×4 선형 좌표변환행렬 $P = [P_{ij}]$ 를 이용하여 소실되는 미지의 z 정보 w 를 무시하고 식(4-1)을 전개하여 다음 식을 얻는다.

$$K_u = P_{11}x + P_{12}y + P_{13}z + P_{14} \text{-----식(4-7)}$$

$$K_v = P_{21}x + P_{22}y + P_{23}z + P_{24} \text{-----식(4-8)}$$

$$K = P_{41}x + P_{42}y + P_{43}z + P_{44} \quad \text{-----식(4-9)}$$

그리고 식(4-9)를 식(4-7)과 식(4-8)에 대입하여 다음 식을 얻는다.

$$P_{11}x + P_{12}y + P_{13}z - P_{41}ux - P_{42}uy - P_{43}uz - P_{44}u + P_{14} = 0 \quad \text{-----식(4-10)}$$

$$P_{21}x + P_{22}y + P_{23}z - P_{41}vx - P_{42}vy - P_{43}vz - P_{44}v + P_{14} = 0 \quad \text{-----식(4-11)}$$

3차원 공간상의 한 점과 이에 대응되는 영상좌표로부터 식(4-10)과 식(4-11)을 얻을 수 있으므로 6점의 공간 좌표와 대응되는 영상좌표로부터 12개의 식을 얻을 수 있다. P_{44} 는 1 이므로 이를 행렬식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1x_1 & -u_1y_1 & -u_1z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & z_1 & 1 & -v_1x_1 & -v_1y_1 & -v_1z_1 \\ & & & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & & & \cdot \\ & & & & & & & & & & & \cdot \\ x_6 & y_6 & z_6 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_6x_6 & -u_6y_6 & -u_6z_6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_6 & y_6 & z_6 & 1 & -v_6x_6 & -v_6y_6 & -v_6z_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{11} \\ P_{12} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ P_{42} \\ P_{43} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ u_6 \\ v_6 \end{bmatrix} \quad \text{-----식(4-12)}$$

식(4-12)를 $AP = B$ 로 두면, A의 의사 역행렬을 B와 곱하여 원하는 변환행렬 P를 얻는다.

$$P = \{(A^{T \times A})^{-1} \times A^T\} \times B \quad \text{-----식(4-13)}$$

식(4-13)의 결과로부터 얻은 행렬 P의 값을 식(4-10), 식(4-11)에 대입하여 x, y를 구한다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \end{bmatrix} \text{-----식(4-14)}$$

$$\text{여기서, } R_{11} = P_{11} - P_{41} \times u$$

$$R_{12} = P_{12} - P_{42} \times u$$

$$R_{21} = P_{21} - P_{41} \times v$$

$$R_{22} = P_{22} - P_{42} \times v$$

$$K_1 = -P_{13} \times z + P_{43} \times u \times z + u - P_{14}$$

$$K_2 = -P_{23} \times z + P_{43} \times v \times z + v - P_{24}$$

본 연구에서는 3차원 공간상의 6점의 정보를 획득하기 위해서는 그림 3-4-3과 같은 보정차트를 제작하였는데, 보정차트 원의 X, Y축의 원점으로 하는 3차원 기준좌표계를 설정하였다. 보정차트의 두께는 3mm이므로 보정차트를 243mm에서 343mm 간격으로 이동하여 각 이동거리에서 서로 다른 6점에 대한 영상좌표를 획득하였다.

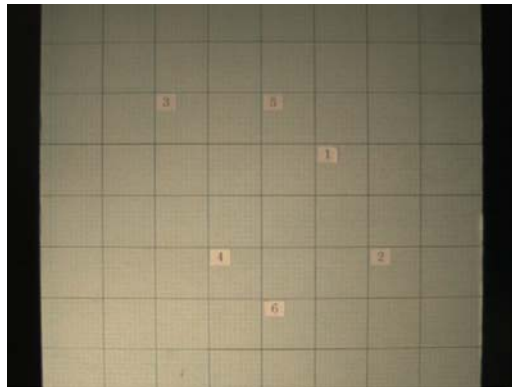


Fig. 3-4-3 Reference chat used for camera calibration

보정차트 중심은 카메라를 통해 얻은 영상 중앙점의 좌표(u=320, v=240)와 일치시켰으며, 비교적 영상왜곡이 적은 영역(u좌표 : 181~500)을 측정 영역으로

설정하여 6점을 선정하였다.

243~343mm까지 6점에 대해 미리 알고 있는 3차원 정보(x, y, z)와 그때의 화소 좌표값(u, v)을 식에 대입하여 변환행렬 P 를 구하고, 식을 이용하여 미지의 3차원 공간상의 좌표를 추출한다.

나. 3차원 정보 추출

본 연구에서는 카메라에서 생성되는 영상평면과 3차원 공간상의 X, Y 평면은 평행하다고 가정하고 19개의 직선을 생성하는 레이저 구조광 한 개를 사용하여 대상체의 높이정보를 추출하였다. 이 때 물체의 높이정보는 영상으로부터 X, Y 평면으로 투영 되었을 때의 기준라인과 대상체가 놓임으로써 높이의 변화가 발생하여 생긴 라인의 형상 변위를 추적함으로써 높이 정보를 추출할 수 있다.

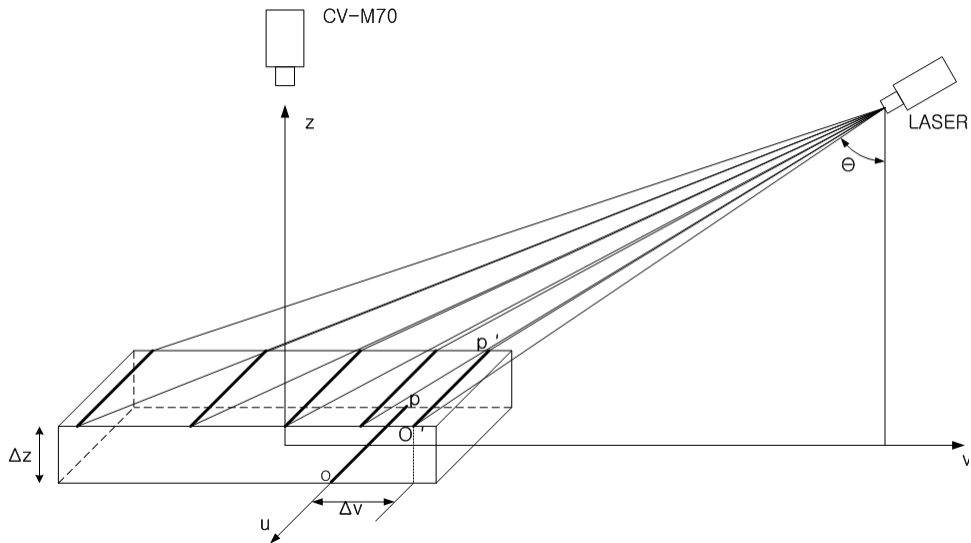


Fig. 3-4-4 Line shift of the object surface caused by the light interference

그림 3-4-4에서 점 o, p 는 v 축을 따라서 임의의 물체의 바닥면에 위치한 점이다. 물체가 기준면에 존재하지 않을 때는 레이저 구조광이 항상 op 로 투사된다. 그러나, 기준면에 높이정보 Δz 를 가진 물체가 통과하게 되면 레이저 구조광은 op 에서 $o'p'$ 로 Δv 만큼의 형상의 변이가 일어나게 된다.

Δv 에 의한 높이정보 z 를 산출하는 회귀 방정식을 구하기 위하여 다음과 같은 방법을 사용하였다. 보정차트를 이용하여 이미 높이를 알고 있는 위치에 레이저 구조광이 투사되도록 하였고, ΔZ 값이 변할 때 v 축 방향으로 레이저 구조광의 형상 변이량을 측정 하였다. 이러한 상관관계를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$Z_{i-2} = \alpha \times (\Delta v_1)^2 + \beta \times (\Delta v_1) + r \quad \text{-----식(4-15)}$$

$$Z_{i-1} = \alpha \times (\Delta v_2)^2 + \beta \times (\Delta v_2) + r \quad \text{-----식(4-16)}$$

$$Z_i = \alpha \times (\Delta v_3)^2 + \beta \times (\Delta v_3) + r \quad \text{-----식(4-17)}$$

$$Z_{i+1} = \alpha \times (\Delta v_4)^2 + \beta \times (\Delta v_4) + r \quad \text{-----식(4-18)}$$

$$Z_{i+2} = \alpha \times (\Delta v_5)^2 + \beta \times (\Delta v_5) + r \quad \text{-----식(4-19)}$$

위의 식은 레이저 구조광의 형상변위가 Δv^* 일 때 높이가 Z^* 가 되기 위한 회귀방정식의 계수들이 α, β, γ 임을 나타내고 있는 것이다. 따라서, 우리가 이미 알고 있는 높이정보 Z^* 값을 이용하여 2차 방정식의 계수인 α, β, γ 를 구하고, 그 값을 대입하여 형상 변이량 Δv 값에서의 높이정보 z 를 구할 수 있다. 식 (4-15~4-19)을 행렬식으로 일반화할 때 계수항의 행렬을 M 으로 표현하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$[Z^*] = [v^*][M] \quad \text{-----식(4-20)}$$

이를 전개하여 보면

$$\begin{bmatrix} Z_{i-2} \\ Z_{i-1} \\ Z_i \\ Z_{i+1} \\ Z_{i+2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta v_1^2 & \Delta v_1 & 1 \\ \Delta v_2^2 & \Delta v_2 & 1 \\ \Delta v_3^2 & \Delta v_3 & 1 \\ \Delta v_4^2 & \Delta v_4 & 1 \\ \Delta v_5^2 & \Delta v_5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{bmatrix} \quad \text{-----식(4-21)}$$

이 된다. 우리가 원하는 계수형의 행렬 M을 구하기 위하여 Pseudo inverse matrix를 이용하면

$$[M] = [[\Delta v^*][\Delta v^*]]^{-1}[\Delta v^*]^T[Z^*] \text{ -----식(4-22)}$$

이 된다. 본 연구에서는 기준평면에서 Z 값을 243mm에서 343mm까지 20mm 씩 증가시켜 가면서 v값의 변이량을 측정하였다. 카메라의 측정영역은 640 × 480까지 측정 가능하지만 왜곡에 의한 오차를 감소시키기 위하여 u좌표 181~500, v좌표 50~450 이내의 영역을 측정 영역으로 설정하였다.

다. 영상처리 시스템

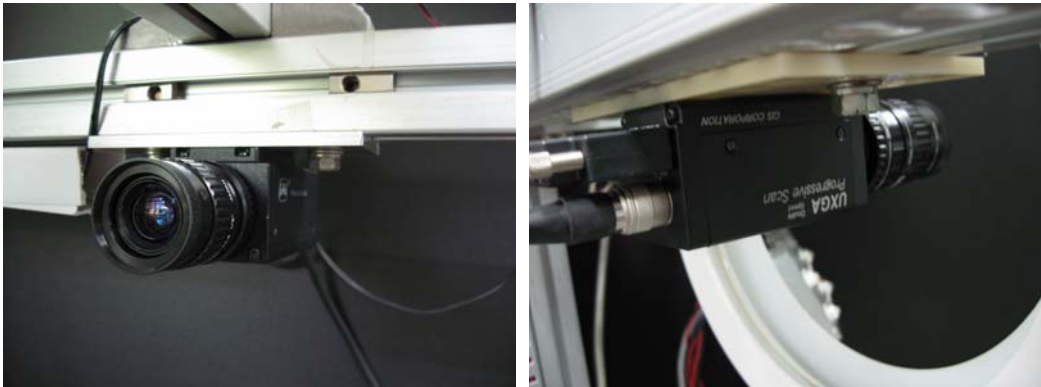
본 연구에 사용되는 컴퓨터 영상처리 시스템은 영상 입력부, 카메라 인터페이스부, 프레임 그래버, 영상처리에 사용되는 컴퓨터, 그리고 영상 출력부, 조명장치로 구분된다. 아날로그 카메라 CV-M77(Progressive Scan Color Camera), 카메라 링크 타입 8850-CL(Progressive Scan Color Camera) 카메라를 이용하여 닭도체의 2차원 영상정보를 입력받아 프레임 그래버에 저장하고, 이때 저장된 정보를 컴퓨터에서 처리하여 컬러 모니터에 화면으로 출력하는 동시에 계산된 3차원 형상정보와 외형정보를 실시간으로 보여주는 작업을 수행한다.

그리고 고속 이동의 대량생산설비 시스템 내에서 카메라 영상을 획득할 경우 일반적으로 쓰이는 Interlace 방식의 카메라는 이동하는 물체에 대한 영상을 얻을 경우 Odd Field 영상과 Even Field 영상의 주사시간의 차이 (1/60초)로 인해 잔상(Blur)이 발생한다. 따라서 품질판정을 고속으로 하기 위해서는 잔상문제를 해결해야 하기 때문에 Non-Interlace 방식을 사용하여야 한다.

1) 영상 입력부

본 연구에서는 그림3-4-5와 같이 작업할 닭 도체의 형상정보와 외형 품질 정보를 추출하기 위한 두 대의 카메라를 이용을 했다. 닭 도체 품질 등급 시스

템 내에서 샤클이 이동을 하면 센서가 샤클을 움직임을 감지하여 디지털 타입 카메라인 8850-CL에서 영상을 획득한다. 이때 국부 영상처리에 의해 닭 도체의 외곽선 추출이 행해져 닭 도체의 외형 품질 정보를 획득하고 다음 영상처리 작업을 위해 샤클이 이동을 하면 아날로그 카메라인 CV-M77 카메라에서는 닭 도체의 3차원 프로 파일 정보를 획득한다.



(a)

(b)

Fig. 3-4-5 Camera for classification chicken carcass (a) CV-M77, (b) 8850-CL

2) 영상 처리 컴퓨터

그림 3-4-6은 CV-M77, 8850-CL 카메라로부터 받아들인 2차원 영상정보를 보여주고 있다. 이러한 영상정보를 처리하기 위한서 프레임그래버를 설치하고, 3차원 형상정보를 산출하는 프로그램을 작성, 프로그램의 결과를 표시해 주는 장치로 <표 3-6>, <표 3-7>에 나타낸 사양을 갖는 IBM PC 호환된 컴퓨터를 사용하였다.

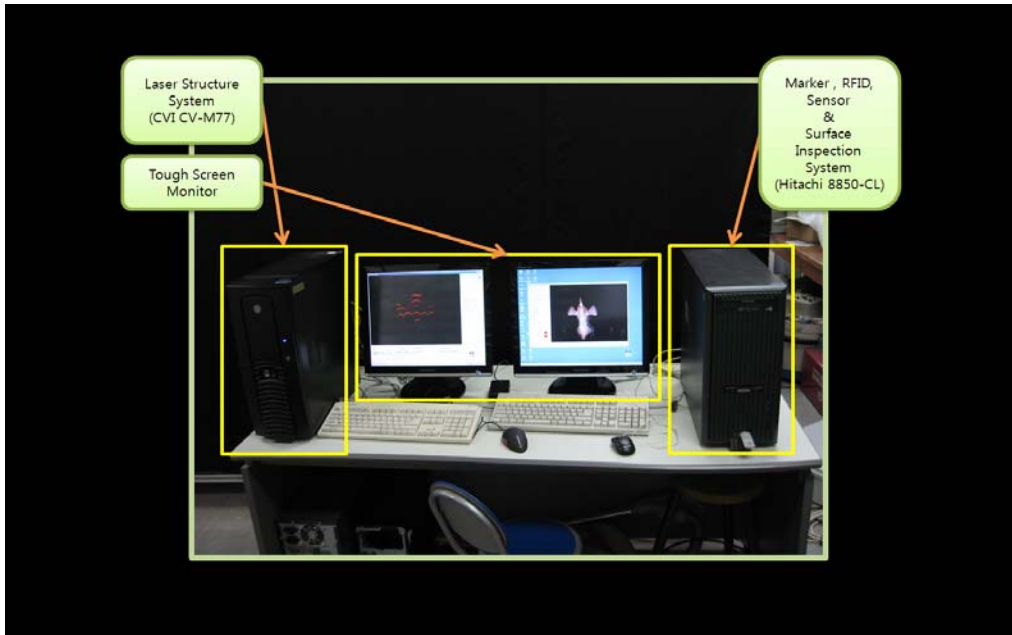


Fig. 3-4-6 Image processing computer

<Table 3-7> Laser structure computer specification

Item	Specification
Processor	Intel Pentium IV 1.6GHz
Memory	512MB
Hard Disk	80GB
Video Card	Nvidia GeForce FX 5500 128MB
O/S	Microsoft Windows XP
Framegrabber	Matrox Meteor II MC/4
Programming Language	Visual Basic

<Table 3-8> Image processing computer specification for surface

Item	Specification
Processor	Intel Pentium IV 2.8GHz
Memory	512MB
Hard Disk	160GB
Video Card	Nvidia GeForce FX 5500 128MB
O/S	Microsoft Windows XP
Framegrabber	Matrox Solios XCL
Programming Language	Visual Basic

3) 프레임그래버

프레임그래버는 아날로그 영상을 수신 받아 디지털 신호로 변환하여 프레임 버퍼에 저장하고, 컴퓨터에서 영상처리를 수행하게 할 수 있는 인터페이스이다. 프레임그래버에 비해 상대적으로 가격이 저렴하면서 NTSC신호를 디지털 변환할 수 있는 오버레이 보드도 있으나 제어시스템에서 직접 아날로그 데이터를 디지털로 바꾸기 때문에 처리속도가 느리다는 단점이 있다. 반면 프레임그래버는 자체 그래픽 프로세서에서 A/D 변환을 하기 때문에 고속의 영상처리를 하기 위해서는 프레임그래버가 적합하다. 때문에 가장 많이 사용되는 프레임그래버 중 Matrox사의 Meteor-II MC4, Matrox Solios XCL를 선정하였다. <표 3-9>, <3-10>은 프레임그래버의 사양이다.

<Table 3-9> Matrox Meteor-II MC/4 Frame Grabber

Meteor - II MC/4	
Acquisition Rate	monochrome or RGB interlaced or progressive scan
Power Output	5 or 12V DC at 3A from PC power supply (not PCI slot)
Host Interface	32-bit PCI bus master/slave up to 130 MB/second sustained 4 MB buffer support for packed or planar image data formats independent horizontal and vertical sub-sampling both from 2 to 16 (by decimation) interrupts for start and end of field, frame and sequence capture

<Table 3-10> Matrox Solios XCL Frame Grabber

Matrox Solios XCL	
Hardware	x4 PCIe™ card with universal 64-bit card 64MB of 83/100 MHz DDR SDRAM for acquisition handles two independent Base or a single Base/Medium Camera Link port(s) Channel Link™ speed of up to 66/85 MHz supports frame and line-scan video sources full reconstruction from multi-tap sources four 4K x 12-bit and two 256 x 8-bit LUTs six TTL configurable auxiliary I/Os four LVDS configurable auxiliary inputs four LVDS configurable auxiliary outputs separate LVDS pixel clock, hsync and vsync outputs four opto-isolated configurable auxiliary inputs serial communication port(s) mapped as PC COM ports optional customizable FPGA-based processing core2

4) 영상 출력부

국부영상처리를 위한 작업자의 교시와 카메라의 영상을 출력하고 개발된 소프트웨어를 이용해 처리되는 영상을 출력하는 장치로 터치스크린 기능이 장착된 19인치 LCD 터치 모니터 두 대를 사용하였다. LCD 모니터 두 대를 사용한 이유는 닭 도체 품질 등급 시스템은 크게 두 부분의 영상처리 파트로 나누어서 영상처리를 하기 때문이다.

5) 조명장치

카메라는 대상체의 영상을 획득하는 장치중 하나로 그 종류는 기능에 따라 매우 다양하다. 카메라를 통하여 획득한 영상을 분석함으로써 대상체의 품질을 판정하기 위해서는 첫째로 대상체 고유의 광학적 특성을 알고 광원(조명)이나 카메라가 영상에 어떠한 영향을 주는지 고려하여야 한다. 즉, 동일한 대상체에 대한 영상일지라도 어떤 파장특성을 가지는 광원을 어떤 방법으로 조명하였는

지 그리고 어떤 감지특성과 출력신호 형태를 가지는 센서(ex: CCD, CID, CMOS)를 사용하였는지에 따라서 크게 달라지기 때문이다.

그리고 영상의 종류에 따라 대상체로부터 획득할 수 있는 정보가 달라지는데, 흑백영상은 대상체의 크기나 형상정보를 얻을 수 있고 색채영상은 대상체의 크기, 형상정보 뿐만 아니라 대상체의 색채 인자까지도 분석 대상에 포함시킬 수 있다. 또한 광학 필터등을 이용하는 필터링 영상은 정상부위와 결점부위간의 광 반사특성이 가장 큰 차이를 보이는 특정 파장 대역의 필터를 이용하여 결점을 분석할 수 있다.

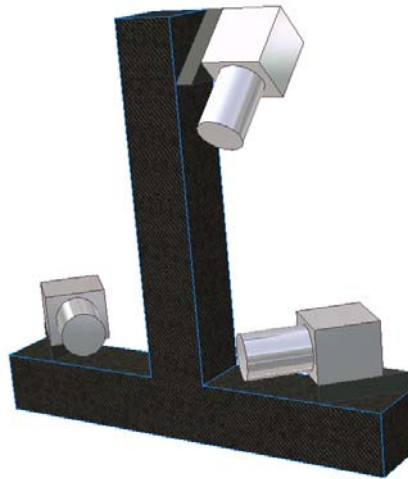


Fig. 3-4-7 Arrangement plan of Halogen lamp

본 연구에서는 칼라영상처리기술이 포함되어 있다. 그러므로 광원을 선택하는 데에도 신중함을 요구하게 된다. 여기서 사용되어지는 빛의 파장대가 가시광 영역이므로 가시광영역대에 고른 빛을 조명해 주는 할로젠 조명을 선정하였다. 그리고 할로젠조명이 집중광 형태이기 때문에 대상체 표면 가운데에 광이 집중되어 특정부분에서 눈부시는 현상을 없애고 그림자로 인하여 대상체 외형 정보에 대해 잘못 인식하는 문제를 없애기 위해 그림 3-4-7과 같이 대각선 방

향으로 두개의 조명을 배치하였고 그림자를 없애기 위해서 카메라 위쪽에 같은 각도로 1개의 조명을 더 배치하여 총 3개의 할로겐 조명을 사용하였다. 그리고 할로겐 조명을 3개나 사용하는 만큼 가운데 집중광을 분산시키기 위하여 그림 3-4-8과 같이 조명 앞부분에 원형 편광 필터를 부착하였다.

또한 밀폐된 공간에서 작동을 하기 때문에 할로겐 조명의 많은 발열량으로 인하여 편광필터가 탈 열려가 있으므로 이 점을 감안하여 그림 3-4-9에 나와 있는 것과 같이 할로겐조명 뒷부분에 장착된 팬으로 찬 공기를 불어넣고 앞부분에 장착되어 있는 에어호스로 뜨거워진 공기를 빼내는 공기 냉각 시스템 구조를 더하였다.

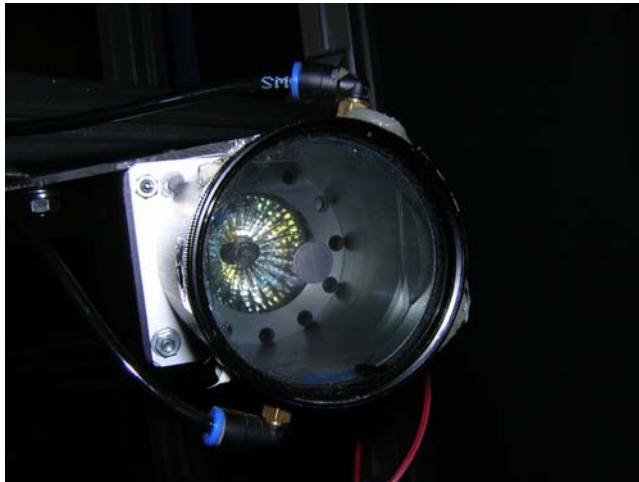


Fig. 3-4-8 Halogen Light Source (Polarizer Filter)

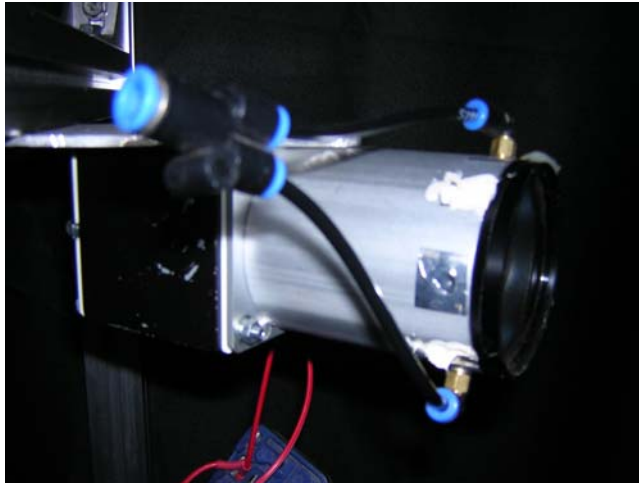


Fig. 3-4-9 Halogen Light Source (Air-Cooling System)

그러나 기존의 할로젠 램프는 색온도가 약 3000K 정도를 가진다. 색온도가 낮아 약간 노란빛을 띄고 집중광이 강하여 실험 영상 획득 시에 많은 문제점이 있었다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 그림 3-4-10, 3-4-11과 같이 고주파 형광등으로 조명을 교체 하였다. 고주파 형광등의 색온도는 4600-5400K로 일반적인 백색을 띄는 제품으로 선정하였다. <표 3-11>은 고주파 형광등의 사양이다.



(a)

(b)

Fig. 3-4-10 (a) Ring type high frequency Fluorescent lamp,
(b) High frequency Power Supply

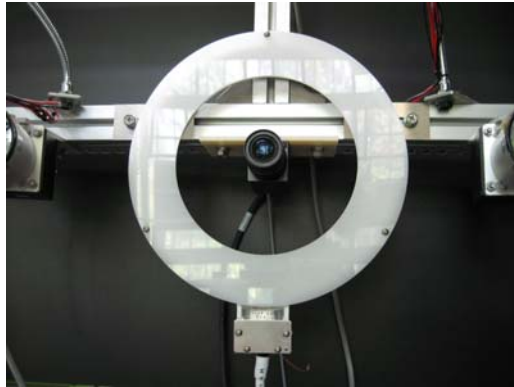


Fig. 3-4-11 High frequency Fluorescent lamp after install Image

고주파 형광등은 넓은 조사면이나 대광량을 필요로 하는 곳에 적합하고, 대형 링 타입 형광 램프는 전극부 유리관의 간격을 매우 좁게 하여 거의 완전한 원형으로 제작되었으므로 균일적인 원 조명으로 이상적인 조명효과를 얻을 수 있다. 또한 확산판(Diffuser)을 부착하여 집중광 현상을 방지하였다.

고주파 타입을 사용한 이유는 일반적인 형광등과 달리 고주파임으로 플리커(flicker : 명멸, 빛 깜박임)가 없고 열 발생이 매우 적으며 뛰어난 색 재현성을 가진다. 또한 넓은 직경으로 제작되어서 넓은 영역을 균일하게 조사하는 데에 최적의 조건을 가진다.

<Table 3-11> RDY250GB-FLC

Item	Specification
Type	RDY250GB-FLC
램프 직경	지름 250mm
링 타입	250GB-NEX-T14-10w
램프 커버	DY250GB
고주파전원	EF4830FLC
출력 케이블	MKR - 2m

6) 레이저 구조광 발생장치

그림 3-4-12은 Class IIIa 레이저 구조광 발생기는 Stockeryale사의 제품으로 600~710nm 파장의 레이저 구조광을 생성하며 19개 라인을 생성한다. 이 장치를 시스템 왼쪽부터 705mm 상단부로 1920mm 수평면과 45°의 각도로 닭 도체를 투사하도록 장착하였다. 본 시스템에서는 19라인 레이저 구조광에서 중심 레이저 구조광 라인 위·아래로 두 라인 씩 총 5라인만 사용을 했다.



Fig. 3-4-12 Class IIIa nineteen line projector.

라. 닭 도체 3차원 형상정보 측정 알고리즘

컴퓨터 시각을 이용하여 2차원 영상정보를 3차원 형상정보로 바꾸는 방법은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째 한 대의 카메라를 사용하여 얻은 영상의 음영을 이용하여 깊이에 대한 정보를 얻는 형상 인식법(Shape Form Shading Technique)이 있다.

이것은 다른 방법에 비해 알고리즘이 복잡하고 형상의 깊이 인식의 정확성이 떨어지는 단점을 지니고 있어 활용에 어려움이 많다. 둘째, 한 대의 카메라와 레이저 구조광을 이용하여 3차원 정보를 측정하는 방법인데, 레이저 구조광은 일반적인 조명과 달리 단파장이고, 직진성을 가지고 있다. 이러한 특성을 이용하여 기준면에 투사되는 레이저 구조광이 대상체에 투사될 때 나타나는 형상변이를 이용하여 대상체의 3차원 형상정보를 얻을 수 있다.

이 방법을 사용하면 일반 조명으로 인한 빛의 퍼짐 현상이 없어 대상체의 영상을 정확하게 인식할 수 있고, 레이저 구조광 이외에는 조명을 사용하지 않으므로 잡음이 적은 이점이 있다. 세 번째 방법은 인간의 시각처럼 두 대의 카메라를 이용하여 3차원 정보를 얻는 스테레오 비전 방법이다. 이 방법은 두 대의 카메라를 통해 얻은 각각의 정보를 이용하여 삼각측량을 실시하여 3차원 정보를 산출하는데, 두 대의 카메라 간 대응점 추출 알고리즘이 필요하다.

움직이는 닭 도체로 부터 획득한 영상 좌표는 2차원의 형태로 많은 노이즈를 가지고 있다. 닭 도체에 레이저 구조광을 투사하게 되면 높이정보에 따라서 기준 레이저 라인으로부터 이격된 거리에 레이저 구조광의 형상변이가 발생한다. 여기서 발생한 형상변이를 이용하여 높이정보를 추출하고, 이를 다시 이용하여 3차원 기준좌표계로 변환시키는 알고리즘을 적용하였다. 그림 3-4-13은 흐름도를 간략히 표시한 알고리즘은 크게 영상획득(Image Acquisition), 전처리 과정, 높이정보추출, 3차원 기준좌표계로 변환 등의 네 단계로 구분된다.

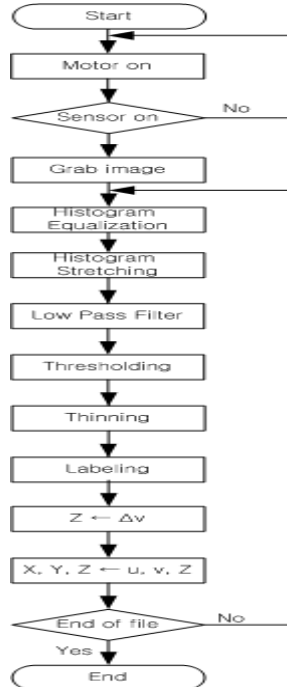


Fig. 3-4-13 Flow chart of 3-D geometric feature measurement algorithm

1) 영상획득(Image Acquisition)

입력장치인 CV-M77 Progressive Scan Color RGB Camera를 이용하여 이동 상태인 닭 도체의 영상을 획득하는 단계이다. 닭 도체를 감지하기 위하여 카메라와 구조광이 일치되는 점에 센서를 설치하여 센서에 샤클이 감지되면 640×480 화소 영역의 영상을 획득하여 0~255의 화소값이 영상처리 보드에 저장된다.

2) 이치화(Thresh holding)

획득한 영상이 가지는 픽셀 값이 여러 가지 노이즈를 포함하고 있다. 레이저 구조광의 퍼짐형상이나 반사로 인하여 0~255사이의 밝기 수준을 갖고 있는데, 영상처리의 속도 향상과 영상해석의 편이를 위하여 256가지의 밝기 수준을 2개의 수준으로 변환하는 이치화 처리가 필요하다. 먼저 이치화 처리를 위해서는 히스토그램을 이용하여 어떤 경계값 T 을 정하고 픽셀의 명도값이 경계값 T 보다 작으면 명도 값 0(검정색)으로, 경계값 T 보다 크면 명도 값 255(흰색)로 만드는 과정이다. 이때 가장 중요한 것이 경계값 T 의 선택문제이다. 이러한 경계값 T 의 설정은 많은 경험과 시행착오를 거치며 얻게 되는데 그 중에서도 가장 간단한 방법이 히스토그램의 분포를 보고 결정하는 것이다.

레이저 구조광의 경우는 과장영역이 일정하고, 거리에 따른 퍼짐현상이 적고 밝기의 수준이 변하지 않는 특성을 지니고 있으므로 경계값 T 을 쉽게 결정할 수 있다. 입력 영상의 값을 나타내는 함수를 $F(u,v)$, 경계값 T 의 저장 값을 $G(u,v)$, 밝기 수준의 경계값을 T 라고 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$G(u,v) = 0 : F(u,v) < T$$

$$G(u,v) = 255 : F(u,v) \geq T$$

본 연구에서는 외부 조명을 차단한 상태에서 레이저 구조광만을 사용하기 때문에 영상면에는 흑백의 배경위에 흰색의 레이저 구조광만이 나타난다. 이렇게

얻은 영상을 경계값 $T=220$ 을 기준으로 이치화한 영상을 그림 3-4-14에 나타내었다.

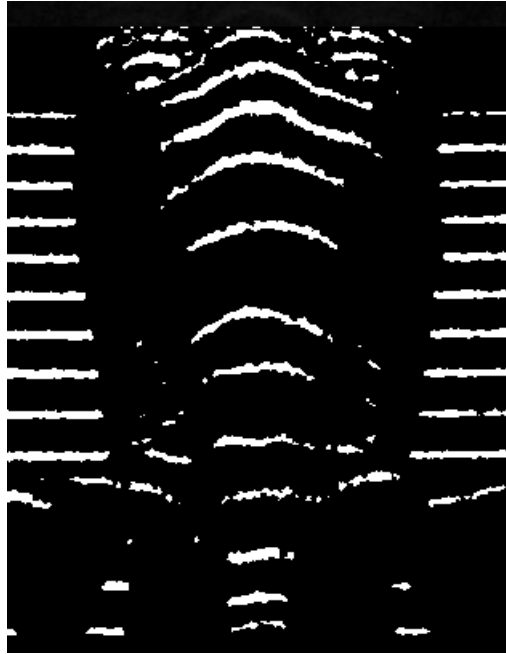


Fig. 3-4-14 Image after thresholding.

3) 세선화(Thinning)

세선화란 두꺼운 선을 단일선으로 바꾸어주는 알고리즘으로 선의 가운데만을 남겨두고 나머지를 제거하는 방법이다. 즉 영상이 갖는 선 성분은 보존하고 선의 도형만 추출하는 알고리즘이다. 이 처리는 호프 변환과 같은 알고리즘을 수행할 때 대상 화소의 수를 줄여 처리 속도를 향상시킬 수 있다. 알고리즘의 구현은 그림 3-4-15와 같은 3×3 의 영상 배열에 대해서 다음과 같은 2단계 처리로 이루어진다.

Pass 1

- $2 \leq$ 명도값이 0이 아닌 이웃 화소 수 ≤ 6
- 0에서 255 또는 255에서 0으로의 천이가 1회

- $p2 \ \& \ p4 \ \& \ p6 = 0$
- $p4 \ \& \ p6 \ \& \ p8 = 0$
- $p2 \ \& \ p6 \ \& \ p8 = 0$

위와 같은 조건이 만족하면 p1을 삭제하기 위하여 표시한다. 1단계가 전 영역에서 모두 수행된 후 삭제로 표시된 화소를 삭제한다. 다음으로 남겨진 화소에 대하여 아래와 같은 조건으로 2단계를 1단계와 같은 과정으로 알고리즘을 수행한다.

Pass 2

- $2 \leq \text{명도값이 } 0 \text{이 아닌 이웃 화소 수} \leq 6$
- 0에서 255 또는 255에서 0으로의 천이가 1회
- $p2 \ \& \ p4 \ \& \ p6 = 0$
- $p4 \ \& \ p6 \ \& \ p8 = 0$

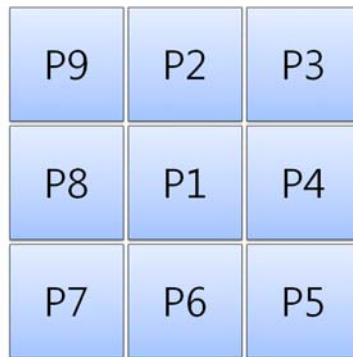


Fig. 3-4-15 Neighborhood array for thinning.

아래의 그림 3-4-16는 이치화한 영상을 단일 화소선의 두께로 세선화한 결과를 보여주고 있다. 화면에 나타난 미세한 굴곡은 레이저 구조광의 미세한 두께차이로 인한 결과이다.

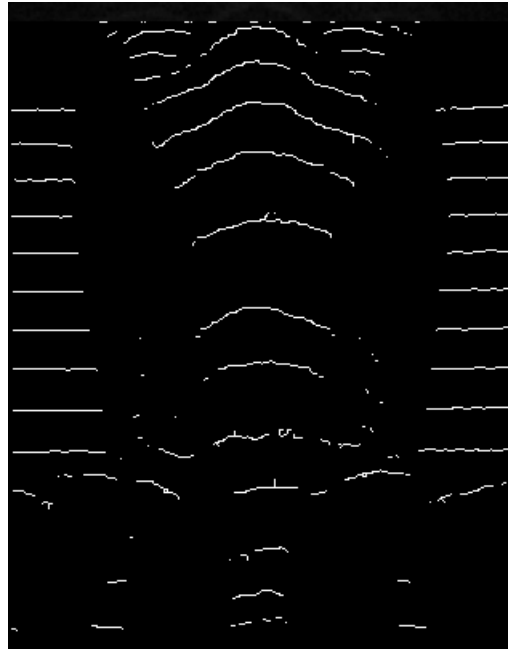


Fig. 3-4-16 Image after thinning.

4) 라벨링(Labeling)

라인 영역으로 분류된 화소들만으로 이루어진 이진영상에 대해 라벨링을 수행하여 각각의 라인에 속하는 화소에 대해 동일한 라벨링 값을 할당한다. 라인 영역에 대한 라벨링을 수행하는 과정은 그림 3-4-17에 보인 바와 같이 3×3 크기의 마스크를 라인 이진영상의 왼쪽 위에서부터 오른쪽 아래 방향으로 한 화소 간격으로 이동시키면서 라인 화소에 중심화소(1번 화소)가 놓일 때에 주변의 8-neighbor를 탐색하고 라인 화소(2번 화소)가 발견되면 중심화소를 2번 화소의 위치로 이동시킨다. 이때 2번 화소에 1번 화소와 같은 라벨링 값을 할당하고 3×3크기의 마스크를 2번 화소를 중심 위치하고 앞의 과정을 반복 수행한다. 최종적으로 동일한 라인 영역에 속한 화소에 동일한 라벨링 값이 할당된 영상이 얻어진다.

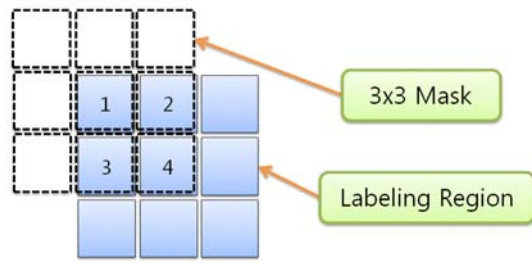


Fig. 3-4-17 3×3mask and line region labeling.

그림 3-4-18를 보면 구조광 라인 부부에 돌출된 잡음을 제거하기 위해서 라벨링 알고리즘을 적용을 해서 제거를 하였다.

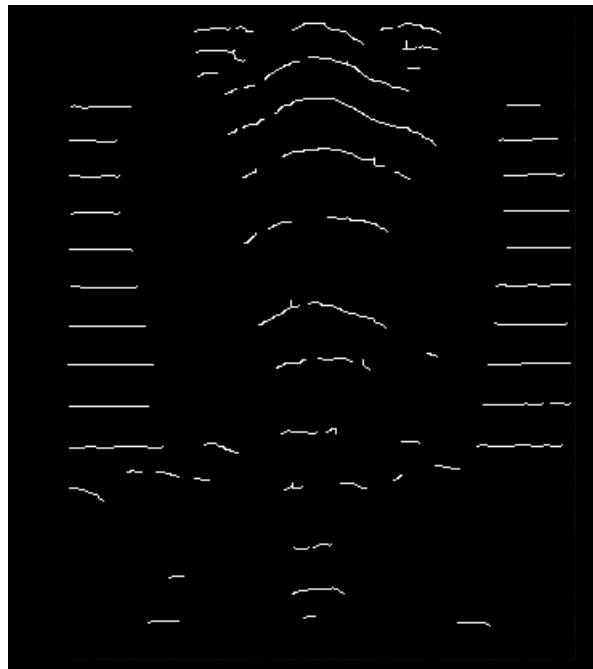


Fig. 3-4-18 Image after labeling.

5) HSI 색채 모델

RGB와 CMY 모델에서 색을 만들고, 하나의 모델로부터 다른 모델로 변경하는 것은 그리 어렵지 않다. 이러한 색 시스템은 하드웨어 구현 이상적으로 적합하다. 게다가 RGB 시스템은 사람의 눈이 적색, 녹색 그리고 청색의 원색에 매우 예민하다는 사실과 잘 결합한다. 불행하게도 RGB와 CMY 그리고 동일한 다른 색 모델은 사람의 해석에 실질적인 용어라는 측면에서 색을 기술하는 데에는 매우 적합하지 않다. 예를 들어 사람은 자동차를 구성하는 각 삼원색의 비율로써 자동차의 색을 언급하지는 않는다. 더 나아가 칼라 영상을 하나의 영상을 구성하기 위해 결합된 삼원색 영상의 조합이라고 생각하지 않는다. 사람이 색을 띤 물체를 볼 때 우리는 그것의 색상 및 채도 그리고 밝기에 의해 기술한다. 색상은 순색(순수한 황색, 오렌지색, 적색)을 기술하는 색 속성이고 채도는 순색이 흰 빛에 의해 희석된 정도의 척도를 제공한다. 밝기는 실제로 측정하기 불가능한 주관적인 기술자이다. 그것은 명도(intensity)의 무채색적인 개념을 구체화하며 색 지각을 설명하는데 있어 중요한 인자이다. 또한 명도(명암도 gray level)가 흑백영상의 가장 유용한 기술자이다. 이 양은 명확하게 측정 가능하며 쉽게 이해될 수 있다. HSI(색상, 채도, 명도) 색모델(color model)은 칼라 영상에서 색을 전달하는 정보로부터 명도를 분리한다. 결과로서 HSI 모델은 결국 영상처리 알고리즘의 개발자 혹은 사용자에게 자연스럽고 직관적인, 색 기술에 기초한 영상처리 알고리즘을 개발하는데 하나의 이상적인 도구이다. RGB가 영상의 색 생성(칼라 카메라에 의한 영상의 획득 혹은 모니터 화면에서의 영상 출력)에 이상적이다라는 말로 요약할 수는 있으나 색의 기술(description)을 위해 RGB를 사용하는 것은 매우 많이 제한되어 있다. 그러나 HSI는 색의 기술에 매우 효과적인 방법이다.

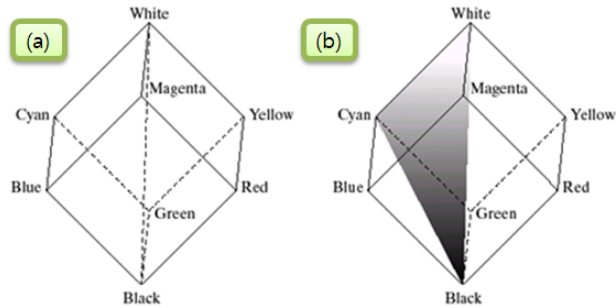


Fig. 3-4-19 Conceptual relation between RGB and HSI color models

(a) RGB color model (b) HSI color model

RGB 칼라 영상은 세 개의 흑백 명도 영상(적색, 녹색, 청색을 나타내는)으로 보여질 수 있고, 하나의 RGB 영상으로부터 명도를 뽑아낼 수 있어야 한다는 것은 놀라운 일이 아니다. 그림 3-4-19와 관련지어 언급하면 명도(명암도)는 두 정점을 잇는 선을 따라 결정된다. 그림 3-4-19는 임의의 색 명도 성분을 결정하자면, 그 색을 포함하고 있는 명도 값을 가진 점이다. 또한 명도 축으로부터 거리의 함수로써 색의 채도(순도)가 증가한다. 즉 명도 축 위의 점들은 채도가 0이며 이것은 이 축 상에 있는 모든 점들은 회색이다 라는 사실에 뒷받침된다.

어떻게 주어진 RGB점으로부터 색상이 결정되는지를 보려면 세 점(검은색 흰색 청록색)에 의해 결정되는 한 평면을 보여주는 그림 3-4-19(b)를 고려하면 된다. 평면에 포함된 검은색과 흰색은 명도축이 이 평면에 포함되는 모든 점과 이 평면에 포함되는 정육면체의 가장자리는 모두 동일한 색(이 경우는 청록색)을 갖는다는 것을 알 수 있다. 즉 삼원색에 의해 만들어지는 모든 색은 그러한 원색들에 의해 정의되는 삼각형 안에 포함된다. 만일 그러한 점들의 두 개가 흰색과 검정색이며 세 번째 색이 유채색이라면 삼각형 내부에 있는 모든 점들은 동일한 색상을 갖는다. 왜냐하면 검정과 흰색 성분은 색상을 변화시키지 않는다.(물론 삼각형 내부에 있는 점들의 명도와 채도는 서로 다르다.) 수직 방향

의 명도 축에 대해 음영을 준 평면을 회전함으로써 다른 색상을 얻을 수도 있다. 이러한 개념으로부터 HSI 공간을 형성하기 위해 요구되는 색상 및 채도 그리고 명도는 RGB 색 육면체로부터 얻을 수 있다는 결론에 도달한다. 즉 임의의 RGB점을 기하학적인 식을 적용하여 HSI 모델에 대응하는 점으로 변환할 수 있다.

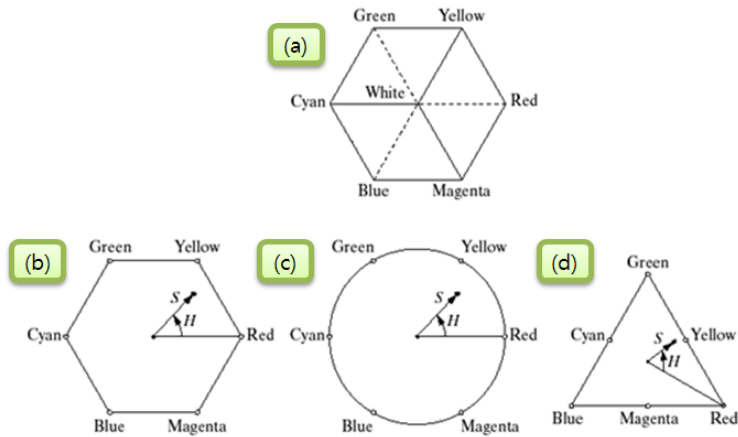


Fig. 3-4-20 HSI color model

그림 3-2-19에서 정육면체의 정렬과 그에 대응하는 HSI 색공간에 관해서 명심해야 할 중요한 요소는 HSI 공간은 수직의 명도 축에 의해 표현되며 각 칼라 점들의 궤적은 이 축에 수직하는 평면 위에 놓여있다는 것이다. 이 평면이 명도 축을 따라 상하로 이동하면 각 평면과 정육면체의 겉 표면의 교차에 의해 정의되는 가장자리는 삼각형 혹은 육각형 모양을 갖는다. 이것은 그림 3-4-20(a)에서 보는 것처럼 명암도 축에서 정육면체를 내려다 봄으로써 훨씬 잘 시각화될 수 있다. 이 평면에서 원색은 120° 씩 분리되어 있고, 보조색은 원색과 60° 의 위치에 있으며 그것은 보조색 사이의 각이 또한 120° 라는 것을 의미한다. 그림 3-4-20(b)는 동일한 육각형 형태와 임의의 색(점으로 표현된)을 보여준다. 이 점의 색상은 어떤 기준점으로부터의 각에 의해 결정된다. 일반적

으로 (항상 그렇지는 않지만) 적색 축으로부터 0° 각도는 0° 색상을 타나낸다. 그리고 색상은 적색 축으로부터 반시계 방향으로 증가한다. 채도(수직 축으로부터의 거리)는 원점으로부터 임의의 점까지 벡터의 거리이다. 원점은 색평면과 수직의 명도 축과의 교차점에 의해 정의된다는 것을 언급한다. HSI 색공간의 중요한 성분은 수직의 명도 축 및 각 색까지의 벡터의 거리 그리고 적색축과 이 벡터의 각이다. 그러므로 그림 3-4-20(c)와 그림 3-4-20(d)처럼 HSI 평면이 막 논의된 육각형 또는 삼각형 혹은 심지어 원에 기초하여 정의된다고 보는 것은 예외적인 일이 아니다. 선택된 형태는 정말로 문제가 되지 않는다. 왜냐하면 이러한 형태의 어느 것도 기하학적인 변환에 의해 다른 두 개 중의 하나로 워핑(warping) 될 수 있기 때문이다. 그림 3-4-21은 색 삼각형과 또한 원에 기초한 HSI 모델을 보여준다.

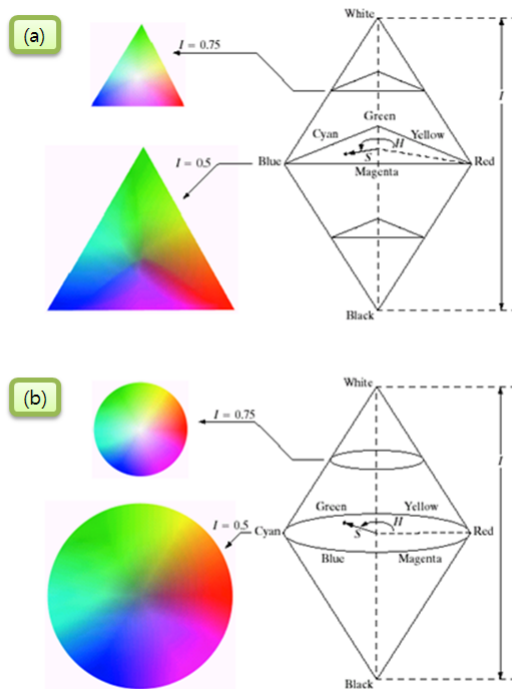


Fig. 3-4-21 (a)Triangle color model (b) Circle color model

가) RGB에서 HSI로의 변환

RGB 색형식으로 임의의 영상이 주어졌을 때 각 RGB 화소의 H 성분은 다음 식을 이용하여 얻어진다.

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B \geq G \end{cases} \text{-----식(4-23)}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-G)(G-B)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \text{-----식(4-24)}$$

채도 성분은 아래와 같이 주어진다.

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \text{-----식(4-25)}$$

마지막으로 명도 성분은 아래와 같다

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \text{-----식(4-26)}$$

RGB 값은 0, 1 사이로 되어 있다고 가정한다. 그리고 그림 2처럼 각도 θ 는 HSI 공간의 적색 축에 대하여 측정된다. 색상은 식(4-24)에 의해 얻어지는 모든 값을 360° 로 나눔으로써 0, 1 사이의 값으로 정규화할 수 있다. 두 개의 다른 HSI 성분은 RGB값이 0, 1 사이의 범위에 있으면 이미 이러한 범위 사이에 존재한다.

식(4-24)부터 식(4-26) 사이의 결과는 그림 3-4-19과 그림 3-4-20에서 보여지는 기하학으로부터 유도될 수 있다.

나) HSI에서 RGB로의 변환

0, 1 범위의 HSI값에 대해 같은 범위 내의 대응되는 RGB값을 알고자 한다. 타당한 식은 H의 값에 달려있다. 원색의 사이에 120° 간격에 대응하는 세 개의 영역에 있다. 먼저 H 값에 360°를 곱한다. 즉 색상은 원래의 범위 0°, 360° 사이에 두고 시작하는 것이다.

RG영역 ($0^\circ \leq H \leq 120^\circ$)에 대해, H가 이 영역에 있을 때 RGB 성분은 아래의 식에 의해 주어진다.

$$B = I(1 - S) \quad \text{-----식(4-27)}$$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right] \quad \text{-----식(4-28)}$$

및

$$G = 1 - (R + B) \quad \text{-----식(4-29)}$$

GB영역 ($120^\circ < H \leq 240^\circ$)에 대해, 만일의 H값이 이 영역에 주어진다면 그 값으로부터 120°를 뺀다.

$$H = H - 120^\circ \quad \text{-----식(4-30)}$$

그리고 성분은

$$R = I(1 - S) \quad \text{-----식(4-31)}$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right] \quad \text{-----식(4-32)}$$

및

$$B = 1 - (R + G) \quad \text{-----식(4-33)}$$

BR영역 ($240^\circ < H \leq 360^\circ$)에 대해, 만일의 H 값이 이 영역에 주어진다면 그 값으로부터 240° 를 뺀다.

$$H = H - 240^\circ \quad \text{-----식(4-34)}$$

그러면 RGB 성분은

$$G = I(1 - S) \quad \text{-----식(4-35)}$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right] \quad \text{-----식(4-36)}$$

및

$$R = 1 - (R + G) \quad \text{식(4-36)가 된다.}$$

다) HSI 성분 영상 다루기

그림 3-4-22(a)는 원색과 RGB 보조색으로 이루어진 영상을 보여준다. 그림 3-4-22(b)부터 3-4-22(d)는 이러한 영상의 색상 및 채도 그리고 명도를 보여준다. 이러한 영상은 식 (4-24)부터 식 (4-26)를 통해 생성되었다. 그림 3-4-22(b)의 명암도는 각에 대응한다. 즉, 예를 들어 적색은 0° 에 해당하고 그림 3-4-22(a)의 적색 영역은 칼라 영상에서 검정으로 사상된다. 마찬가지로 그

림 3-4-22(c)의 명암도는 채도에 해당한다. (그 값은 출력을 위해 0, 255로 조절된다.) 그리고 그림 3-4-22(d)의 명암도는 평균 명도이다.

RGB 영상에서 어느 영역의 각 색을 변화시키기 위해서 3-4-22(b)의 칼라 영상에서 해당하는 영역의 값을 바꾸어야 한다. 그러면 우리는 S와 I를 바꾸지 않고 새로운 H 영상으로 변환한 다음 식 (4-31)부터 식 (4-36)와 관련하여 설명된 과정을 이용하여 RGB 값으로 돌아간다. 어느 영역에서 색의 채도(순도)를 바꾸려면, HSI 공간에서 채도 영상을 바꾸는 것을 제외하고는 동일한 과정을 따른다. 동일한 설명이 어느 영역의 평균 명도를 바꾸기 위해서 적용된다. 물론 이러한 변화는 동시에 만들어질 수 있다. 예를 들어 그림 3-4-23(a) 영상은 그림 3-4-22(b)에서 청색과 녹색 영역에 대한 화소를 0으로 바꿈으로써 얻어진다. 그림 3-4-23(a)영상은 그림 3-4-22(d)에서의 채도 영상에서 청록의 채도를 반으로 줄였다. 그림 3-4-23(c)에서 그림 3-4-22(d)의 명도 영상에서 중앙의 흰색 영역의 명도를 반으로 줄였다. 이러한 수정된 HSI 영상을 RGB로 되돌린 결과는 그림 3-4-23(d)에 보여진다. 기대한 바대로 이 그림에서 모든 원 밖의 영역은 거의 적색이다. 청록 영역의 순도는 줄어들고 중앙 영역은 흰색보다는 회색이 되었다. 이러한 결과는 단순함에도 불구하고 우리가 색을 묘사할 때 매우 친숙한 양인 색상과 채도 그리고 명도에 대한 독립적인 제어를 허용하는 HSI 모델의 힘을 잘 보여준다.

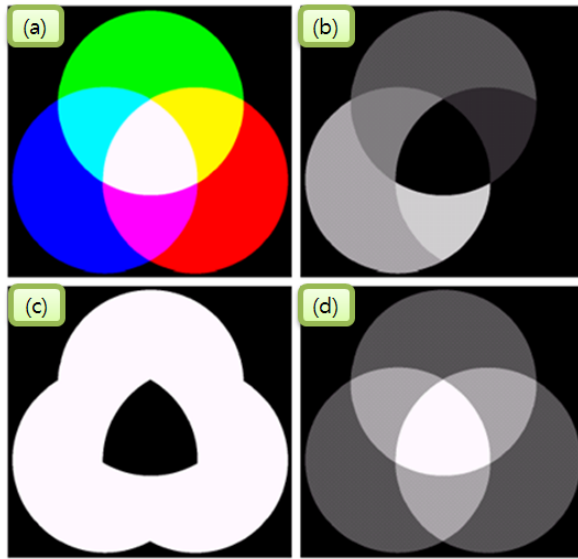


Fig. 3-4-22 (a) RGB image and the components of it's corresponding HSI image (b) Hue, (c) saturation, and, (d) intensity

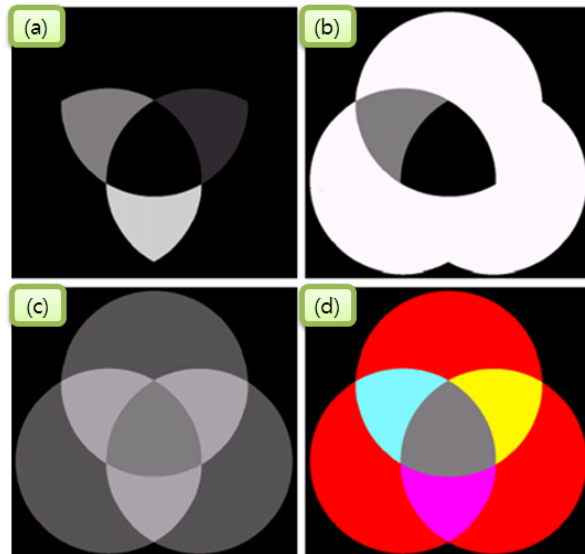


Fig. 3-4-23 (a)-(c)Modified HSI Component images,
(d) Resulting RGB image

2. 닭 도체 3차원 정보 측정 결과

가. 3차원 높이정보추출

위에서 추출한 Δv 로부터 높이정보 z 값을 산출하는 단계이다. 식(4-22)에 의거하여 이미 구축된 회기방정식을 이용하여 높이정보 z 를 계산한다. 이 단계에서는 중심선에 위치하는 라인은 높이 변화가 존재하지 않는 부분이므로 화소값을 0으로 변환하는 조작, 즉 실제 높이의 변화가 나타나는 부분만을 화면에 표시하도록 값을 변화하는 처리를 하는데, 이 변화된 부분만을 기억시켰다가 획득된 전체 영상 파일들의 처리가 끝나면 한 화면에 나타낸다.

나. 3차원 기준좌표계로 변환

위에서 산출한 높이정보 z 와 라벨링하여 얻어낸 레이저 구조광의 2차원 영상좌표 (u, v) 를 식(4-14)에 대입하여 3차원 기준좌표계상의 정보 (x, y, z) 를 추출하는 단계이다. 그러나 사전에 카메라 보정을 실시하여 식(4-13)의 카메라 좌표변환행렬 P 를 구하여야 한다.

다. 높이정보와 2차원 영상좌표를 3차원 기준좌표로 변환

본 연구를 위하여 제작한 3차원 형상정보 측정 시스템으로 보정차트의 높이를 243~343mm까지 20mm씩 증가시켜가며 얻은 6개의 샘플점들의 영상좌표와 기준좌표계의 정보들을 사용하여 보정한 결과 산출한 카메라 좌표변환행렬 P 는 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & 1 \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} 1.0030 & 0.0023 & -0.3128 & 314.7270 \\ -0.0081 & -0.9789 & -0.2333 & 236.4386 \\ 0.0000 & 0.0000 & -0.0010 & 1.0000 \end{pmatrix} \text{-----식(4-37)}$$

이 좌표변환행렬을 사용하여 직접적으로 영상좌표에 적용하였으며, 높이정보(z)

를 알고 있는 임의의 점의 영상좌표(u, v)를 식(4-14)에 대입하여 기준좌표계 상에서의 대응하는 3차원 좌표를 산출 할 수 있다.

<표 3-12>은 보정차트에 표시한 6개의 샘플점의 기준 좌표값(x, y, z)과 영상으로 획득하여 얻은 화소값(u, v), 그리고 변환행렬을 이용하여 계산된 좌표값(X, Y)과 오차를 나타낸 것이다. <표 3-12>을 보면 243mm에서 최대오차를 가지며 X, Y의 오차제곱근의 값 $|\Delta E|$ 가 0.02mm로 나타났지만, 화소좌표의 측정에 따른 오차로 보여진다. 이상의 결과로 높이정보 z값을 알면 좌표변환행렬을 이용하여 영상좌표계상의 2차원 정보를 기준좌표계상의 3차원정보로 정확하게 추출할 수 있음을 알 수 있다.

<Table. 3-12> Computer and original coordinates of sample points for camera calibration sample at 243mm shift (x, y, z unit : mm).

Node	Original coord			Image coord		Computer coord		Error		
	x	y	z	u	v	X	Y	$ \Delta X $	$ \Delta Y $	$ \Delta E $
1	50	50	243	384	173	50.27	50.09	0.27	0.09	0.02
2	100	-50	262	454	305	99.78	-50.09	0.22	0.09	0.02
3	-100	100	283	177	103	-99.94	99.91	0.06	0.09	0.00
4	-50	-50	303	245	311	-50.27	-49.93	0.27	0.07	0.02
5	0	100	323	318	94	-0.14	100.02	0.14	0.02	0.00
6	0	-100	343	319	391	0.29	-100.00	0.29	0.00	0.00

라. 레이저 구조광의 형상변위에 따른 높이정보 추출

본 연구에서는 보정차트를 이용하여 높이가 243mm에 투사된 레이저 구조광의 기준상의 v좌표의 평균값과 243mm에서 343mm까지 20mm씩 높이를 증가시켰을 때 획득한 v좌표의 평균값의 차이를 가지고 식(4-21)을 이용하여 높이정보를 추출하는 다음과 같은 상관관계식을 정립하였다.

$$Z_{i+2} = -0.0007798 \times (\Delta v)^2 + 0.74005684 \times (\Delta v) + 242.984156 \quad \text{-----식(4-38)}$$

$$Z_{i+1} = -0.0006616 \times (\Delta v)^2 + 0.7228676 \times (\Delta v) + 243.039507 \quad \text{-----식(4-39)}$$

$$Z_i = -0.0006688 \times (\Delta v)^2 + 0.723515762 \times (\Delta v) + 243.005762 \quad \text{--식(4-40)}$$

$$Z_{i-1} = -0.0006694 \times (\Delta v)^2 + 0.72325454 \times (\Delta v) + 243.019172 \quad \text{-식(4-41)}$$

$$Z_{i-2} = -0.0007798 \times (\Delta v)^2 + 0.74005684 \times (\Delta v) + 242.984156 \quad \text{-식(4-42)}$$

<표 3-13>부터 <표3-17>은 각 높이별로 보정차트에 투사된 영상을 이용하여 얻은 좌표의 평균값과 그 값을 위의 식에 대입하여 추출한 높이를 나타낸 것이다. 표에서 보면 1번째 구조광의 경우 최대 0.6mm 이내의 오차를 갖는 정확한 높이를 추출하는 결과를 나타내었다. 실제로 높이가 존재하는 대상체를 측정하는 경우에는 아무런 문제가 발생하지 않는다.

<Table. 3-13> Estimated heights of measured from laser structured light using the correlative equation. (Zi-2 unit : mm)

No	Zo	Laser structured light			
		V	ΔV	Z	ΔE
1	243	245.9765	0.00	0.00	0.00
2	263	217.7647	28.3962	263.3701	0.3701
3	283	188.1059	56.7132	282.4470	-0.5530
4	303	155.9647	89.2526	302.6591	-0.1758
5	323	120.8549	125.6471	323.6591	0.6591
6	343	83.8549	162.6314	342.7155	-0.2845

<Table. 3-14> Estimated heights of measured from laser structured light using the correlative equation. (Zi-1 unit : mm)

No	Zo	Laser structured light			
		V	ΔV	Z	ΔE
1	243	271.8039	0.00	0.00	0.00
2	263	243.2927	28.5412	263.1321	0.1321
3	283	213.8784	57.9255	282.6922	-0.3078
4	303	181.5961	90.2078	302.8645	0.1355
5	323	146.0353	125.7686	323.4893	0.4893
6	343	109.8039	162	342.7823	-0.2177

<Table. 3-15> Estimated heights of measured from laser structured light using the correlative equation. (Zi unit : mm)

No	Zo	Laser structured light			
		V	ΔV	Z	ΔE
1	243	297.9569	0.00	0.00	0.00
2	263	263.3333	28.6235	263.1674	0.1674
3	283	239.9765	57.9804	282.7072	-0.2928
4	303	207.6118	90.3451	302.9130	-0.0870
5	323	172.2863	125.6706	323.3682	0.3682
6	343	135.6118	162.3451	342.8385	-0.1615

<Table. 3-16> Estimated heights of measured from laser structured light using the correlative equation. (Z_{i+1} unit : mm)

No	Z ₀	Laser structured light			
		V	ΔV	Z	ΔE
1	243	325.1373	0.00	0.00	0.00
2	263	293.6553	28.5020	263.1674	0.1674
3	283	266.7882	58.1529	282.7072	-0.2982
4	303	234.7882	90.3490	302.9130	-0.0870
5	323	199.5216	125.6157	323.3682	0.3682
6	343	162.6471	162.4901	342.8385	-0.1615

<Table. 3-17> Estimated heights of measured from laser structured light using the correlative equation. (Z_{i+2} unit : mm)

No	Z ₀	Laser structured light			
		V	ΔV	Z	ΔE
1	243	352.8510	0.00	0.00	0.00
2	263	324.4549	28.3961	263.3701	0.3701
3	283	293.1378	56.7132	282.4470	-0.5530
4	303	263.5984	89.2526	302.8242	-0.1758
5	323	227.2039	125.6471	323.6591	0.6591
6	343	190.2196	162.6314	342.7155	-0.2845

마. 영상 처리 알고리즘 개발

닭 도체는 공산품과는 달리, 크기와 모양이 각기 다르며 크기가 작다고 해서 하등품이나 불량품이 아니고 크기가 크다고 해서 상등품이 아니다. 이렇듯 단순히 크기만으로는 품질을 판정하기 어렵고 대상체가 먹는 음식이기 때문에 비과파적인 방법으로 닭 도체에 대한 품질을 판정하려 한다면 인간이 모든 사물을 분석하는 데 가장 많이 사용하는 시각 능력인 컴퓨터시각 시스템이 가장 적격하다고 본다. 컴퓨터시각을 이용하여 닭 도체를 판별하기 위해서는 인간의 시각적 관점에서 영상처리 알고리즘을 개발하여야 한다. 영상처리 알고리즘은 크게 영상 획득, 전처리, 영상 분할, 표현 및 서술, 인식 및 해석 이렇게 5가지 단계로 대상체에 적합하게 개발하게 된다. 다음은 각 영상처리 단계별로 고려 해야 하는 주요 요점을 간략하게 정리한 것이다.

1) 영상 획득

입력장치인 Progressive Scan CCD Color Camera를 이용하여 샷에서 이동 중인 닭도체의 영상을 획득하는 단계이다. 대상체를 감지하기 위하여 설치된 포토센서로부터 전달받은 신호를 카메라의 동작신호로 사용한다. 센서로부터 신호가 입력되면 연속적으로 받아들이던 영상을 캡처하여 640 × 480 픽셀 영역의 영상을 R, G, B 3개의 색상으로 나누어서 영상처리 보드에서 0~255레벨의 픽셀 데이터 값으로 디지털화 한 후 제어시스템 내 메모리에 저장하게 된다.

2) 전처리

전처리는 획득한 영상을 이용하여 영상처리를 하기 위해 불필요한 요소는 제거하고 필요한 요소를 부각시키는 과정으로서 본 논문에서는 배경과 대상체를 분리하기 전에 Image Contrast를 높여 인식률을 좋게 하기 위해 Histogram Equalization을 수행한다.

3) 영상 분할

영상처리를 하는데 있어 대상체 이외의 배경은 영상처리 과정에서 변환을 하고 품질 판정을 하는데 있어서 노이즈로 나타나는 등의 방해요인이 되므로, 대상체와 분리하여야 한다. 영상 분할을 하기 위해서는 일단 불연속적인 점, 선, 혹은 면의 Edge등을 검출하고 각각의 점, 선 의 Edge을 국부처리 마스크로 이웃한 점, 선들을 연결한다. 그리하여 생성된 영역들을 확장시키고 영역의 픽셀 특성 등을 고려하여 영역을 분리 혹은 병합하여 대상체와 배경의 경계값인 윤곽선을 찾아낸다.

4) 표현 및 서술

컴퓨터가 대상체를 대상체로서 인식하기 위해서는 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태로 대상체에 대한 데이터를 변환 시켜줘야 한다. 즉, 대상체의 특징을 찾아서 원, 삼각형, 다각형들의 조합으로 표현해야 한다. 방법에 따라 영역의 외부적 특성(경계의 점, 선들의 푸리에 변환, 체인코딩 등의 특징)을 검출하여 표현하는 경계서술자와 위상, 질감 등 영역의 내부적 특성을 검출하여 표현하는 영역 서술자로 나타낼 수 있다. 본 논문에서는 경계서술자 형식으로 외곽 경계선의 꼭지점을 연결하여 대상체를 표현하였다.

5) 인식 및 해석

궁극적인 목표로 컴퓨터시각을 이용하여 영상처리를 하는 이유가 바로 인간의 판단이 아닌 컴퓨터 스스로가 외부영상을 받아들여 그 영상에 있는 대상체가 어떤 것인지를 판단할 수 있는 시스템을 만드는 것이다. 인식 및 해석은 하나의 영상을 가지고 판단하는 것이 아니라 비슷한 대상체에 대한 반복을 통한 패턴의 발견, 학습 및 정의하는 과정이다.

3. 닭 도체 외형 정보 추출 영상처리 알고리즘 결과

외형은 그 대상체를 판별하기 위한 가장 기본적인 정보이다. 가장 기본이라는 것은 가장 중요하다는 말이기도 하다. 본 연구에서는 외형을 추출하기 위해서 먼저 전 처리로 히스토그램 평활화를 수행하였다.

히스토그램 평활화란 영상의 각 색상별 밝기값의 단위는 0~255 이지만 영상에 따라 사용되어지는 밝기값도 있고 전혀 안 사용되어지는 밝기값도 있다. 또한 광량에 따라 광량이 작아서 전체적으로 어두운 영상도 있는 반면, 너무 많은 광량이 들어와서 전체적으로 너무 밝은 영상도 있을 수 있다. 이렇듯 한쪽에 쏠려있는 등 고르지 못하게 퍼져있는 픽셀 밝기값을 고르게 분포시키는 역할을 한다.

가. 카메라 색 보정

일반적으로 컴퓨터시각장치의 구성 요소인 CCD 카메라와 프레임그래버는 제조사에 따라 각기 다른 특성을 갖고 있으므로 동일한 물체의 색을 측정하더라도 출력값에는 차이가 있으며 또한 광원의 종류와 조명 방법 그리고 렌즈의 조리개 개방 정도도 측정값에 영향을 미친다. 예를 들어 삼파장등 조명하에서 물체의 색이 정상적으로 보이도록 카메라를 설정한 후 백열등으로 조명을 바꾸면 물체는 빨간색이 강조되어 나타나게 된다. 이는 광원의 색 온도가 바뀔 때 따라 백색 기준값이 달라지게 되기 때문으로 따라서 동일한 측정 장치와 동일한 물체라 하더라도 조명에 따라 측정값이 다르게 나오는 경우가 발생한다. 결국 색 측정을 수행하기 위해서는 기본적으로 시스템을 초기화 시키는 작업이 반드시 선행되어야 할 것으로 판단하였으며 본 연구에서는 시스템 초기화를 위하여 카메라의 색 균형(Color balance)을 조정하는 방법을 사용하였다. 카메라의 색 균형은 어느 한쪽의 색상이 치우칠 경우 R-G, G-B 와 같은 색상 값을 조정하는 것으로 백색 기준판의 RGB 측정값이 모두 255, 255, 255(8 bit)로 측정되어야 한다. 그림 3-4-24는 MINOLTA사의 White Calibration Plate를 사용하여 색 보정을 하였다.



Fig. 3-4-24 Minolta Calibration Plate

나. 색 보정 결과

색은 칼라영상처리를 하는데 매우 중요한 요소이다. 컴퓨터가 받아들여 저장하는 색에 대한 정보는 사용되는 카메라, 프레임 그래버, 조명 등 각 장치의 특성에 따라 또한 자연광의 변화(밤, 낮)와 같은 외부조건에 따라 동일한 대상체이라도 색 정보는 전혀 다르게 나타날 수 있다. 따라서 외부조건은 제외하더라도 고정 장치인 카메라와 프레임 그래버, 조명에 대해서는 색 보정을 하여 기준값을 통일하여야 한다. 본 연구에 사용된 할로겐 조명은 색온도가 일반적으로 3500(노란빛)를 나타내는 조명장치이다. 하얀 바탕에 할로겐 조명을 비추게 되면 그림 3-4-25에 왼쪽 사진과 같이 노란색으로 보임을 알 수가 있다. 이와 같은 조명으로는 올바른 칼라영상처리가 불가능하기 때문에 색 보정을 하여야 한다.

먼저 외부 조건에 영향을 최소화하기 위해서 시스템 외형을 커튼 재질의 검은 천으로 둘러싸 자연광 및 시스템 외부 광원을 차단하였다. 그런 이후 시스템에

대한 색 보정은 MINOLTA 사의 White Calibrtrion Plate(이하 백색판)를 사용하여 조명을 백색판에 비추고 거기서 반사되는 빛을 카메라로 받아들인 후 저장을 하여 색 균형(color Balance)을 조절 하는 방법을 사용하였다.

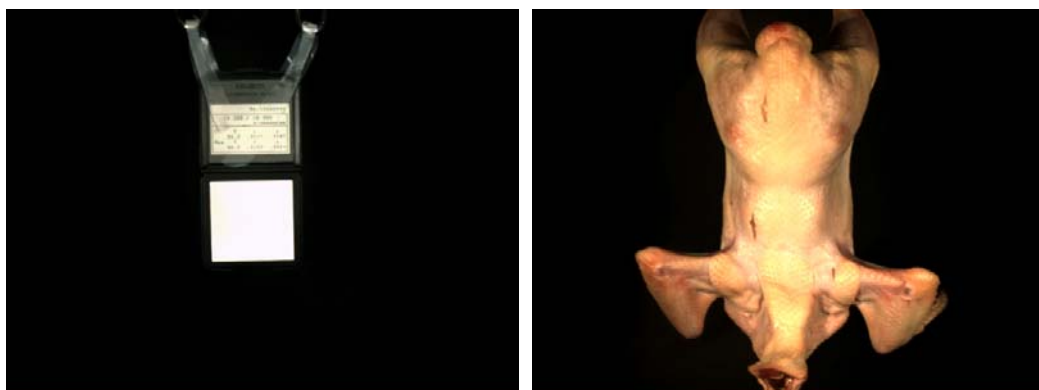


(a)

(b)

Fig. 3-4-25 Halogen illumination befor calibration

(a) A Calibration Plat (b) A Chicken carcass



(a)

(b)

Fig. 3-4-26 Halogen illumination after calibration

(a) A Calibration Plat (b) A Chicken carcass

이론적으로는 저장된 영상에서 백색판 위치의 RGB값이 모두 255, 255, 255 의 값을 가지도록 해야 하지만 실제로는 약간의 차이가 있어 RGB값 모두가 포화된 상태를 얻기 어려워서 RGB 값이 모두 240~245사이의 값을 갖는 경우를 색 보정이 이루어진 것으로 간주하였다.

위의 그림 3-4-25은 색을 보정하기 전에 찍은 백색판 사진과 샤클에 걸려있는 닭도체의 사진이고 그림 3-4-26은 색을 보정한 백색판 사진과 닭도체의 사진이다. 닭도체의 사진을 보면 색 보정 전에는 전체적으로 노란 빛을 띤 도체표면을 볼 수 있고 색 보정후에는 닭도체 표면이 원래의 피부색과 비슷하게 나타나고 상처부위와 풍지에 변색된 부위도 선명하게 알아볼 수 있었다.

다. 외형 정보 추출 알고리즘 개발

1) 닭 도체 몸통 부위 추출 알고리즘

그림 3-4-27은 닭 도체 품질 등급 판정을 하기 위한 가장 기본적인 정보이다. 본 연구에서는 외형을 추출하기 위해서 그림 3-4-28처럼 전처리로 히스토그램 평활화를 수행하였다.

히스토그램 평활화란 영상의 각 색상별 밝기값의 단위는 0~255 이지만 영상에 따라 사용되어지는 밝기값도 있고 전혀 안 사용되어지는 밝기값도 있다. 또한 광량에 따라 광량이 작아서 전체적으로 어두운 영상도 있는 반면, 너무 많은 광량이 들어와서 전체적으로 너무 밝은 영상도 있을 수 있다. 이렇듯 한쪽에 쏠려있는 등 고르지 못하게 퍼져있는 픽셀 밝기값을 고르게 분포시키는 역할을 한다.



Fig. 3-4-27 Original image from a camera

비록 색 보정과 자연광 차단을 통해 그림자가 없고 깨끗한 영상을 받아들였지만, 그 와중에도 빛이 산란되므로, 검은 커튼이라고 하더라도 완벽히 외부광을 차단할 수 있는 것은 아니기 때문에 이후에 영상처리과정에서 두드러질 수 있는 잡음을 없애고 정확한 정보를 얻기 위해 필요한 과정이다.



Fig. 3-4-28 Image Processing by histogram equalization



Fig. 3-4-29 Transformation for gray scale level

그림 3-4-29는 칼라 RGB 영상을 그레이 스케일 레벨 영상으로 변환시켜 첫째로 불필요한 정보를 줄여 빠른 처리속도와 적은 저장공간을 가질 수 있게 하였다. 닭 도체 외형정보를 추출하는 데 있어서 배경과 닭 도체의 경계값인 외곽선을 찾을 때에 칼라정보를 필요로 하지는 않으므로 변환하여도 무방하다고 보았다.

영상 분할의 단계에서는 문턱치를 통해 배경과 닭 도체를 분리할 때 배경과의 경계값을 $T=30$ 으로 설정하여 픽셀 밝기값이 $T=30$ 이하 밝기값 배경 부위는 모두 0으로 변환되고 30보다 큰 밝기값을 가지고 있는 닭 도체 부위는 모두 255의 값으로 변환시켜 이치화를 시킨다.

30이란 경계값은 닭 도체 뒷부분의 배경인 검은 암막 커튼 부분이 미소하지만 10~21사이의 RGB값들을 가지고 있기 때문에 경계값을 $T=30$ 으로 정하게 되었다.



Fig. 3-4-30 Thresholding with Grayscale Level $T=30$



Fig. 3-4-31 Result of Erosion for noise remove

그림 3-4-31은 본 연구에서 외곽선 추출을 라인스캔 형식으로 밝기값이 변하는 Edge 값을 찾는 방식을 사용하고자 하여 작은 고립점 하나라도 데이터에 영향을 줄 수 있기 때문에 Dilation과 Erosion 연산을 각 2회씩 반복하여 경계 값 부위의 잡음을 제거하였다.

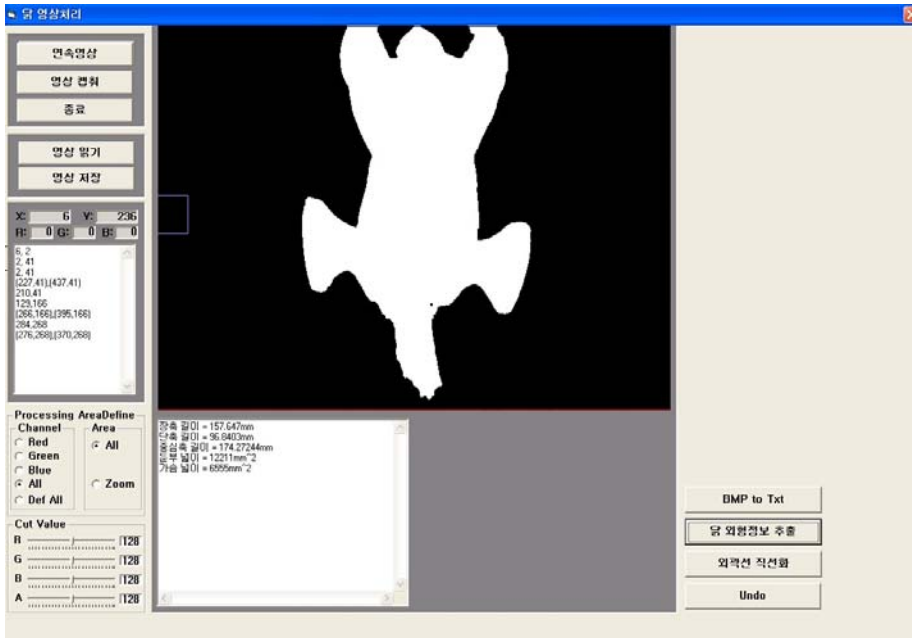


Fig. 3-4-32 Programme extract chicken shape information

닭 도체의 외형추출은 충분한 전처리 과정을 거친 닭 도체 영상 데이터를 라인스캔 방식으로 닭의 외형적 특징점을 찾는다.

몸통부위를 추출하기 위해서 가로 라인스캔 방식으로 먼저 다리부위는 잘라내고 둔부에 제일 두꺼운 점 2개를 추출하고 몸통과의 연결부위인 허리부위의 점 2개를 추출하였다. 이 두 점은 둔부에서 허리까지 거의 선형적으로 감소하는 두께가 허리부위에서 갑자기 증가하는 특징을 이용하였다. 그림 3-4-32는 몸통부위를 추출한 결과 영상이다.

날개는 가운데를 중심으로 좌·우로 각각 라인스캔을 하여 날개와 몸통이 만나는 부분에 중심점 각 1개씩 2개를 추출하여 어깨부위의 점을 추출하였다. 그런 다음 둔부, 허리, 날개 부위에서 추출된 총 6개의 점을 외곽선을 방향을 따라 선으로 연결하였다. 그러면 아래 그림 3-4-33 와 같은 닭 도체의 몸통 형상 부위를 추출할 수 있게 된다.

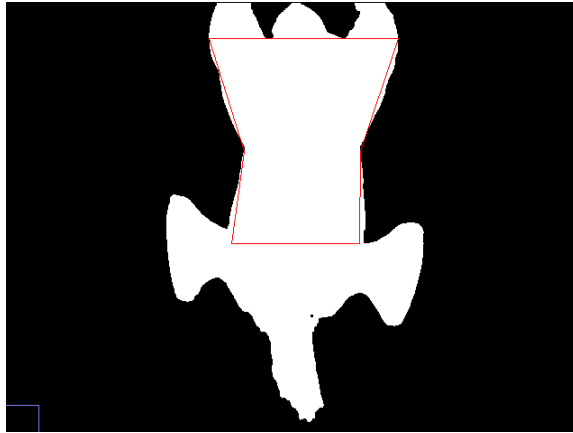


Fig. 3-4-33 Extrated body shape

2) 부러진 날개 검출

날개의 상태를 검사하는 것은 닭 도체 품질 등급 판정에 가장 중요한 기준들 중 하나이다. 알고리즘의 안정성을 테스트하기 위해서 부러진 날개 20개의 닭 도체들의 날개 상태를 검출하는데 쓰였으며, 모든 결과가 성공하였다.

그림 3-4-34는 닭 도체 품질 등급 시스템에 공시재료인 닭 도체의 원 영상이다. 이 닭 도체를 보면 날개가 부러져 있었고, 부러진 날개 검출 알고리즘을 적용하여 모두다 성공적으로 검출되었다.

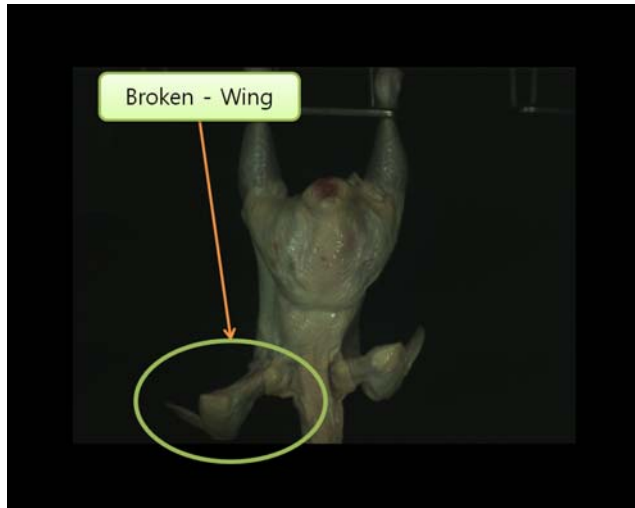


Fig. 3-4-34 Broken wing sample.

가) 닭 도체 영역 추출

본 연구에서 부러진 날개 부위를 검출하기 위한 수단으로, 닭 도체 영역 추출 알고리즘을 개발하였다. 첫 번째로, 영상 대조를 확장하는 히스토그램 스트레칭 알고리즘을 응용하였다. (닭의 경계를 보다 매끄럽게 만든다.) 그림 3-4-34에 나타난 바와 같이. 이때, 기본 대조 이치화는 배경의 닭 도체 몸체를 검출하도록 수행하였다. 그림 3-4-35는 배경을 제거한 후 닭 도체 몸체의 형태를 보여준다.



Fig. 3-4-35 Processing area of broken wing sample.

나) 부러진 날개 검출 알고리즘

닭 도체 몸체는 자연적 형태를 기초로 하여 알고리즘은 부러진 날개를 검출하는 것을 제안되었다. 닭 도체 부러진 날개를 검출하기 위한 첫 번째 과정은 닭 도체 다리 부위에서 특정한 부위가 참조 영역으로 선택되어진다. 두 번째는 닭 도체의 왼쪽 부위에서, 특정한 부위에서부터 시작된 선은 프로세싱 영역까지 (x 축을 따라) 왼쪽에서 오른쪽으로 움직여지고, 왼쪽 날개와 만날 때까지 y 축을 따라 계속 움직이게 된다. 이후에, 이 선은 가장 큰 왼쪽면 안쪽을 움직인다. 맨 마지막 선분은 왼쪽 날개를 다시 만나게 되는지의 여부를 체크할 것이다.

만약 첫 번째 선의 마지막 선분이 왼쪽 날개를 다시 만나지 않았다면, 다음 선은 y 축 방향으로 일정한 값을 더한 후, 첫 번째 선과 같은 궤도로 움직이게 된다. 알고리즘은 임의의 선의 마지막 구획이 날개를 두 번 만나거나, 마지막 선이 특정한 부분에 있을 때 멈추게 될 것이다.

마지막으로 닭 도체 몸체의 오른쪽 부위에서 왼쪽에서 선행한 바와 같은 방법으로 실행되어진다.

그림 3-4-36을 보면 왼쪽 날개가 부러진 닭의 왼쪽 면을 보여주며, 알고리즘은 마지막 선이 특정 부위의 바깥에서 멈추었다. 오른쪽 면에서 오른쪽 날개는 처음 반복 수행 하면서 알고리즘을 수행 했다.

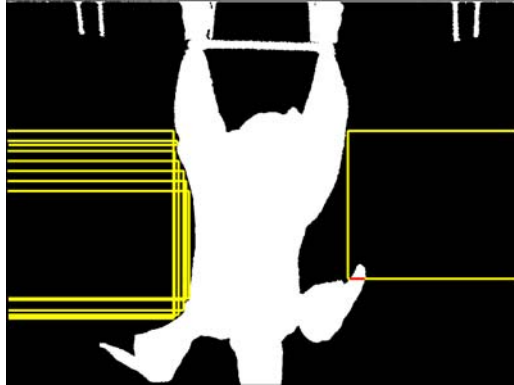


Fig. 3-4-36 A chicken with the broken-wing in left and no broken one in right.

그림 3-4-37에서 알고리즘은 왼쪽 면에서 처음 동작으로 멈췄고, 오른쪽 날개는 5번의 반복 후에 특정화 되었다.

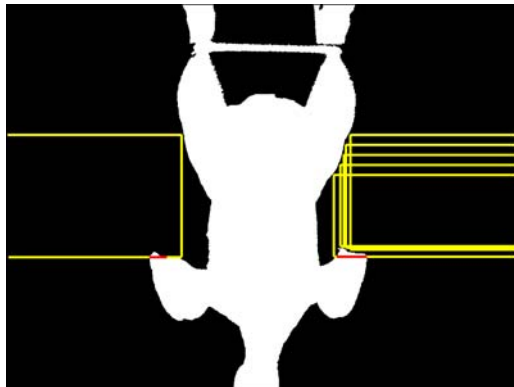


Fig. 3-4-37 A sample with two wings were found out.

3) 닭 도체 몸체 피 검출

닭 도체 몸체에서 피의 반점은 명의 개수와 각각 명의 직경으로 표현되며, 이는 닭 도체의 품질을 감소시킨다. 그러므로 닭 도체 피 명의 개수와 명의 직경을 검출하는 것은 닭 도체 품질 등급에 또한 중요하며 엄격한 요소이다. 그림 3-4-38에서 다리 부위, 가슴 부위 그리고 엉덩이 부위에서 피 명이 원 영상에서 보이고 있다.

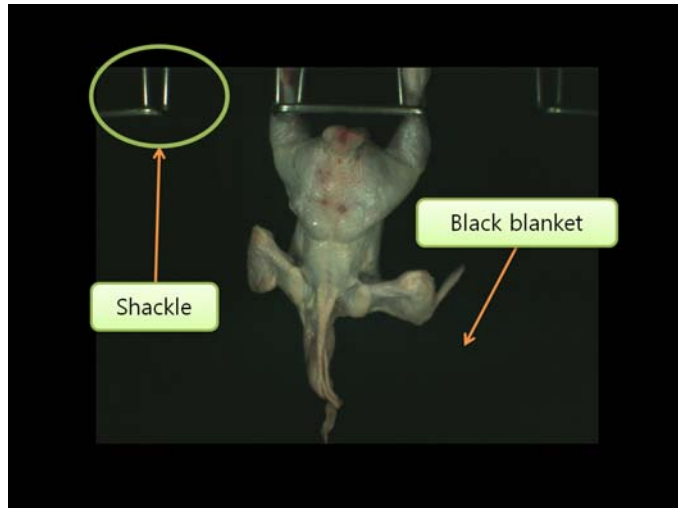


Fig. 3-4-38 Sample with blood blobs.

가) 전처리

우리가 닭 도체 영상을 획득 했을 때 닭 도체와 더불어 영상에는 검은색 암막 천과 샤클 영역이 존재한다. 그러므로 배경과 닭 도체 부위의 에러들로 부터 오류들을 제거하려면 알고리즘은 국부영상처리를 하여 알고리즘 프로세싱 영역을 검출하도록 하였다. 그림 3-4-39에서 배경을 제외한 닭 도체 검출의 결과를 보여주고 있다.



Fig. 3-4-39 Preprocessing for blood sample.

나) 레드밴드 패스필터(Red band pass filter)

영상 분할은 영상에서 영역의 윤곽이나 관심 있는 물체들을 분리하는 것을 주 목적으로 한다. 닭 도체 피명들을 검출하기 전에 배경으로부터 분리되어야 한다. 분할 알고리즘은 닭 도체 생산물에서 빠르고 능률적으로 처리하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 닭 도체 피명을 분할하기 위해서 전처리 과정으로 레드밴드 패스필터를 이용하여 닭 도체 피명을 판별을 했다. 레드밴드 패스필터의 결과는 그림 3-4-40과 같이 닭 몸체와 피명을 쉽게 구분 할 수 있다.



Fig. 3-4-40 After red-band pass filter for blood blobs case.

다) 응혈 분할

닭 도체 몸체에서 응혈 반점은 닭 도체 품질 등급을 낮추는 결과가 발생한다. 색 모델의 개수를 이용하여 응혈을 검출하는 알고리즘을 이용했다. 색 모델 개수는 빨강, 녹색, 파랑; 색조, 침투, 명암; 색조, 침투, 값; 색조, 침투, 밝기; 청색, 자홍색, 노란색; 휘도, (주황-파랑), (자주-녹색); 휘도, 파랑, 빨강; 과다 빨강, 과다 녹색, 그리고 과다 파랑을 포함한다. 과다 색깔은 RGB 표현보다 사람이 색깔을 파악하는 방법에 보다 가깝게 부합한다.

과다 색깔의 히스토그램의 검사를 통하여, 대조 문턱치는 히스토그램으로부터

터 결정되어지며 배경과 피명의 영상을 분할하는데 쓰인다. 그림 3-4-41은 닭 도체 표피에 있는 피명들이 닭 도체 몸체에서 분리된 것을 보여준다.

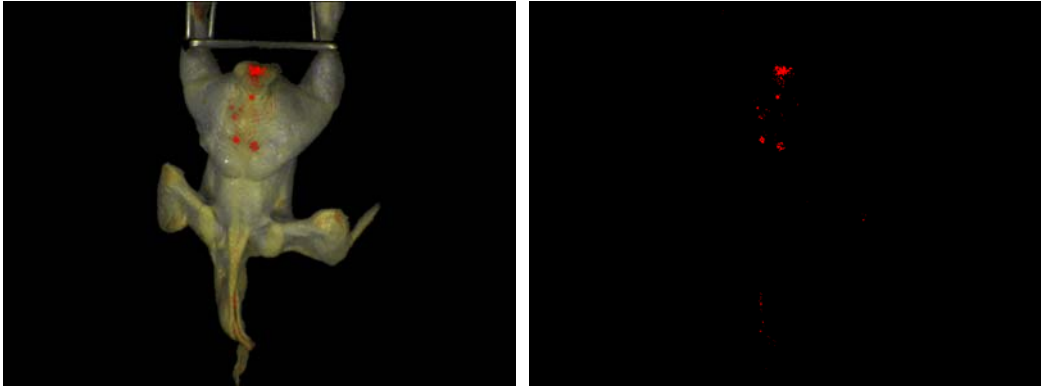


Fig. 3-4-41 Isolating blood blobs.

라) 피명 직경 검출

피명의 직경은 닭 도체 중에서 다리 부분, 가슴 부분 그리고 다른 곳에서 각각 계산되어지고 있다. 그러나 다른 조그마한 피명들의 경우는, 3*3 확장 연산자를 적용하였다. 이 때, 3*3 축소연산자는 확장 연산자로 인하여 과장된 영향을 감소시키는 것에 적용되었다. 그림 3-4-42a 는 영상 위의 확장연산자를 적용한 이후의 결과를 보여주며, 그림 3-4-42b는 축소 연산자를 적용한 후의 결과를 보여준다.



(a) dilation

(b) erosion

Fig. 3-4-42 Blood blobs after dilation and erosion operator.

이 때, 닭 도체의 각 부위별 피멍들 중에서 가장 큰 지름을 찾기 위한 알고리즘이 수행되었다. 그림 3-4-43a에서 위쪽의 하얀 선은 둔부에서 가장 큰 영역을 가지는 멍의 가장 긴 직경을 보여준다. 그리고 다른 하나는 가슴 부분에서 가장 큰 멍의 가장 긴 직경을 보여준다. 프로세싱의 결과 확인 결과 추출된 영상은 그림 3-4-43b에서 보여진 것처럼 원 이미지 위에 중복되었다.

마지막으로, 각 부분의 멍의 직경과 함께, 닭의 등급은 <표 3-1>을 기준으로 하여 확정된다.



Fig. 3-4-43 (a) The longest diameter of blood blobs in rump and breast part.
 (b) Superimposing the result onto the raw image.

4) 타박상에 의한 멍 검출

타박상(검푸른색)의 큰 점은 닭 도체 품질 등급에서 매우 중요한 요소 중에 하나이다. 그래서 타박상 멍들의 분포 영역과 타박상에 의한 멍의 지름을 검출하는 것은 닭의 품질 판정을 위하여 필요하며 엄격하다. 그림 3-4-44는 가슴 쪽의 타박으로 인한 큰 멍과 다리 부분의 작은 몇몇 타박상에 의한 멍들을 가진 닭 도체의 샘플이다.



Fig. 3-4-44 Bruise detection sample.

가) 전처리

그림 3-4-45는 타박상이 있는 원 영상에서 전처리 알고리즘을 적용한 후의 이미지이다.

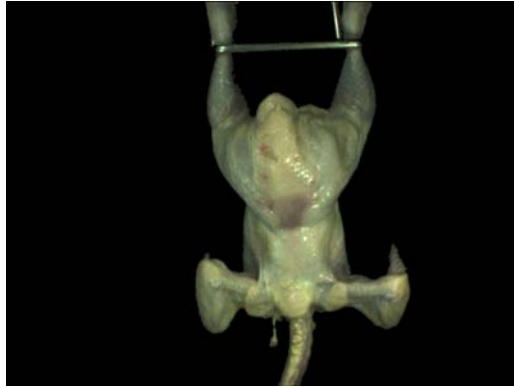


Fig. 3-4-45 Preprocessing bruise sample.

나) 레드밴드 패스필터(Red band pass filter)

피멍들을 검출한 것과 같이 타박상에 의한 멍들은 레드밴드 패스필터 알고리즘을 적용한 후에 명확하게 나타내어졌다. 그림 3-14는 레드밴드 패스필터를 적용한 결과이다.

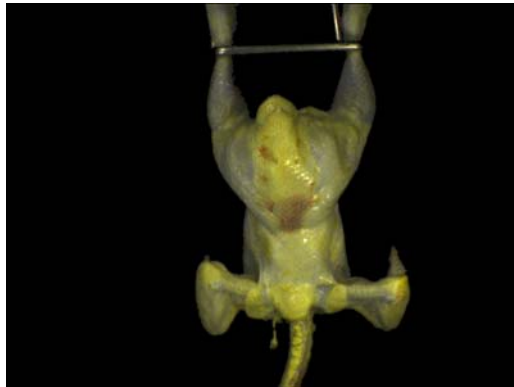


Fig. 3-4-46 After red-band pass filter.

다) 타박상 분할

랜드밴드 패스필터를 전처리한 후에 히스토그램 (2R-G-B, 2G-R-B, 그리고 2B-R-G)으로 조사하면, 각 성분을 위한 일정한 이치화가 나타나며, 전체 닭 도체의 타박상 명들의 부위를 볼 수 있다. 그림 3-4-47은 타박상 분할 알고리즘으로 검출된 영상으로, 타박상 명들을 명확히 구분하기 위하여 분홍색 점들로 표현한 것을 보여준다.

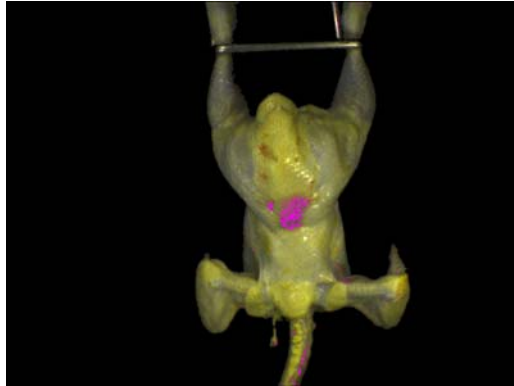


Fig. 3-4-47 Bruise segmentation.

라) 타박상 점들의 직경 계산하기

그림 3-4-48a에서 보면, 원 영상에서 닭 도체 표면에 있는 타박상 점들을 검출하기 위하여 원 영상에 이치화를 하였다. 이 때, 위에서 설명했던 3*3 확장과 3*3 축소 연산자를, 그림 3-4-48b에 나타난 타박상 명들의 직경을 계산하기 전에 실행했다. 그리고 타박상에 의한 명들을 검출하기 위해 라벨링을 수행했다. 이 때, 라벨링된 명들은 서로간의 픽셀간의 거리를 계산하고, 이후 각 명의 가장 긴 거리를 측정하여 명들의 직경을 계산하여 결정했다. 그림 3-4-48c에서 흰 선은 가슴 부분의 타박상 명들의 가장 큰 직경을 보여준다. 프로세싱의 결과를 확인하는 것은, 그림 3-4-48d에서 보여진 바와 같이 이미지를 원 영상위에 겹쳤다.



Fig. 3-4-48 (a) Bruise blobs isolated out of background,
 (b) After dilation and erosion operator,
 (c) The longest diameter in breast part,
 (d) Superimposing onto the raw image.

5) 잔털 검출 알고리즘

닭 도체공정 과정 중에 잔털은, 모두 제거가 되지 않을 경우 닭 도체 품질 등급에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 잔털은 피부에 유착되어서 누워있는 작은 깃털이다. 본 연구에서 잔털을 검출하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 그림 3-4-49는 양 날개 사이에 누워있는 제거되지 않은 3개의 잔털을 보여주고 있다.

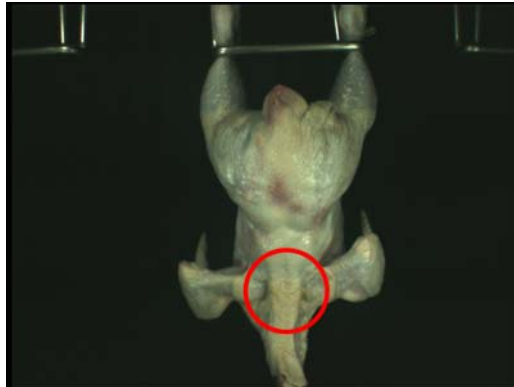


Fig. 3-4-49 Extra-feather sample.

가) 전처리 과정

그림 3-4-50은 그림 3-4-49 영상을 전처리 알고리즘 사용한 후의 결과 영상이다.

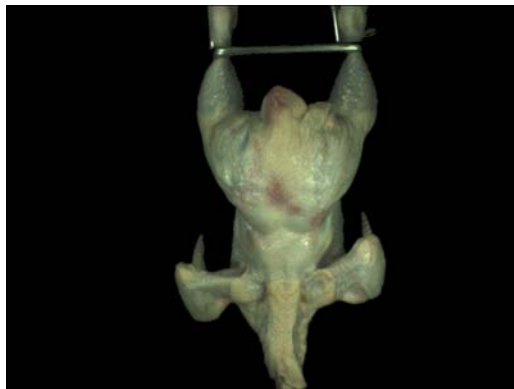


Fig. 3-4-50 Preprocessing extra-feather sample.

나) 잔털 분할 알고리즘

닭 도체 샘플 영상들은 RGB(빨강, 녹색, 파랑) 형태로 영상을 획득한 것이다. RGB 모델을 이용해서 잔털을 제거를 할 수 없어서, HSI(색조, 침투, 명암) 모델을 이용하여 이미지 분할 과정을 수행을 했다. RGB 모델을 HSI 모델로 변형해서 영상처리 알고리즘에 적용했다. 색깔로 보여주는 영상 히스토그램은

제거 되지 않은 잔털과 배경 사이를 분할하여 보여주고 있다. 이치화 값은 히스토그램으로 정해졌고 그림 3-4-51을 보면 제거되지 않은 잔털과 배경 사이의 이미지들이 분할되었음을 알 수 있다.

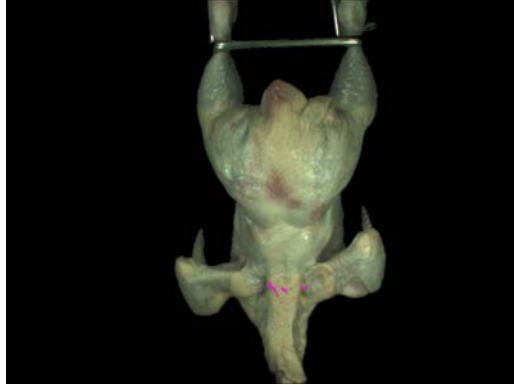


Fig. 3-4-51 Extra-feather segmentation.

다) 제거되지 않는 잔털의 직경 계산하기

제거 되지 않는 잔털의 직경을 계산하는 것은 확장 연산자와 축소 연산자를 이용하여 알고리즘을 실행되었다. 그림 3-4-52a에서 잔털 부분은 영상에서 제거되었고, 제거 되지 않는 잔털의 직경을 계산하기 위하여 3*3 확장과 3*3 축소 연산자를 실행하였다. 그림 3-4-52b, 그림 3-4-52c는 제거 되지 않는 잔털의 가장 긴 직경을 보여준다. 결국 마지막 영상인 그림 3-4-52d에서 결과를 확인하기 위해 원 영상 위에 그림 3-4-52c를 덮었다.



Fig. 3-4-52 (a) Bunches of extra-feather isolated out of background;
 (b) After dilation and erosion operator,
 (c) The longest diameter in breast part,
 (d) Superimposing onto the raw image.

4. 닭 도체 중량 측정 결과

가. Neural Network 알고리즘

신경회로망은 단일요소들의 operation으로 구성되어 있다. 이 요소들은 뇌의 신경 시스템에서 영감을 받았다. 원래 신경망 기능은 요소들의 결합에 의해 결정되었다. 우리는 요소들 간의 결합 값(weight)이 조정되는 것에 의한 특별한 기능을 하도록 신경회로망을 학습시킬 수 있다. 일반적으로 신경회로망은 조정되어지고 학습되어진다. 그래서 특별한 입력 값을 특별한 결과 값으로 접근하게 한다. 그림 3-4-53은 일반적인 Neural Network 알고리즘 개념도 이다. 입력 데이터와 출력 값의 비교에 의해 원하는 결과 값에 가까워 질 때까지 전형적으로 신경망을 학습시키기 위해서는 많은 입력 값과 출력 값이 필요하다.

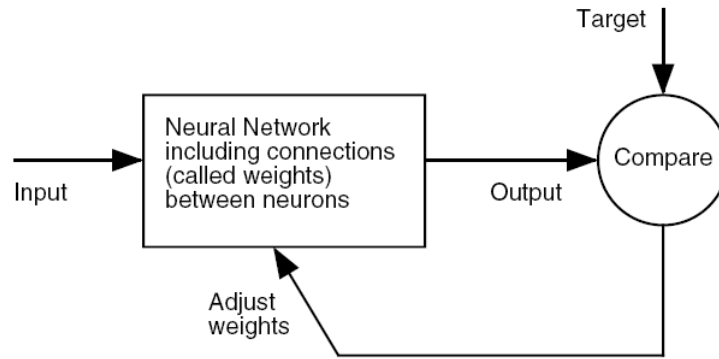


Fig. 3-4-53 Neural Network Algorithm Block diagram

Backpropagation은 다층 신경망과 비선형 미분 가능한 변형(nonlinear differentiable transfer)기능에 Widrow-Hoff learning rule을 일반화해서 만들어 졌다. 사람이 분류하는 것과 같이 적당한 방법에서 입력 데이터를 분류하거나, 입력 요소를 특별한 출력요소로 연상시키는 기능에 접근할 수 있을 때 까지 신경회로를 학습시키기 위해 입력 요소와 출력 요소가 사용되어 진다. 바이어스, 시그모이드, 선형층은 제한된 반복횟수에서 어떠한 기능에 접근할 수 있다.

Backpropagation은 신경회로 가중치가 미미해지는 기능을 하는 Widrow - Hoff learning rule처럼 변화율이 줄어드는 알고리즘 이다. Backpropagation 이라는 표현은 비선형 다층 신경망을 위해 변화율이 계산되어지는 방법과 연관되어져 있다. 기본적인 알고리즘에는 여러 변화들이 있는데 그것들은 다른 활용적인 기술, 예를 들어 conjugate gradient or Newton methods를 기본으로 한다.

적당하게 학습된 Backpropagation 신경회로망은 처음 입력된 입력 값이 주어저도 적당한 결과를 준다. 새로운 입력 값은 학습을 할 때 나온 출력 값과 비슷하게 나온다. 이와 같은 일반적인 특성은 가능한 모든 입력 값과 출력 값에 의한 좋은 결과 값을 얻거나, 대표할 수 있는 입력 값과 출력 값에 의한 학습을 가능하게 만든다.

이번 과정에서 NN을 사용한 목적은 컴퓨터 비전 시스템에서 얻은 정보를 이용해서 닭 도체의 중량을 계산하는데 사용하기 위해서 이다.

나. 닭 도체 중량 측정 알고리즘

본 연구에서 닭 도체 중량을 측정하기 위한 입력 데이터는 닭 도체에 투사된 레이저 구조광 중량에 밀접하다고 생각한 레이저 구조광 한 라인의 픽셀수와 8850CL 카메라에서 얻어진 닭 도체의 원 영상에서 이치화한 영상의 모든 픽셀들의 조합이다.

레이저 구조광은 19개의 라인을 한 번에 만들어 낼 수 있다. 계산을 위해 레이저 구조광 라인이 선택되었지만 닭 도체의 복잡한 형태 또는 그늘, 일그러짐 등등에 의해 에러의 발생 할 수 있다.

그림 3-4-54는 레이저 구조광에 투사된 닭 도체의 영상을 보여주고 있다. 그리고 라인은 닭 도체의 두 다리의 교차점을 계산하기 위해 지정되었다.

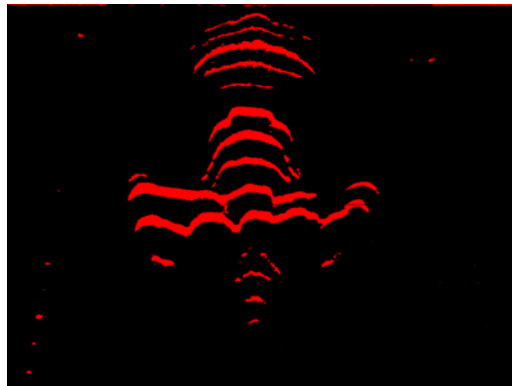


Fig. 3-4-54 Chicken carcass image projected by laser structure source

그림 3-4-55는 레이저 구조광 전체 19라인중 닭 도체에서 부피가 큰 부분에 걸치는 레이저 구조광 한 라인을 선택하고 추출한 후의 영상이다.

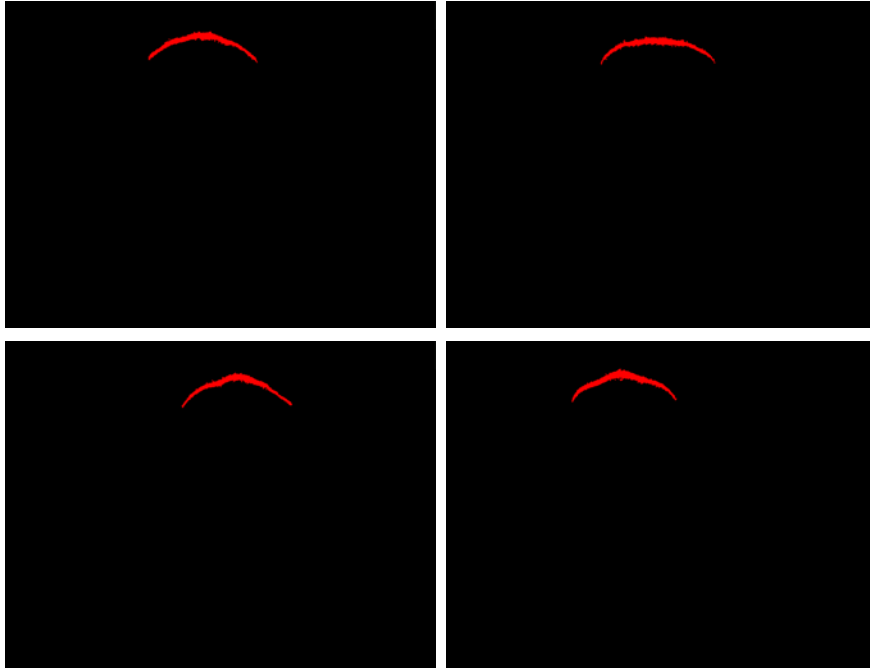


Fig. 3-4-55 Extracted voluminous part image by laser structure source

그림 3-4-56은 8850-CL카메라에서 획득한 닭 도체의 원 영상이고, 그림 3-4-57은 닭 도체 원 영상에서 샤클을 제거 한 후 이치화한 영상이다. 이치화 한 영상에서 닭 도체 영역의 모든 픽셀수를 구한다.

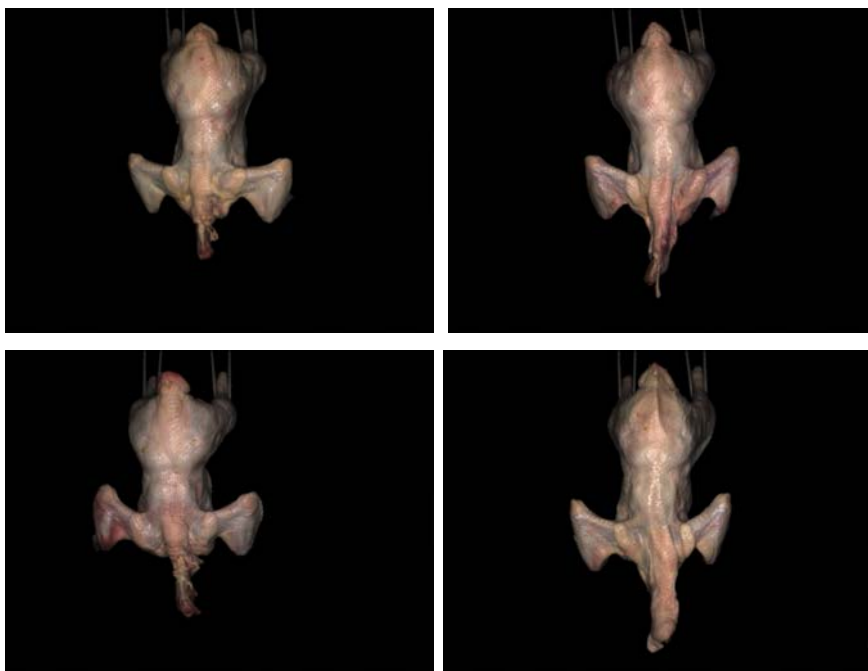


Fig. 3-4-56 Original images of chicken carcasses

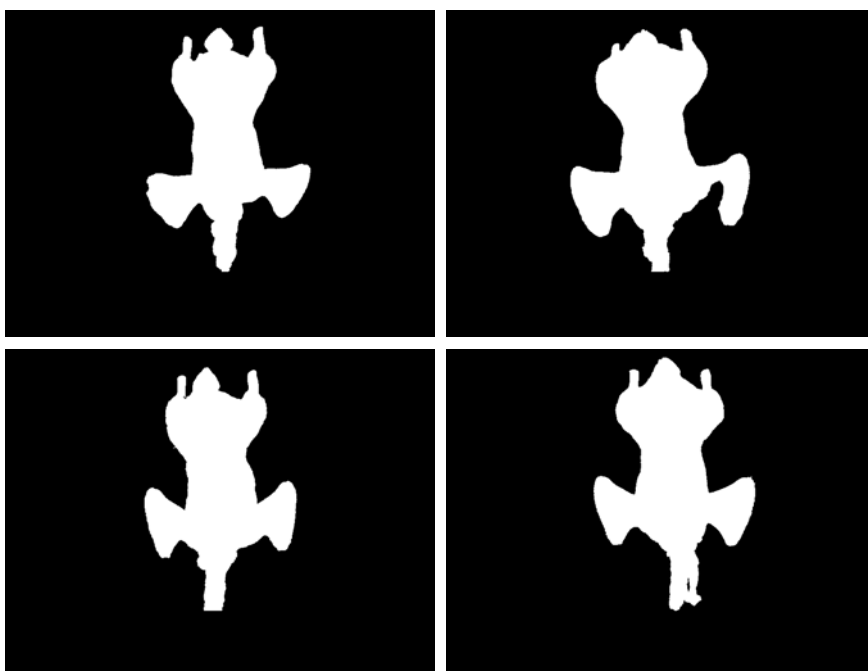


Fig. 3-4-57 Thresholding of chicken carcass images

1) NN Algorithm

Backpropagation NN-levenberg-Marguardt algorithm은 Matlab언어로 만들어 졌다. 신경회로망은 2개의 은닉층(20*20nodes) 그리고 1개의 중심점으로 구성되어 있다. 은닉 층에는 Log-sigmoid 공식이 사용되어졌다. 비슷하게 선형 변형 공식은 출력 층을 위해 구성되어졌다. 그리고 모든 데이터로부터 4개의 부류로 나누었다. 그중 2/4는 학습 데이터 이고 1/4는 확인 데이터, 1/4는 테스트 데이터 이다. 여기서 사용된 데이터는 칼라 컴퓨터 비전 시스템을 사용하여 74마리의 닭 도체 으로부터 얻었다.

Termination conditions:

Error $< 10^{-8}$.

Number of Epochs < 5000

<표 3-18>은 실험에 사용된 입력과 출력 데이터이다.

<Table 3-18> Input and Output data

No.	total pixels - Input	1 structure line - Input	weight -target	No.	total pixels - Input	1 structure line - Input	weight -target
1	75238	3418	1198	38	75238	3418	1198
2	74082	3342	1199.5	39	74082	3342	1199.5
3	77867	3167	1191.5	40	77867	3167	1191.5
4	73520	3382	1171.5	41	73520	3382	1171.5
5	74290	3432	1265.5	42	74290	3432	1265.5
6	70558	3352	1163.5	43	70558	3352	1163.5
7	71371	3338	1089.5	44	71371	3338	1089.5
8	69897	3590	1172.5	45	69897	3590	1172.5
9	71958	3539	1124	46	71958	3539	1124
10	75453	3289	1112.5	47	75453	3289	1112.5
11	73825	3186	1116.5	48	73825	3186	1116.5
12	71864	3217	1129	49	71864	3217	1129
13	70450	3443	1171	50	70450	3443	1171
14	68465	3132	1145.5	51	68465	3132	1145.5
15	73345	3737	1191	52	73345	3737	1191
16	77523	3452	1334	53	77523	3452	1334
17	77300	3759	1280.5	54	77300	3759	1280.5
18	77231	3381	1288.5	55	77231	3381	1288.5
19	76031	3673	1281.5	56	76031	3673	1281.5
20	78220	4094	1316	57	78220	4094	1316
21	74145	3867	1319	58	74145	3867	1319
22	74903	3415	1075.5	59	74903	3415	1075.5
23	68189	3208	967	60	68189	3208	967
24	68073	3237	1012	61	68073	3237	1012
25	66215	3138	1011.5	62	66215	3138	1011.5
26	74393	3004	1051.5	63	74393	3004	1051.5
27	69138	3104	951.5	64	69138	3104	951.5
28	67903	3297	1022.5	65	67903	3297	1022.5
29	72930	3069	1041	66	72930	3069	1041
30	64971	2983	980	67	64971	2983	980
31	69123	3473	1048	68	69123	3473	1048
32	65046	2810	984	69	65046	2810	984
33	72272	3352	1083	70	72272	3352	1083
34	67212	3090	1040	71	67212	3090	1040
35	67265	3186	990	72	67265	3186	990
36	62959	2950	974	73	62959	2950	974
37	68866	3050	1020.5	74	68866	3050	1020.5

데이터의 값이 1보다 크기 때문에 학습하기 전에 우리는 데이터를 $[-1, 1]$ 로 규격화(Normalization) 시켜야 했다. 그리고 정확한 결과 값을 얻기 위해 우리는 먼저 규격화를 했다.

그림 3-4-58은 학습과정과 결과 값을 보여주고 있다.

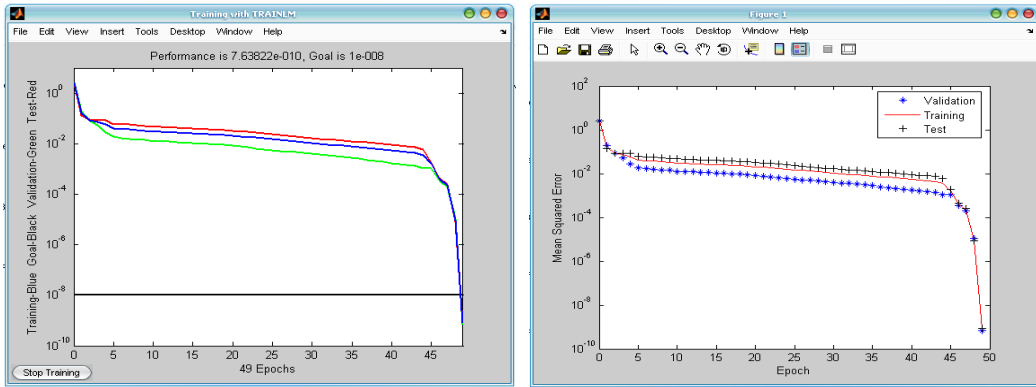


Fig. 3-4-58 Result value of training using Matlab.

학습이 끝난 모든 데이터는 시뮬레이션을 위해 이용되었고 <표 3-19>은 결과 값과 결과 값의 오차를 보여준다.

<Table 3-19> Neural network training result value and Output error

No.	Output error	Output	No.	Output error	Output
1	0.005029	1197.995	38	0.005029	1197.995
2	0.007384	1199.493	39	0.007384	1199.493
3	0.00337	1191.497	40	0.00337	1191.497
4	0.008118	1171.492	41	0.008118	1171.492
5	0.005824	1265.494	42	0.005824	1265.494
6	0.005613	1163.494	43	0.005613	1163.494
7	0.005658	1089.494	44	0.005658	1089.494
8	0.007058	1172.493	45	0.007058	1172.493
9	0.007731	1123.992	46	0.007731	1123.992
10	0.007776	1112.492	47	0.007776	1112.492
11	0.007623	1116.492	48	0.007623	1116.492
12	0.006501	1128.993	49	0.006501	1128.993
13	0.006139	1170.994	50	0.006139	1170.994
14	0.002725	1145.497	51	0.002725	1145.497
15	0.004246	1190.996	52	0.004246	1190.996
16	0.001434	1333.999	53	0.001434	1333.999
17	0.002893	1280.497	54	0.002893	1280.497
18	0.001352	1288.499	55	0.001352	1288.499
19	0.000337	1281.5	56	0.000337	1281.5
20	0.002886	1315.997	57	0.002886	1315.997
21	0.003949	1318.996	58	0.003949	1318.996
22	0.004755	1075.495	59	0.004755	1075.495
23	0.004833	966.9952	60	0.004833	966.9952
24	0.005854	1011.994	61	0.005854	1011.994
25	0.000219	1011.5	62	0.000219	1011.5
26	0.009426	1051.491	63	0.009426	1051.491
27	0.002442	951.4976	64	0.002442	951.4976
28	0.005825	1022.494	65	0.005825	1022.494
29	0.007222	1040.993	66	0.007222	1040.993
30	0.000464	979.9995	67	0.000464	979.9995
31	0.006884	1047.993	68	0.006884	1047.993
32	0.000536	983.9995	69	0.000536	983.9995
33	0.009537	1082.99	70	0.009537	1082.99
34	0.000357	1040	71	0.000357	1040
35	0.002429	989.9976	72	0.002429	989.9976
36	0.001509	973.9985	73	0.001509	973.9985
37	0.000988	1020.499	74	0.000988	1020.499

5. 영상정보를 이용한 데이터베이스 구축

축산업에서의 영상처리 기술의 도입은 현재까지 많은 분야에서 활발하게 수행되고 있다. 적용 범위는 선별 시스템에 많이 도입됐고, 공정 자동화 시스템 등 다양하게 수행되었다. 수확 및 재배관리, 사육 관리 등과 같은 현장 작업의 경우 영상처리를 하기 위한 시스템 구현이 어려울 뿐 아니라 그 처리 정보가 많고, 제약 사항이 많아 적용에 어려움이 있어 그 결과가 미흡한 실정이다. 기존의 영상 처리 시스템은 그 처리량으로 말미암아 주로 흑백 또는 그레이 스케일(Gray scale)로 영상처리를 수행하였다. 그러나 현재에 이르러서는 프로세서의 성능 향상이 비약적으로 발전한 것과 같이 영상처리를 수행할 주변 하드웨어와 소프트웨어의 도움으로 컬러 영상처리 기술의 적용이 확대되고 있다. 컬러 영상처리의 경우 흑백의 영상처리와 달리 색상정보를 이용하므로 보다 정교한 프로세싱이 가능하고 다양한 결과를 얻을 수 있으나 그 정보량이 많고, 색상 정보의 상호 왜곡과 조명의 왜곡으로 인하여 실시간 영상처리에 어려움이 따른다.

본 연구에서는 일정 영역만 영상처리를 수행하게 함으로써 닭 도체를 국부 영상처리가 가능하게 하였고, 이를 통하여 영상처리 알고리즘을 간단하게 수행할 수 있게 하였다.

다음으로 시스템과 사용자간의 인터페이스가 매우 중요하다. 본 연구에서는 이러한 관점을 중심으로 터치스크린(Touch screen) 시스템을 도입하여 작업자가 작업을 수행하여 보다 효율적인 작업이 이루어 질 수 있도록 하였다. 작업자가 작업현장에서 시스템을 운용할 경우 다수의 시스템을 통제하기가 어렵고, 작업 환경 또한 열악하다. 그리고 작업 관련 지식과 경험을 바탕으로 하는 작업과 단순한 작업을 하는 경우 보통 노동력 투입은 대부분 단순작업에 치우치게 된다. 그러므로 작업자의 부가 가치를 높이기 위해서는 경험과 지식을 갖춘 전문가는 중앙 통제 시스템에서 전체를 총괄하고, 단순 작업의 경우 최소한의 인력을 통하여 작업을 수행함이 필요하다. 또한 작업 수행을 결정할 때 필요로 하는 통계적 자료나 전문지식 또는 보조 자료를 닭 도체 품질 등급 시스템에서 제공하게 함으로써 보다 안정적인 등급관리가 이루어질 수 있게 할 필요가 있다. 이러한 개념을 바탕으로 운격지에서 다수의 시스템을 중앙통제하고, 현장에서 중앙 통제 명령을 시스템이 수행하게 함으로 위의 필요성을 충족시키게 하였다. 이 때 중앙 통제시스템은 각 단위별 작업 공정 및 RFID

에 저장 되어 있는 품질 등급 정보를 작업자에게 제공한다.

본 연구에서는 작업자를 위한 터치스크린 시스템을 구현하고, 원격 명령을 수행하고, 시스템을 모니터링 할 수 있는 제어 시스템을 운용할 수 있게 하였다. 그리고 작업 정보를 바탕으로 닭 도체 영상을 획득하며, 그 획득된 영상을 처리하여 닭 도체의 형상정보, 3차원 프로파일을 추출, 닭 도체 중량을 추출하는 영상처리 알고리즘을 개발하였다.

가. 터치스크린

터치스크린은 화면에 나타난 문자, 그림 및 모니터의 특정 위치에 손 또는 물체가 접촉하면 그 위치를 감지하고, 소프트웨어를 통해 터치스크린이 장착된 시스템에 그 위치를 알려주는 시스템을 말한다. 이러한 터치스크린을 이용한 시스템은 안내 시스템, 금융 시스템, 광고 시스템, 의료 장비, 자동화 장비 등과 같이 다양한 분야에서 사용자 인터페이스로 사용되고 있으며 그 범위가 확대되어 가고 있다. 이러한 터치스크린의 사용은 키보드나 마우스에 익숙하지 못한 사용자에게 부담감을 상당히 줄일 수 있다. 터치스크린은 이러한 직관적인 인터페이스를 제공하기도 하며, 외부 오염에 강하며, 긁힘, 충격에 강하여 실수로 옷이나 다른 물질로 터치하여도 이를 인식하지 않으므로 사용자 오류를 회피할 수 있다. 그리고 모니터와 완전 통합되어 있으므로 설치의 제약이 적다.

터치스크린 시스템의 구성은 크게 터치센서 패널, 제어기, 소프트웨어로 되어있다. 터치스크린은 작업자의 접촉을 감지하는 센서의 역할을 하며, 제어기는 터치스크린의 종류에 따라 스크린을 제어하여 그 접촉 좌표를 컴퓨터에 전송하는 기능을 한다. 다음으로 소프트웨어는 전송된 좌표값을 컴퓨터 마우스 또는 키보드 신호와 연동 되게 하는 역할을 한다. 즉 터치스크린은 컴퓨터 마우스와 같은 역할을 수행하게 된다. 터치스크린의 국내외 연구개발 동향은 크게 유리패널형, 필름형으로 구분되며, 그 중 필름형은 압력식 터치스크린이라고 하며 5선 압력식, 4선 압력식, 그리고 디지털 매트릭스 방식이 있는데 향후 가장 많이 사용될 방법으로 예상된다. 각 유형별 특징은 <표 3-20>에 나타내었다.

1) 접촉식 정전 용량식(Capacitive Overlay)

강화 유리 양면에 투명한 전도성 코팅을 한 터치스크린의 한 면 가장자리에 전압을 걸어 주고 반대 면에서 정전 용량을 검출하는 방식으로 사람의 정전 용량을 이용한다. 접촉면에 작업자의 접촉이 있을 때 정전 용량이 바뀔을 감지하여 접촉 위치를 알아낸다. 가벼운 접촉에도 잘 반응하고 분해능이 높지만 이물질이 터치 면에 있을 경우 오류를 발생시키는 단점이 있다.

2) 압력식 저항막 방식(Resistive Overlay)

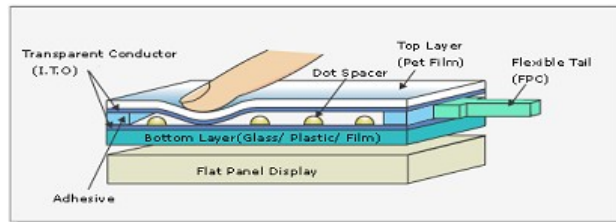


Fig. 3-4-59 Resistive Overlay

그림 3-4-59과 같이 유리나 투명 플라스틱 관위에 저항막을 코팅하고 그 위에 전도성 필름을 입힌 구조로 되어 있으며, 저항막과 전도성 필름 사이에는 절연 붕이 설치되어 상호 접촉이 되지 않게 되었다. 작업자의 접촉이 있으면 전도성 필름과 저항막이 압력에 의해 접촉되며 그로 인한 저항값의 변화를 읽어 접촉 좌표를 감지한다. 이 방식은 손가락이 아닌 볼펜이나 압력을 가할 수 있는 물체의 접촉도 감지할 수 있다. 그러나 접촉면이 오염되었을 때는 이로 인한 압력이 가해지지 않으므로 이물질로 인한 오류가 없다는 장점이 있다. 종류로는 4선식 저항막 방식과 5선식 저항막 방식이 있다.

3) 적외선 광 방식(Infrared beam)

접촉면이 없는 방식으로 스크린의 한쪽에서 적외선 광을 조사하며, 반대쪽에서 수광하는 구조의 방식이다. 이 방식은 접촉면이 없으므로 반영구적으로 사용할 수 있으나 외적인 환경 영향을 받기 쉽다.

4) 표면 초음파 전도 방식(Surface acoustic wave)

그림 3-4-60와 같이 x축과 y축에 초음파를 보내고 받는 장치와 행과 열에 초음파 반사면을 두어 트랜스미터(Transmitter)에서부터 일정시간 간격으로 발사되는 초음파를 반사하여 최종 리시버에 도달하게 하는 구조이다. 스크린에 접촉이 가해지면 반사되는 초음파는 차단되므로 다음 반사면에 도달하지 못하는데 이때의 시간을 계산함으로써 접촉면에 대한 좌표를 구할 수 있는 원리이다.

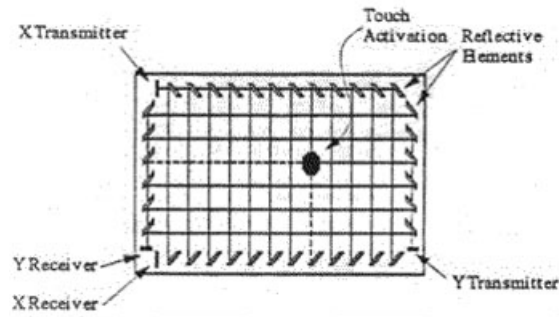


Fig. 3-4-60 Surface acoustic wave

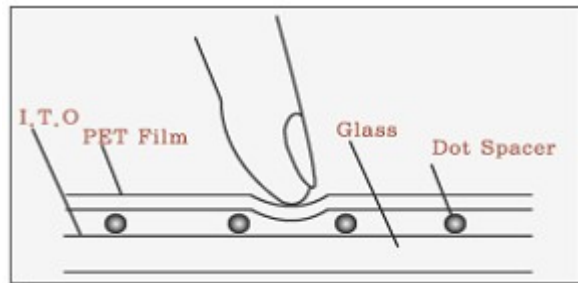


Fig. 3-4-61 Five-wire Resistive touch screen

<Table 3-20> Merits and demerits of touch screen type

종류	장점	단점
저항막 방식	높은 해상도 응답속도 빠름 장착이 쉽다.	파손위험이 있다. 광 투과율이 낮다.
정전용량 방식	높은 해상도 내구성 높음 응답속도 빠름	인체 외 감지 불가능 장착 어려움 광 투과율이 낮다.
초음파 방식	높은 해상도 높은 광 투과율 응답속도 빠름	오염에 대단히 약하다.
적외선 방식	높은 해상도 높은 광 투과율	부피가 크다. 오동작 가능 응답속도가 느리다.

본 연구에서는 시설 내 작업환경 및 사용자 환경을 고려하면 고 신뢰성, 고 내구성이 요구되며, 외적인 오염으로부터 안정적인 동작을 해야 하므로 그림 3-4-61의 5선식 저항막 방식의 터치스크린을 사용하였다.

먼저 5선식 터치스크린의 구조를 보면 그림 3-4-62와 같이 I.T.O(Indium tin oxide), 유리기관, 도트 스페이서(Dot Spacer), 폴리에스텔 커버로 이루어져 있으며, 유리 기관은 저항막이 코팅되어있고, 커버에는 전도 코팅이 되어있다. 도트 스페이서는 커버와 유리 기관이 접촉되지 않도록 유지시키는 기능을 한다. 5선식의 원리는 다음과 같다. 커버를 누르면 커버 안쪽에 균일하게 형성된 투명전극 Z는 눌린 위치에서 배면의 유리기관상에 균일하게 도포된 투명한 저항막과 접촉한다. 여기서 각각 x_1 , x_2 , y_1 , y_2 의 위치 즉 점 S가 눌러졌을 때 유리 기관의 A, C전극에 전압 V_0 를 가하고 B, D전극을 GND로 해서 X축 방향으로 전하를 주면, 투명전극 Z의 전위 V_z 는 이 전위차 V_0 를 접촉점 S로부터 X축의 양단까지의 거리비로 일정한 비율에 따라 고르게 나눈 값이 된다. 그러므로 투명전극 Z의 전압을 알면 x_1 과 x_2 의 비율을 알 수 있다. 같은 원리로 A, B에 V_0 를 C, D에 GND를 가하면 Y축에 대한 좌표도 알 수 있다.

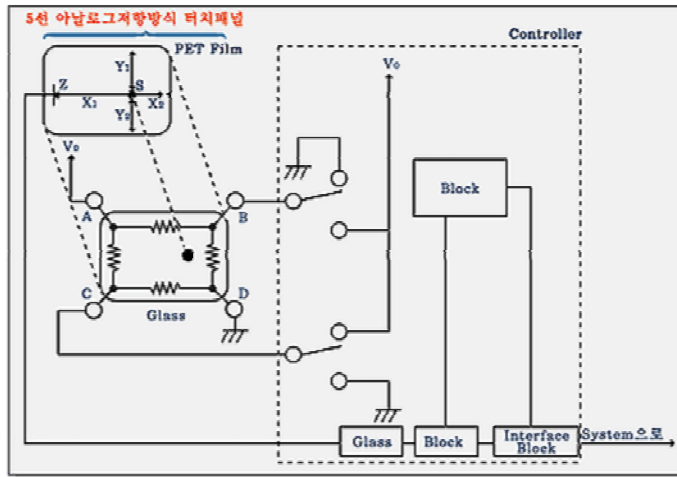


Fig. 3-4-62 Principle of Five-wire Resistive Touch screen

제4장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

제 1 절 연도별 연구목표 및 평가의 착안점

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척도 (점수)
1차년도 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 속도조절이 가능한 실험용 샤클을 이용한 닭 이송 선별장치 제작 ○ 레이저구조광 및 칼라 영상처리 시스템 구축 ○ 냉각기 부착 텅스텐 할로겐 조명장치 구축분석 ○ 외형/피부색 품질인자 추출 알고리즘 개발 ○ 개체관리를 위한 최적 I/O 장치 조사 연구 	35 25 15 15 10
2차년도 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 칼라필터, 근적외필터부착 다중 카메라 설치 및 영상처리 시스템 구축. ○ 외관품질인자, 비정상 닭 표시자 추출 알고리즘 개발 및 성능평가 ○ 시스템 제어기 제작 및 개체관리를 위한 통신프로토콜, 데이터베이스 구축 	30 30 40
3차년도 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> ○ RF I/O를 이용한 닭 도체의 개체관리 시스템 구축 및 개체관리를 위한 소프트웨어 모듈개발. ○ 사용자 친화형 시스템 통합관리 모듈 개발. ○ 프로토타입 시스템 현장 설치 및 운용 보완. ○ 비정상 닭 표시자 추출 알고리즘 개발 및 성능평가 	25 30 25 20
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 등급별 출하에 따른 품질 규격화를 수행할 수 있는 온라인 도계품질등급 자동판정 선별시스템 개발 및 성능평가 ○ 정상 및 비정상 닭 표시자 추출 기술 개발 ○ RF I/O를 이용한 닭 도체의 개체관리 시스템 구축 및 성능시험. 	50 25 25

제 2 절 목표달성도

구 분	평가의 착안점 및 달성도	
	착 안 사 항	달 성 도
1차년도 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 속도조절이 가능한 실험용 샤클을 이용한 닭 이송 선별장치 제작 ○ 레이저구조광 및 칼라 영상처리 시스템 구축 ○ 냉각기 부착 텡스텐 할로겐 조명장치 구축분석 ○ 외형/피부색 품질인자 추출 알고리즘 개발 ○ 개체관리를 위한 최적 I/O 장치 조사 연구 	<p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>90%</p> <p>100%</p>
2차년도 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 칼라필터, 근적외필터부착 다중 카메라 설치 및 영상처리 시스템 구축. ○ 외관품질인자, 비정상 닭 표시자 추출 알고리즘 개발 및 성능평가 ○ 시스템 제어기 제작 및 개체관리를 위한 통신프로토콜, 데이터 베이스 구축 	<p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p>
3차년도 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> ○ RF I/O를 이용한 닭 도체의 개체관리 시스템 구축 및 개체관리를 위한 소프트웨어 모듈개발. ○ 사용자 친화형 시스템 통합관리 모듈 개발. ○ 프로토타입 시스템 현장 설치 및 운용 보완. ○ 비정상 닭 표시자 추출 알고리즘 개발 및 성능평가 	<p>100%</p> <p>100%</p> <p>95%</p> <p>100%</p>
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 등급별 출하에 따른 품질 규격화를 수행할 수 있는 온라인 도계품질등급 자동판정 선별시스템 개발 및 성능평가 ○ 정상 및 비정상 닭 표시자 추출 기술 개발 ○ RF I/O를 이용한 닭 도체의 개체관리 시스템 구축 및 성능시험. 	<p>90%</p> <p>100%</p> <p>100%</p>

제 3 절 관련분야 기여도

국내 농축산물 시장 개방 압력에 대응하기 위해서는 국내에서 생산되는 농축산물의 상품경쟁력을 더욱 강화해야 한다. 1차 농축산물 및 2차 가공품에 대한 품질선별 및 규격화를 통하여 수입 농축산물과의 품질 및 유통체계를 차별화함으로써 국내 농축산물의 고부가가치화와 그에 따른 수익증대를 할 필요가 있다. 또한 국외수출 시장의 확보를 위해서도 국내 농축산물의 품질 규격화를 통하여 유통 체계를 합리화하고 소비자의 고품질 구매욕구와 선택 구매욕을 만족시킬 수 있어야 한다.

농축산물의 품질규격화를 위해서는 기술적으로 해결해야 할 여러 가지 문제들이 있으나 그중에서도 우선 근본적으로 품질제어를 위한 생력화 시스템의 개발과 상품의 품질을 보전하는 기술의 개발 등 요소 기술에 대한 기술적 해결이 선행되어야 한다. 품질의 규격화를 위한 생력화 시스템 기술의 확보는 농축산 관련 산업이 갖는 노동 특성 (즉 3-D 업종으로서 육체 노동의 피로도, 불균일한 노동 투입시간, 인체에 유해하거나 청결치 못한 노동 작업 환경 등 열악한 노동의 질 및 환경)을 극복하고 나아가서 노동력 감소와 인건비 상승 등으로 산업 경쟁력을 점차 상실하고 있는 농축산 관련 산업의 경쟁력을 회복하기 위해서 필수 불가결하다.

품질생력화 시스템을 구축하기 위해서는 대상 농축산물의 품질 요소를 정량적으로 획득할 수 있는 기술을 확보하여야 하며 품질 규격에 따라 자동으로 선별할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다. 그 동안 기술적 어려움으로 인력에 의존하여 왔던 품질 검사 및 선별 공정을 자동화하는 기술의 개발은 농축산 관련 산업의 생산성 제고를 위해서 그 필요성이 심각하게 대두되고 있다. 농축산물 등 생물자원을 다루는 분야에 있어 자동화를 통하여 생산성을 향상시키고 상품의 규격화를 통하여 상품의 질적 우위를 확보하려는 움직임이 세계적으로 다양한 연구 및 기술개발을 통하여 활발하게 추진되고 있다.

닭 도체 등급 판정 자동화

- 현재 국내 닭 관련 주요업체의 경우 닭 도체에서 가공까지의 모든 공정이 연속적으로 이루어지며, 모두 기계화가 되어 있어 생계가 닭고기 제품으로 포장되어 나오기까지의 공정이 매우 신속하게 이루어질 수 있다. 그런데 닭 도체에 대한 등급판정기준에 나와 있는 항목들을 일일이 판정사가 판정하려 한다면, 많은 수의 판정사가 필요할뿐더러 가공시스템의 도체 처리속도에도 큰 영향을 미치게 된다. 또한 판정사가 판정을 하기위한 시간을 따로 포함시켜야 하며, 판정사가 닭 도체와 접촉함으로써 인한 품질저하의 우려가 있다.
- 많은 수의 판정사를 대신하여 판정기준항목별로 판별하면서 가공시스템의 빠른 처리속도를 유지할 수 있는 비파괴 닭 도체 품질 판정시스템이 도입이 된다면 시스템 구축에 들어가는 비용이 훨씬 저렴하고 인간의 시각으로 판별 가능한 판정기준을 이용하므로 영상처리방법이 더 적합하다고 판단이 된다.

□ RFID를 이용한 닭 도체 품질 정보 저장 기술

- 국내에서 생산되는 농축산물에 대한 적정 검색 시스템 사양을 결정하고 검색정보의 실시간 처리 및 개체관리 추적과 관련한 지능화기술의 실용화 연구에 활용이 가능하고 닭고기를 비롯한 축산물 유통에 있어 개체별 추적 관리를 할 수 있는 기반기술에 활용이 가능할 것으로 판단된다.
- 품질에 관련된 물성계측을 통하여 정량화된 객관적인 품질을 추출하고 급속히 발전하고 있는 정보화 기술을 바탕으로 닭고기의 품질정보를 개체별 또는 단위 그룹별로 명시하여 유통하는 구조 변화에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

제5장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 추가연구의 필요성

□ 닭 도체 등급 판정 시스템

- 영상처리 기술을 이용한 닭 도체의 품질 등급을 획득 할 수 있는 시스템과 레이저 구조광을 이용한 닭 도체의 3차원 프로파일을 획득 할 수 있는 시스템을 구성 하였다. 현재의 시스템은 아직까지 시험 개발 단계인 상태이므로, 즉시 현장에 투입하기에는 많은 어려움이 따른다. 닭 도체 표면에 나타나는 현상에 관한 정보는 영상을 이용한 획득이 가능하나 그 외의 품질등급에 관련된 항목들 즉 살불임, 지방부착, 신선도, 냄새 등에 있어서는 여러 가지 제한이 따른다.
- 그러나, 원격 제어시스템의 구축 및 터치스크린을 통화 시스템 제어, 미래 지향적인 인터페이스 구축을 통하여 작업 환경의 대폭적인 개선 가능성을 얻었으며, 향후 통합 시스템 제어를 통한 닭 도체의 품질 등급 정보, 시스템 관리 등을 종합적으로 수행 할 수 있으리라 사료된다.
- 현재 개발된 닭 도체 품질 등급 시스템의 경우 획기적인 형태의 시스템으로 만족 할 만한 성능을 얻었지만, 영상으로는 나타나지 않는 닭 도체의 품질 등급 정보를 획득 할 수 있는 시스템 개발이 필수적이다.

제 2 절 타 연구에의 응용

□ 닭 도체 등급판정 시스템

- 닭 도체 품질 생력화 시스템을 구축하기 위해서는 대상 농축산물의 품질 요소를 정량적으로 획득할 수 있는 기술을 확보하여야만 품질 규격에 따라 자동으로 선별할 수 있는 시스템 활용에 가능할 것으로 판단된다.

- 기술적 어려움으로 인하여 인력에 의존하여 왔던 품질 검사 및 선별 공정을 자동화하려는 기술의 개발은 농축산물 등의 생물자원을 다루는 분야에 있어 자동화를 통한 생산성 향상과 상품의 규격화를 통한 상품의 질적 우위를 확보하려는 시스템 활용에 가능할 것으로 판단된다.

- 농축산물의 품질을 자동으로 계측한 후 등급을 나누어 선별하는 시스템을 구축하기 위해서는 공정 과정 중 대상체의 상품성을 유지하는 것이 필수적이다. 비접촉 비파괴 방식에 의하여 농축산물의 외관 및 내부 품질을 검색하는 기술은 농축산물의 품질 등급화는 물론 고품질화를 유도하고 생산품의 고부가가치화에 기여할 수 있다.

□ RFID 시스템

RFID가 IT 시장의 '키워드'로 급부상하고 있다. 정부는 RFID를 차세대 성장산업으로 선정했으며, 관련 소프트웨어·하드웨어를 개발하기 위한 업체들의 사업 참여도 잇따르고 있다. 대형 IT업체들뿐만 아니라 벤처기업들도 상용 제품을 속속 선보이면서 RFID관련 시장은 빠르게 확대될 조짐이다.

○ 공공

공공시설에서의 RFID의 이용은 주로 개인 신상 정보를 저장하여 필요할 때 공공시설에서 이를 열람하고 본인임을 확인한다거나, 해당자에게 맞는 서비스를 제공하도록 하기 위함이다. 또한 공공시설에서의 물품 관리를 위해서도 이용되

고 있다. RFID를 이용하는 대표적인 시설로는 도서관, 행정, 의료 등을 들 수 있다.

○ 물류

물류 분야에서는 출하 작업을 효율화하고, 화물 추적, 환송 시간의 단축, 오배송 방지를 위해 활용되고 있으며, 제조업체의 물류 비용 절감과 유통 마진 증대를 위해서도 활용되고 있다. 그 밖에도 병원이나 호텔 등의 제복을 비롯한 옷의 세탁 분야에서도 이용된다.

○ 보안

자기카드는 위조문제가 크므로, 이러한 위조 문제에 대항하기 위하여 RFID 카드를 적용할 수 있다. RFID 카드는 자기카드에 비해 보안이 강하기 때문이다. RFID 태그는 쇼핑 센터나 대규모 도서관 등에서의 도난 방지, 위조 방지, 출입 관리들을 위하여 활용될 수 있다. 또한 사업체에서의 사원증으로도 이용되고 있다.

○ 추적 관리

RFID를 이용한 위치 추적의 사례로는 미국 내 교도소에서의 재소자, 교도관들에게 착용하게끔 한 RFID 태그가 삽입된 팔찌, 잃어버린 애완동물의 추적을 위한 이식용 RFID 칩, 일본에서의 의료 폐기물과 산업 폐기물 추적 등이 있다. 특히 싱가포르의 알렉산드라 병원은 중증 급성 호흡기 증후군 사스가 발생하자 사고 및 응급 부서에 RFID 시스템을 사용하여, 감염자와 접촉한 다른 사람에 대한 기록을 즉시 파악할 수 있게 하였다.

○ 국방

군수 물자 관리, 물체 식별, 상황 정보 취득 등을 위하여 RFID 시스템을 활용할 수 있다. 예를 들어 지뢰와 같은 폭발물을 지하에 매설한 이 후 필요에 따라 제거하여야 할 경우에, RFID 리더를 통하여 지뢰의 위치와 특성 정보를 취득하여 이용할 수 있다. 또한 탄약 저장, 탄약 수불 등의 작업도 휴대형 리더를 이용

하여 자동 관리가 가능하다.

○ 환경

상품의 라이프사이클을 생산, 판매부터 소비, 이용을 거쳐 폐기, 리사이클까지를 포함한 ‘밸류 체인 매니지먼트’로 생각하여 제조공정에서 제품의 RFID 태그에 리사이클에 관한 정보를 기록한다. 추후 폐기 공정에서 제품이나 부품의 RFID 태그 정보를 통하여 리사이클 가능성을 자동 판별, 분별하는 기능을 제공할 수 있다. 또한 폐기물의 RFID 태그 정보를 이용하여 무분별한 투기를 방지할 수 있다.

○ 한우이력정보관리

송아지가 태어나서 성장하고 후에 도축되어 매장에 도착할 때까지의 정보를 작은 RFID 칩에 저장하여 데이터베이스를 구성하는 것으로서, 컴퓨터를 이용하여 한우의 모든 정보를 열람할 수 있다. 한우이력정보시스템을 적용한 한우는 일반 쇠고기 가격보다 5% 가량 비싸지만, 믿을 수 있다는 장점 때문에 주부들 사이에서 인기를 끌었다.

제 3 절 기업화 추진방안

1. 자동제어 기술

기존의 기계 및 장치의 자동제어를 위한 기준입력요소, 조절부, 조작부, 검출부를 조합한 제어장치를 개발하기 위해서는 여러 제어 요소들을 적절이 선정하고 제어이론을 적용하여 PID제어, 적응제어, 또는 제어 알고리즘을 설계하고 실현시키는 기술 개발이 요구되어진다. 본 연구에서는 이러한 조건에 충족한 시스템과 영상처리 알고리즘을 개발하여 적용하고 그 결과값을 도출한 결과 닭 도체 등급판정 시스템의 기반기술에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

2. 기계시각

농작업은 인간이 인간의 시각에 의존하여 상태를 판별하여 수행하는 것이 일반적이므로 인간의 시각과 같은 기능을 수행하는 기계시각 또는 컴퓨터 시각의 활용이 요구된다.

기계 시각 또는 컴퓨터 시각은 농산물의 선별에서는 이미 실용화되고 있으나, 농장에서 이동하면서 작업하는 농업기계에서는 아직 연구 개발 단계에 있다.

본 연구에서는 CV M-77카메라와 8850-CL카메라를 이용하여 닭 도체의 외형정보와 3차원 프로파일, 그리고 닭 도체의 중량을 계산하는 알고리즘을 구현을 하여 닭 도체의 정보를 획득 하는 알고리즘을 기반기술에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

3. 정보처리와 인공지능

생물체와 자연환경을 대상으로 하는 농업은 작업대상이 다양하고 개체간에 변이가 커서 불확실하고 애매한 수많은 정보를 처리해야 하는 경우가 많은데 이들 정보를 효과적으로 처리하기 위한 수단으로서 전문가 시스템과 신경망등의 인공지능을 이용할 수 있다.

전문가 시스템이란 어느 전문화된 분야에 고도의 전문지식과 경험을 가진 사람이 논리적이고 추론적인 방법으로 당면한 과제를 해결하는 과정을 컴퓨터를 통해 구현하는 시스템을 말하는 것으로 농업자동화에 이용할 수 있다.

신경망 또는 정보처리 시스템은 단순한 소자들의 병렬, 분산 연결구조를 가지고 있으며, 외부로부터 받아들이는 입력에 동적 반응을 일으킴으로써 필요한 출력을 생성시키는 것이다.

본 연구에서는 이러한 알고리즘을 이용을 하여 닭 외형 정보와 닭 도체의 중량을 측정을 하는 방법을 고안을 했고, 닭 도체 품질 등급 뿐만 아니라 농산물의 등급판정에 기반기술에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1 절 국외 개발현황

1. 국외 학술논문

- Kevin chao(2000), 닭의 피부가 부어오른 부분을 발견하기 위해서 Hyper-spectral 과 Multi-spectral 이미지 기술을 사용하였다. 닭의 부어오름이 있는 Hyper-spectral 이미지는 특별한 spectral 범위에서 얻어졌고, 본질적인 요소의 분석은 닭의 부어오른 이미지로부터 유용한 주파수 밴드를 고르는데 사용되었다. Multi-spectral 이미지를 이용한 비율화된 Multi-spectral 이미지의 변이성으로부터 특징을 추출하는 것은 부어오른 표피로부터 평범한 표피를 분리할 수 있는 90% 이상의 정확도를 갖는 Fuzzy logic classifier 를 위한 기본을 제공한다.
- B. Park(2005), Hyper-spectral 이미지 시스템은 닭 내에 있는 배설물을 찾아내는데 사용되었는데 특히 도체의 내장안에 있는 배설물을 찾는 데 사용되었다. 그 알고리즘은 높은 정확도를 보인다.
- B. Park(2002), Multi-spectral 이미지 시스템은 개발되어졌고, 닭의 내부에 남아 있는 배설물이나 부유물을 실시간으로 찾아내는데 사용되어 졌다. 부유물과 배설물을 찾아내는 보고된 전체적인 정확도는 96.8% 이고, 십이지장을 찾아내는 예상되는 정확도는 92.4%, 맹장, 결장 그리고 섭취 물을 찾아내는 예상 정확도는 98%이다.
- K. chao(2001), 광학 스펙트럼 반사율 그리고 Multi-spectral 이미지 기술은 실시간으로 질병을 검사하기 위한 닭의 가슴을 검사하기 위해 개발 되었다. 이 시스

템이 공기주머니, 복수, 도체, 생닭 그리고 패혈증의 5가지 카테고리로 분리 할 수 있는지가 연구 되어졌다. 도체를 제외한 패혈증, 생닭, 복수, 공기주머니의 4 가지 요소를 분리 하는 데는 90%의 정확도를 나타내었다.

- Chun-chieh Yang (2005), 질병에 걸린 닭을 검출하기 위하여 다른 두 개의 Multi-spectral 이미지 시스템을 사용한 image differentiation method는 개발하고 확인하였다. 분류와 퇴화 계통수의 알고리이은 건강한 닭들로부터 질병이 걸린 닭들을 구별하기 위한 문턱 값을 결정하기 위해 사용되었다. 95%가 넘는 정확도가 확인 되었다.
- Kim(2004), 형광 정보와 부피정보를 제공하는 Hyper-spectral 형광 이미지 데이터를 이용하여 닭의 표면이 부어오른 것을 찾아내는 새로운 방법이 소개 되었다. 닭은 첫 번째로 스펙트럼 정보를 사용하여 검사되어지고 그 결과는 표피가 부어오른 것 같은 부분들을 찾는데 사용되어 졌다. 그 다음으로 spatial classifier 는 그 부위로부터 실제로 부어오른 부분을 찾아내었다. 76%의 검출 결과와 긍정적인 실패율 28% 그리고 놓친 비율 24%가 보고되었다.
- Kuanglin 등(2000)은 2대의 흑백카메라를 이용하여 닭 도체의 불량유무를 온라인 검색하는 시스템을 개발하였다. 각기 다른 대역통과 필터(540nm, 700nm)를 장착한 2대의 흑백카메라가 획득한 영상의 색깔 영역대별 미소한 차이점을 추출하여 닭 도체의 안전성 유무를 검출하고자 하였다.

2. 해외 기술 현황

- 미국 농무부 산하 벨츠빌 연구소와 러셀연구소 그리고 조지아 대학 주도 하에 닭고기 가공 관련 식품안전성 확보를 위한 연구가 10 여년 전부터 활발히 추진 되어 왔다. 하지만, 연구결과를 이용한 상용화 설비는 아직 없으며, 일부 연구결과를 실험실 수준의 설비로 제작하여 현장 적용시험을 수행하고 있다.

- 미국의 연구개발은 주로 닭고기 가공공정에 있어서의 식품안전성 확보를 목적으로 하고 있으며, 현재까지는 도계 가공라인에서 근적외 반사 스펙트럼을 실시간으로 획득하고 이들 스펙트럼을 분석하여 비정상 닭을 추출하는 연구를 수행하였다. 더불어 다분광(Multispectral) 영상시스템 그리고 초분광(Hyperspectral) 영상시스템을 이용한 오염물질 검출연구를 수행하고 있다.
- 캐나다에서는 다수의 칼라 카메라를 설치하여 닭고기의 내장과 닭고기 표면의 이물질 오염여부를 검색하는 시스템을 개발하여 사용하고 있다.
- 네덜란드에서는 imix회사에서 닭 도체 품질 등급 목록 중 카메라 영상처리로 할 수 있는 부위 즉 피명, 날개나 다리부위 유실여부, 가슴과 등 부위 검사하는 시스템을 개발을 했다.

제 2 절 국내외 학술논문

1. 국내 학술논문

- 조성인 등(1999)은 영상 처리와 가시/근적외선 분광 분석법을 이용하여 돈육의 저장시간을 예측하는 시스템을 구축하였다. 저장시간이 길어질수록 돈육의 R값이 변화하는 점을 이용하여 저장시간에 따른 색도를 구분하는 방식을 사용하였다. 이러한 것들은 돼지뿐만 아니라 육용소, 닭 같은 대상에게도 응용이 가능하다고 본다.

2. 국내 기술 현황

- 국내의 경우, 닭고기 가공은 대규모 자동 도계가공 설비 (대부분이 수입 설비)를 통하여 시중에 공급되고 있다. 하지만 도계의 품질판별 및 규격화 관련 설비는 전무하며 단지 로드셀을 이용한 중량 선별장치만이 설치되어 사용되고 있다.
- 현재는 대부분의 업체가 수작업으로 선택적 품질 검사를 하고 있다.
- 정부에서 닭고기의 품질 등급제를 법규에 의해 수년 내에 실시할 예정으로 있으나 닭고기 가공 유통업체에서 설치하여 사용할 수 있는 온라인 품질 검사 및 안전성 검사 시스템은 전무하며, 국내에서는 본 연구진을 제외하고 닭고기 가공라인에서 도계의 품질등급 선별 자동화와 관련하여 특별하게 연구 실적이 보고된 바 없다.

제7장 참고문헌

1. 다케무라 야수오 원저, 2001. 디지털 CCD 카메라 기술 정차근 번역
2. 색채학 원론 조맹섭 외 3인 번역, 2003. (Roy s. Berns 원저. Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology, 3rd Edition)
3. 손재룡 외, 1999. 컬러 영상처리를 이용한 사과의 결점 판정, 한국농업기계학회 1999년 동계학술대회 논문집 Vol.5(1) pp.251-259
4. 임동혁, 1999. 레이저 구조광을 이용한 3차원 컴퓨터 시각 형상정보 연속 측정 시스템 개발, 성균관대학교 대학원 석사학위논문.
5. 임동혁, 황현, 1999. 레이저 구조광을 이용한 3차원 컴퓨터 시각 형상정보 연속 측정시스템 개발 KSAM Trans. Vol. 24 No.2, pp.159-166
6. 조남홍, 이수희, 황현, 이영희, 최승묵, 박종률, 조광한, 2001. 기계시각에 의한 풋고추 온라인 등급 판정 알고리즘 개발, KSAM Trans. Vol. 26 No.6, pp.571-578.
7. 조성인, 배영민, 강인성, 이무하, 1999. 영상 처리와 가시/근적외선 분광 분석법을 이용한 돈육의 저장 시간 계측, Food Engineering Progress Vol.3, No.1, pp.51~55
8. 최태현, 황현, 1999. 인터넷을 이용한 건표고 등급선별장치의 원격제어 및 관리시스템 개발,. KSAM Trans. Vol. 24 No.3, pp.267-274.
9. 축산물등급판정세부기준 (농림부 고시 제2003-14호, 2003.3.28)
10. 축산물등급판정세부기준 (농림부 고시 제2003-14호, 2003.3.28)
11. 황병근, 1989. 3차원 물체인식을 위한 거리정보 영상의 분할 및 식별, 경북대학교 대학원박사학위논문.
12. 황현, 김시찬, 임동혁, 송기수, 최태현, 2001. 건표고 자동 등급선별 시스템 개발 - 시작 2호기 -, KSAM Trans. Vol. 26 No.2, pp.147-154.
13. 황현, 이충호, 김시찬, 1999. 양면 영상을 이용한 온라인 건표고 등급판정 시스템 개발, KSAM Trans. Vol. 24 No.2, pp.153-158.
14. 황현, 장영찬, 임동혁, 1998. 컴퓨터 시각과 레이저 구조광을 이용한 물체의 3차원 정보추출, KSAM Trans. Vol. 23 No.4, pp.381-390.

15. Aleksander Kubiak, 1997. Three-dimensional measurement of grain by line projection and computer images analysis, BIO-ROBOTICS '97, pp.101~104.
16. Angeles Lopez, Filiberto Pla, 2000. Dealing with Segmentation Errors in Rregion-based Stereo Matching, Pattern Recognition 33 pp.1325-1338.
17. B. Park, Chen, Y.R., 1996. Multispectral image co-occurrence matrix analysis for poultry carcasses inspection, Trans. ASAE 39(4), pp.1485-1491.
18. B. Park, Y. R. Chen, H. Hwang. 1996. Characterizing Multispectral Images of Tumorous, Bruised, Skin-torn, and Whole some Poultry Carcasses, ASAE Trans. of ASAE Vol.39(5) : 1933-1941.
19. C. H. Lee, 1995. Computer Vision Inspection and Automatic Sorting System of Oak Mushroom, 박사학위논문
20. Chao K., Y. R. Chen, W. R. Hruschka, B. Park, 2001. Chicken Heart Disease Characterization by Multi-Spectral Imaging, Applied Engineering in Agriculture ASAE Vol. 17(1) 99-106.
21. Chao K., Y. R. Chen, W. R. Hruschka, F. B. Gwozdz, 2002. On-line inspection of Poultry carcasses by a dual-camera system, Journal of Food Engineering 51 pp.185-192.
22. Chao Kuang lin, B. Park, Y. R. Chen, W. R. Hruschka, F. W. Wheaton, 2000. Design of a Dual-camera System for Poultry Carcasses Inspection, Applied Engineering in Agriculture Vol. 16, No. 5 pp.581-587
23. Chen, 1996. Quality Evaluation Technology For Agricultural Products, Published in Proc. Int. Conf. on Agric. Machinery Engineering. Vol. I pp. 171-204.
24. Chen, 2002. Machine vision technology for agricultural applications, Computers and Electronics in Agriculture 36, pp. 173-191
25. Chen, Y. R., Nguyen, and B. Park, 1995. An image processing algorithm for separation of fat and lean tissues on beff cut surface, ASAE Paper No. 953680. ASAE St. Joseph, MI.
26. Du Q. Huynh, 1997. Calibration of astructure dlight system : a projective

- approach, IEEE, pp.225~230.
27. Gabriel, F. M. Kam, 2000. Weighted Matchings for Dense Stereo Correspondence, Pattern Recognition 33, pp.1511~1524.
 28. Gongzhy, H.U. and G. Stockman, 1989. 3-D Surface Soution Using Structured Light and Constraint Propagation, IEEE Transaction. Vol. 11, NO. 4, April, pp.390-402.
 29. Gonzalez & Woods, 1992. Digital Image Processing 1st. Edition, Prentice Hall
 30. H. Hwang , C. H. Lee, 1994. Automatic recognition of the front/back sides and stalk states for mushrooms(Lentinus Edodes L.), The Journal of the KSAM 19(2):124-137(In Korean).
 31. H. Hwang, 1997. Robust Identification of Lean Tissue Quality form Beef Cut Surface Image, Food Engineering Progress Vol. 1, No. 2, pp. 122-127
 32. Heinemann, P. H. Z. A. Varghese, C. T. Morrow, H. J. Sommer III, and R. M. Crassweller. 1995. Machine vision inspection of 'Golden Delicious' apples. Applied Engineering in Agriculture 11(6) : 901-906.
 33. J. G. Park, Y. C. Chang, K. M. Noh, and C. H. Lee, 1999. The Analysis of Garlic Quality Based on Physical and Morphological Properties of a Whole Bulb of Garlic at the Harvesting Season, The Korean Society for Agricultural Machinery Vol 24 (3), pp. 225-234.
 34. J. K. Kearney, 1989. Camera calibration using geometric constraints, IEEE, pp.672~679.
 35. Janne Heikkila and Olli Silven, 1997. A four-step camera calibration procedure with implicit image correction, IEEE, pp.1106~1112.
 36. K. M. Kim, 1996. Analysis of Food Storage and Process with Computer Image Processong System, 박사학위논문
 37. K. M. Kim, D. W. Seo, and J. K. Chun, 1996. Image Processing System for Color Analysis of Food, Korean J. Food SCI. Technol. Vol 28, No. 4, pp. 786-789
 38. Kari, P. and L. G. Shapiro, 2000. Surface Reconstruction and Display from

- Range and Color Data, Graphical Models 62, pp.165-201.
39. Kitchen, P. W. and A. Pugh. 1981. Processing of Binary Images. Robot vision
 40. Ling-ling Wang and Wen-Hsiang Tsai, 1991. Camera calibration by vanishing lines for 3-d computer vision, IEEE Transaction, Vol. 13,NO. 4, April, pp.370~376.
 41. M. S. Kim, Y. R. Chen, P. M. Mehl, 2001. Hyperspectral Reflectance and Fluorescence Imaging System for Food Quality and Safety, Trans. of the ASAE Vol. 44(3), 721-729.
 42. Milan Sonka, Vaclav Hlavac & Roger Boyle, 1999. Image Processing, Analysis, and Machine Vision 2nd. Edition
 43. N. H. Cho, S. H. Lee, H. Hwang, Y. H. Lee, S. M. Choi, J. R. and Park, K. H. Cho, 2001. Development of On-Line Grading Algorithm of Green Pepper Using Machine Vision, The Korean Society for Agricultural Machinery Vol 26 (6), pp. 571-578.
 44. N. Kondo. K., Ninomiya and M. Kurita, 2006. Tomato Grading Robot with Food Traceability System, IFAC Bio-Robotics 3, pp282-287
 45. Pictiaw Chen, 1996. Quality Evaluation Technology for Agricultural Products Published in Proc. Int. Conf. on Agric. Machinery Engineering. Vol. 1, pp. 171-204.
 46. Roger Y. Tsai, 1986. Anefficient and accurate camera calibration technique for 3d machine vision, IEEE, pp.364~374.
 47. S. H. Lee, 2000. Machine Vision System for On-Line Extraction and Quantification of Appearance Quality Factors of Apple, 박사학위논문
 48. Subhash, B. and J. Yang, 1989. Laser measurement system for on-line control of a manufacturing process, IEEE, pp247-250.
 49. Wang, Y.F., 1991. Characterizing Three-Dimensional Surface Structures from Visual Images. Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.13 No.1, 52-60.
 50. Y. Ding, A. Yezzi, B. Heck, W. Daley, G. Vachtsevanos, Y. Zhang, September

25-28, 2002. "An On - line Real - time Automatic Visual Inspection Algorithm for Surface Bone Detection in Poultry Products." Koukounaries, Skiathos Island, Greece,

(http://icsl.marc.gatech.edu/projects/ICSLFoodPac_homepage/WSEAS_2002.pdf)

51. Y. F. Wang, 1991. Characterizing three-dimensional surface structures from visual images, IEEE Transaction, Vol. 13, NO. 1, January, pp.52~ 60.
52. YuncaiLiu, ThomasS.Huang, 1990. Determination of camera location from 2-d to 3-d line and point correspondences, Vol. 12, NO. 1, January, pp.28~37.

< 부록 >

Programming code

```
Private Sub cmdBrokenwing_Click()  
Screen.MousePointer = vbHourglass  
cmdUndo.Caption = "Undo"  
CopyArray 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayUndo  
HistoStretch 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
Threshold 0, 0, 1024, 768, 15, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
Numbering 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
Brokenwing 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
ImageBufferMain.Clear  
ImageBufferMain.Put ImageArrayColor, imRGB24Planar, imAllBands, 0, 0, 1024,  
768  
Screen.MousePointer = vbDefault  
End Sub
```

```
Private Sub cmdBloodDistance_Click()  
Screen.MousePointer = vbHourglass  
CopyArray 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayUndo  
ThresholdRed 0, 0, 1024, 768, 20, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
GradingRed 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
FilterBlood 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
DilationForBinary 0, 0, 1023, 766, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
ErosionForBinary 0, 0, 1023, 766, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
NumberingBlood 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
ImageBufferMain.Clear  
ImageBufferMain.Put ImageArrayColor, imRGB24Planar, imAllBands, 0, 0, 1024,  
768  
cmdUndo.Caption = "Undo"  
Screen.MousePointer = vbDefault  
End Sub
```

```
Private Sub cmdBalckBlueDistance_Click()  
Screen.MousePointer = vbHourglass  
CopyArray 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayUndo  
ThresholdRed 0, 0, 1024, 768, 20, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
GradingB_Blue 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
FilterBlack_Blue 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
DilationForBinary 0, 0, 1023, 766, ImageArrayColor, ImageArrayColor  
ErosionForBinary 0, 0, 1023, 766, ImageArrayColor, ImageArrayColor
```

```

NumberingBlackBlue 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor
ImageBufferMain.Clear
ImageBufferMain.Put ImageArrayColor, imRGB24Planar, imAllBands, 0, 0, 1024,
768
cmdUndo.Caption = "Undo"
Screen.MousePointer = vbDefault
End Sub

```

```

Private Sub cmdFeatherDistance_Click()
Screen.MousePointer = vbHourglass
CopyArray 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayUndo
GradingFeather1 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor
FilterFeather 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor
DilationForBinary 0, 0, 1023, 766, ImageArrayColor, ImageArrayColor
ErosionForBinary 0, 0, 1023, 766, ImageArrayColor, ImageArrayColor
NumberingFeather 0, 0, 1024, 768, ImageArrayColor, ImageArrayColor
ImageBufferMain.Clear
ImageBufferMain.Put ImageArrayColor, imRGB24Planar, imAllBands, 0, 0, 1024,
768
cmdUndo.Caption = "Undo"
Screen.MousePointer = vbDefault
End Sub

```

```

Public Sub CopyArray(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
TargetArray(x, y, 0) = SourceArray(x, y, 0)
TargetArray(x, y, 1) = SourceArray(x, y, 1)
TargetArray(x, y, 2) = SourceArray(x, y, 2)
Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub HistoStretch(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim i, j As Long
Dim HistoR(255) As Long
Dim HistoG(255) As Long
Dim HistoB(255) As Long
Dim Histo(255) As Long
Dim LUTR(255) As Long

```

```

Dim LUTG(255) As Long
Dim LUTB(255) As Long
Dim LUT(255) As Long
Dim LowThreshR, HighThreshR As Long
Dim LowThreshG, HighThreshG As Long
Dim LowThreshB, HighThreshB As Long
Dim LowThresh, HighThresh As Long
Dim ScaleFactorR As Double
Dim ScaleFactorG As Double
Dim ScaleFactorB As Double
Dim ScaleFactor As Double
LowThreshR = 0
LowThreshG = 0
LowThreshB = 0
HighThreshR = 255
HighThreshG = 255
HighThreshB = 255
For i = 0 To 255
HistoR(i) = 0
HistoG(i) = 0
HistoB(i) = 0
Next i
For i = Sx To Ex - 1
For j = Sy To Ey - 1
HistoR(SourceArray(i, j, 0)) = HistoR(SourceArray(i, j, 0)) + 1
HistoG(SourceArray(i, j, 1)) = HistoG(SourceArray(i, j, 1)) + 1
HistoB(SourceArray(i, j, 2)) = HistoB(SourceArray(i, j, 2)) + 1
Next j
Next i
For i = 0 To 255
If HistoR(i) <> 0 Then
LowThreshR = i
Exit For
End If
Next i
For i = 0 To 255
If HistoG(i) <> 0 Then
LowThreshG = i
Exit For
End If
Next i
For i = 0 To 255
If HistoB(i) <> 0 Then
LowThreshB = i

```



```

Exit For
End If
Next i
For i = 255 To 0 Step -1
If HistoR(i) <> 0 Then
HighThreshR = i
Exit For
End If
Next i
For i = 255 To 0 Step -1
If HistoG(i) <> 0 Then
HighThreshG = i
Exit For
End If
Next i
For i = 255 To 0 Step -1
If HistoB(i) <> 0 Then
HighThreshB = i'
Exit For
End If
Next i
For i = 0 To LowThreshR - 1
LUTR(i) = 0
Next i
For i = 0 To LowThreshG - 1
LUTG(i) = 0
Next i
For i = 0 To LowThreshB - 1
LUTB(i) = 0
Next i
For i = 255 To HighThreshR + 1 Step -1
LUTR(i) = 255
Next i
For i = 255 To HighThreshG + 1 Step -1
LUTG(i) = 255
Next i
For i = 255 To HighThreshB + 1 Step -1
LUTB(i) = 255
Next i
If CDbl(HighThreshR - LowThreshR) = 0 Then
ScaleFactorR = 0#
Else
ScaleFactorR = 255# / CDbl(HighThreshR - LowThreshR)
End If

```

```

For i = LowThreshR To HighThreshR
LUTR(i) = CByte(CDbI(i - LowThreshR) * ScaleFactorR)
Next i
If CDbI(HighThreshG - LowThreshG) = 0 Then
ScaleFactorG = 0#
Else
ScaleFactorG = 255# / CDbI(HighThreshG - LowThreshG)
End If
For i = LowThreshG To HighThreshG
LUTG(i) = CByte(CDbI(i - LowThreshG) * ScaleFactorG)
Next i
If CDbI(HighThreshB - LowThreshB) = 0 Then
ScaleFactorB = 0#
Else
ScaleFactorB = 255# / CDbI(HighThreshB - LowThreshB)
End If
For i = LowThreshB To HighThreshB
LUTB(i) = CByte(CDbI(i - LowThreshB) * ScaleFactorB)
Next i
For i = Sx To Ex - 1
For j = Sy To Ey - 1
TargetArray(i, j, 0) = LUTR(SourceArray(i, j, 0))
TargetArray(i, j, 1) = LUTG(SourceArray(i, j, 1))
TargetArray(i, j, 2) = LUTB(SourceArray(i, j, 2))
Next j
Next i
End Sub

```

```

Public Sub Threshold(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long, cut
As Long, SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (SourceArray(x, y, 0) > cut) Then
TargetArray(x, y, 0) = SourceArray(x, y, 0)
TargetArray(x, y, 1) = SourceArray(x, y, 1)
TargetArray(x, y, 2) = SourceArray(x, y, 2)
Else
TargetArray(x, y, 0) = 0
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 0
End If
Next x

```

```
Next y
End Sub
```

```
Public Sub Numbering(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim Red As Long
Dim Green As Long
Dim Blue As Long
Dim tmpdata As Long
Dim tmpArray(1024, 768) As Long
Dim NumHisto(200000) As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim k As Long
Dim Min As Long
Dim Max As Long
k = 1
Min = 0
For y = Sy + 1 To Ey - 2
For x = Sx + 1 To Ex - 2
If ImageArrayColor(x, y, 0) <> 0 Then
If tmpArray(x - 1, y - 1) = 0 And _
tmpArray(x, y - 1) = 0 And _
tmpArray(x - 1, y) = 0 And _
tmpArray(x + 1, y) = 0 And _
tmpArray(x - 1, y + 1) = 0 And _
tmpArray(x, y + 1) = 0 And _
tmpArray(x + 1, y + 1) = 0 Then
tmpArray(x, y) = k
k = k + 1
Else
Min = 100000
For i = -1 To 1
For j = -1 To 1
If (tmpArray(x + i, y + j) < Min) And (tmpArray(x + i, y + j) <> 0) Then
Min = tmpArray(x + i, y + j)
End If
Next j
Next i
tmpArray(x, y) = Min
For i = -1 To 1
For j = -1 To 1
```

```

If tmpArray(x + i, y + j) <> 0 Then
If tmpArray(x + i, y + j) <> Min Then
tmpArray(x + i, y + j) = Min
End If
End If
Next j
Next i
End If
Else
tmpArray(x, y) = 0
End If
Next x
Next y
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (tmpArray(x, y) <> tmpArray(x, y + 1)) And (tmpArray(x, y) <> 0) And
(tmpArray(x, y + 1)) Then
If tmpArray(x, y) > tmpArray(x, y + 1) Then
Min = tmpArray(x, y + 1)
Max = tmpArray(x, y)
Else
Max = tmpArray(x, y + 1)
Min = tmpArray(x, y)
End If
For j = Sy To Ey - 1
For i = Sx To Ex - 1
If tmpArray(i, j) = Max Then
tmpArray(i, j) = Min
End If
Next i
Next j
End If
Next x
Next y
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If tmpArray(x, y) <> 0 Then
NumHisto(tmpArray(x, y)) = NumHisto(tmpArray(x, y)) + 1
End If
Next x
Next y
Max = 0
For x = 1 To 200000
If NumHisto(x) > Max Then

```

```

Max = NumHisto(x)
End If
Next x
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (tmpArray(x, y) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(x, y)) = Max) Then
TargetArray(x, y, 0) = SourceArray(x, y, 0)
TargetArray(x, y, 1) = SourceArray(x, y, 1)
TargetArray(x, y, 2) = SourceArray(x, y, 2)
ElseIf (tmpArray(x, y) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(x, y)) <> Max) Then
TargetArray(x, y, 0) = 0
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 0
Else
TargetArray(x, y, 0) = 0
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 0
End If
Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub Brokenwing(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim Point1 As PointData
Dim Point2 As PointData
Dim Point3 As PointData
Dim Point4 As PointData
Dim Point5 As PointData
Dim Point6 As PointData
Dim Point7 As PointData
Dim Point8 As PointData
Dim Flag1 As Boolean
Dim Flag2 As Boolean
Flag1 = False
Flag2 = False
For y = 260 To 380 Step 20
Point1.x = 3
Point1.y = y
For x = 3 To Ex - 2

```

```

If SourceArray(x, y, 2) = 255 Then
Point2.x = x - 5
Point2.y = y
For i = y To Ey - 1
If (SourceArray(x - 5, i, 2) = 255) Then
Point3.x = x - 5
Point3.y = i - 5
Point4.x = 5
Point4.y = i - 5
For j = x - 5 To 3 Step -1
If (SourceArray(j, i - 5, 2) = 255) Then
Flag1 = True
Exit For
End If
Next j
Exit For
End If
Next i
Exit For
End If
Next x
''''''''''Horizontal 1''''''''''
For x = Point1.x To Point2.x
j = Point1.y
For i = -2 To 2
TargetArray(x, j + i, 0) = 255
TargetArray(x, j + i, 1) = 255
TargetArray(x, j + i, 2) = 0
Next i
Next x
''''''''''Vertical 2''''''''''
For j = Point2.y To Point3.y - 1
x = Point2.x
For i = -2 To 2
TargetArray(x + i, j, 0) = 255
TargetArray(x + i, j, 1) = 255
TargetArray(x + i, j, 2) = 0
Next i
Next j
''''''''''Horizontal 3''''''''''
For x = Point4.x To Point3.x
j = Point3.y
If SourceArray(x, j, 0) = 255 And SourceArray(x, j, 1) = 255 And SourceArray(x,
j, 2) = 255 Then

```

```

For i = -2 To 2
TargetArray(x, j + i, 0) = 255
TargetArray(x, j + i, 1) = 0
TargetArray(x, j + i, 2) = 0
Next i
Else
For i = -2 To 2
TargetArray(x, j + i, 0) = 255
TargetArray(x, j + i, 1) = 255
TargetArray(x, j + i, 2) = 0
Next i
End If
Next x
//////////////////////////////////////////////////////////////////

If Flag1 = True Then
Exit For
End If
Next y
For y = 260 To 380 Step 20
Point5.x = 1021
Point5.y = y
For x = Ex - 2 To 3 Step -1
If (SourceArray(x, y, 2) = 255) Then
Point6.x = x + 5
Point6.y = y
For i = y To Ey - 1
If (SourceArray(x + 5, i, 2) = 255) Then
Point7.x = x + 5
Point7.y = i - 5
Point8.x = 1021
Point8.y = i - 5
For j = x + 5 To 1021
If (SourceArray(j, i - 5, 2) = 255) Then
Flag2 = True
Exit For
End If
Next j
Exit For
End If
Next i
Exit For
End If
Next x
//////////////////////////////////////////////////////////////////Horizontal 4'//////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

For x = Point6.x To Point5.x
j = Point6.y
For i = -2 To 2
TargetArray(x, j + i, 0) = 255
TargetArray(x, j + i, 1) = 255
TargetArray(x, j + i, 2) = 0
Next i
Next x
////////////////////////////////Vertical 5////////////////////////////////
For j = Point6.y To Point7.y - 1
x = Point7.x
For i = -2 To 2
TargetArray(x + i, j, 0) = 255
TargetArray(x + i, j, 1) = 255
TargetArray(x + i, j, 2) = 0
Next i
Next j
////////////////////////////////Horizontal 6////////////////////////////////
For x = Point7.x To Point8.x
j = Point8.y
If SourceArray(x, j,0) = 255 And SourceArray(x, j, 1) = 255 And SourceArray(x,
j, 2) = 255 Then
For i = -2 To 2
TargetArray(x, j + i, 0) = 255
TargetArray(x, j + i, 1) = 0
TargetArray(x, j + i, 2) = 0
Next i
Else
For i = -2 To 2
TargetArray(x, j + i, 0) = 255
TargetArray(x, j + i, 1) = 255
TargetArray(x, j + i, 2) = 0
Next i
End If
Next x
If Flag2 = True Then
Exit For
End If
////////////////////////////////////////////////////////////////
Next y
If (Flag1 = True) And (Flag2 = True) Then
Form1.txtBrokenwing = "No"
Else
Form1.txtBrokenwing = "Yes"

```



```
End If
End Sub
```

```
Public Sub ThresholdRed(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
cut As Long, SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim Temp1 As Double
Dim Temp2 As Double
Dim Temp3 As Double
Dim Temp4 As Double
Dim Var0 As Double
Dim Var1 As Double
Dim Var2 As Double

For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
Var0 = SourceArray(x, y, 0)
Var1 = SourceArray(x, y, 1)
Var2 = SourceArray(x, y, 2)
Temp1 = Var1 - Var0
Temp2 = Var2 - Var0
Temp3 = SourceArray(x, y, 1) - Abs(Temp1)
Temp4 = SourceArray(x, y, 2) - Abs(Temp2)
If Temp3 < 0 Then
Temp3 = 0
End If
If Temp4 < 0 Then
Temp4 = 0
End If
TargetArray(x, y, 0) = SourceArray(x, y, 0)
TargetArray(x, y, 1) = Temp3
TargetArray(x, y, 2) = Temp4
Next x
Next y
End Sub
```

```
Public Sub GradingRed(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim RedVar As Double
Dim GreenVar As Double
Dim BlueVar As Double
```

```

Dim a As Long
Dim b As Long
Dim c As Long
Dim D As Long
a = 142
b = 120
c = 0
D = 0
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
RedVar = SourceArray(x, y, 0)
GreenVar = SourceArray(x, y, 1)
BlueVar = SourceArray(x, y, 2)
If RedVar < a And GreenVar < b And BlueVar < b And (2 * RedVar -
GreenVar - BlueVar) > b And _
(2 * GreenVar - RedVar - BlueVar) < c And _
(2 * BlueVar - GreenVar - RedVar) < D Then
TargetArray(x, y, 0) = 255
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 0
Else
TargetArray(x, y, 0) = SourceArray(x, y, 0)
TargetArray(x, y, 1) = SourceArray(x, y, 1)
TargetArray(x, y, 2) = SourceArray(x, y, 2)
End If
Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub FilterBlood(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (SourceArray(x, y, 0) = 255) And (SourceArray(x, y, 2) = 0) And
(SourceArray(x, y, 1) = 0) Then
TargetArray(x, y, 0) = 255
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 0
Else
TargetArray(x, y, 0) = 0
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 0

```

```
End If
Next x
Next y
End Sub
```

```
Public Sub DilationForBinary(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As
Long, SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim Sum As Byte
Dim row As Byte
Dim column As Byte
Dim Temp(2, 2) As Byte
Dim mask(2, 2) As Byte
Dim TmpBuffer(1024, 768, 2) As Byte
Sum = 0: SumR = 0: SumG = 0: SumB = 0
mask(0, 0) = 0: mask(0, 1) = 0: mask(0, 2) = 0
mask(1, 0) = 0: mask(1, 1) = 0: mask(1, 2) = 0
mask(2, 0) = 0: mask(2, 1) = 0: mask(2, 2) = 0
For y = Sy + 1 To Ey - 2
For x = Sx + 1 To Ex - 2
For row = 0 To 2
For column = 0 To 2
If mask(row, column) = SourceArray(row + x, column + y, 0) Then
SumR = SumR + 1
End If
If mask(row, column) = SourceArray(row + x, column + y, 1) Then
SumG = SumG + 1
End If
If mask(row, column) = SourceArray(row + x, column + y, 2) Then
SumB = SumB + 1
End If
Next column
Next row
If SumR = 9 Then
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 0) = 0
Else
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 0) = 255
End If
SumR = 0
If SumG = 9 Then
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 1) = 0
Else
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 1) = 255
```

```

End If
SumG = 0
If SumB = 9 Then
  TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 2) = 0
Else
  TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 2) = 255
End If
SumB = 0
Next x
Next y
For y = Sy + 1 To Ey - 2
  For x = Sx + 1 To Ex - 2
    TargetArray(x, y, 0) = TmpBuffer(x, y, 0)
    TargetArray(x, y, 1) = TmpBuffer(x, y, 1)
    TargetArray(x, y, 2) = TmpBuffer(x, y, 2)
  Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub ErosionForBinary(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As
Long, SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
  Dim x As Long
  Dim y As Long
  Dim SumR As Byte
  Dim SumG As Byte
  Dim SumB As Byte
  Dim Sum As Byte
  Dim row As Byte
  Dim column As Byte
  Dim Temp(2, 2) As Byte
  Dim mask(2, 2) As Byte
  Dim TmpBuffer(1024, 768, 2) As Byte
  Sum = 0: SumR = 0: SumG = 0: SumB = 0
  mask(0, 0) = 255: mask(0, 1) = 255: mask(0, 2) = 255
  mask(1, 0) = 255: mask(1, 1) = 255: mask(1, 2) = 255
  mask(2, 0) = 255: mask(2, 1) = 255: mask(2, 2) = 255
  For y = Sy + 1 To Ey - 2
    For x = Sx + 1 To Ex - 2
      For row = 0 To 2
        For column = 0 To 2
          If mask(row, column) = SourceArray(row + x, column + y, 0) Then
            SumR = SumR + 1
          End If
          If mask(row, column) = SourceArray(row + x, column + y, 1) Then

```

```

SumG = SumG + 1
End If
If mask(row, column) = SourceArray(row + x, column + y, 2) Then
SumB = SumB + 1
End If
Next column
Next row
If SumR = 9 Then
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 0) = 255
Else
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 0) = 0
End If
SumR = 0
If SumG = 9 Then
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 1) = 255
Else
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 1) = 0
End If
SumG = 0
If SumB = 9 Then
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 2) = 255
Else
TmpBuffer(1 + x, 1 + y, 2) = 0
End If
SumB = 0
Next x
Next y
For y = Sy + 1 To Ey - 2
For x = Sx + 1 To Ex - 2
TargetArray(x, y, 0) = TmpBuffer(x, y, 0)
TargetArray(x, y, 1) = TmpBuffer(x, y, 1)
TargetArray(x, y, 2) = TmpBuffer(x, y, 2)
Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub NumberingBlood(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim Red As Long
Dim Green As Long
Dim Blue As Long
Dim tmpdata As Long

```

```

Dim tmpArray(1024, 768) As Long
Dim NumHisto(200000) As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim k As Long
Dim n As Long
Dim m As Long
Dim Min As Long
Dim Max As Long
Dim DistanceValue As Double
Dim Point1 As PointData
Dim Point2 As PointData
Dim PointOrg1 As PointData
Dim PointOrg2 As PointData
Dim Temp As Double
k = 1
Min = 0
For y = 111 To 177
For x = 451 To 548
If ImageArrayColor(x, y, 0) <> 0 Then
If tmpArray(x - 1, y - 1) = 0 And _
tmpArray(x, y - 1) = 0 And _
tmpArray(x - 1, y) = 0 And _
tmpArray(x + 1, y) = 0 And _
tmpArray(x - 1, y + 1) = 0 And _
tmpArray(x, y + 1) = 0 And _
tmpArray(x + 1, y + 1) = 0 Then
tmpArray(x, y) = k
k = k + 1
Else
Min = 100000
For i = -1 To 1
For j = -1 To 1
If (tmpArray(x + i, y + j) < Min) And (tmpArray(x + i, y + j) <> 0) Then
Min = tmpArray(x + i, y + j)
End If
Next j
Next i
tmpArray(x, y) = Min
For i = -1 To 1
For j = -1 To 1
If tmpArray(x + i, y + j) <> 0 Then
If tmpArray(x + i, y + j) <> Min Then
tmpArray(x + i, y + j) = Min

```

```

End If
End If
Next j
Next i
End If
Else
tmpArray(x, y) = 0
End If
Next x
Next y
For y = 111 To 177
For x = 451 To 548
If (tmpArray(x, y) <> tmpArray(x, y + 1)) And (tmpArray(x, y) <> 0) And
(tmpArray(x, y + 1)) Then
If tmpArray(x, y) > tmpArray(x, y + 1) Then
Min = tmpArray(x, y + 1)
Max = tmpArray(x, y)
Else
Max = tmpArray(x, y + 1)
Min = tmpArray(x, y)
End If
For j = Sy To Ey - 1
For i = Sx To Ex - 1
If tmpArray(i, j) = Max Then
tmpArray(i, j) = Min
End If
Next i
Next j
End If
Next x
Next y
For y = 111 To 177
For x = 451 To 548
If tmpArray(x, y) <> 0 Then
NumHisto(tmpArray(x, y)) = NumHisto(tmpArray(x, y)) + 1
End If
Next x
Next y
Max = 0
For x = 1 To 200000
If NumHisto(x) > Max Then
Max = NumHisto(x)
End If
Next x

```

```

For y = 111 To 177
For x = 451 To 548
If (tmpArray(x, y) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(x, y)) < 5) Then
ImageArrayColor(x, y, 0) = 0
ImageArrayColor(x, y, 1) = 0
ImageArrayColor(x, y, 2) = 0
End If
Next x
Next y
DistanceValue = 0
For y = 111 To 177
For x = 451 To 548
If (tmpArray(x, y) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(x, y)) = Max) Then
Point1.x = x
Point1.y = y
i = tmpArray(x, y)
For m = 111 To 177
For n = 451 To 548
If (tmpArray(n, m) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(n, m)) = Max) Then '(n <>
x) And (m <> y) And'tmpArray(n, m) = i
Point2.x = n
Point2.y = m
Temp = Distan(Point1, Point2)
If Temp > DistanceValue Then
DistanceValue = Temp
PointOrg1.x = Point1.x
PointOrg1.y = Point1.y
PointOrg2.x = Point2.x
PointOrg2.y = Point2.y
Form1.Text2 = DistanceValue
End If
End If
Next n
Next m
End If
Next x
Next y
DrawLine PointOrg1, PointOrg2, ImageArrayColor, 1
End Sub

Public Sub GradingB_Blue(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long

```



```

Dim RedVar As Double
Dim GreenVar As Double
Dim BlueVar As Double
Dim a As Double
Dim b As Double
Dim c As Double
Dim D As Double
Dim E As Double
a = 60
b = 70
c = 120
D = 0
E = 30
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
RedVar = TargetArray(x, y, 0)
GreenVar = TargetArray(x, y, 1)
BlueVar = TargetArray(x, y, 2)
If BlueVar < a And (2 * RedVar - GreenVar - BlueVar) > b And (2 * RedVar
- GreenVar - BlueVar) <= c And _
(2 * BlueVar - RedVar - GreenVar) < D And (2 * GreenVar - RedVar -
BlueVar) < E Then
TargetArray(x, y, 0) = 255
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 255
Else
TargetArray(x, y, 0) = SourceArray(x, y, 0)
TargetArray(x, y, 1) = SourceArray(x, y, 1)
TargetArray(x, y, 2) = SourceArray(x, y, 2)
End If
Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub FilterBlack_Blue(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As
Long, SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (SourceArray(x, y, 0) = 255) And (SourceArray(x, y, 2) = 255) And
(SourceArray(x, y, 1) = 0) Then
TargetArray(x, y, 0) = 255
TargetArray(x, y, 1) = 0

```

```

TargetArray(x, y, 2) = 255
Else
TargetArray(x, y, 0) = 0
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 0
End If
Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub NumberingBlackBlue(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As
Long, SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim Red As Long
Dim Green As Long
Dim Blue As Long
Dim tmpdata As Long
Dim tmpArray(1024, 768) As Long
Dim NumHisto(200000) As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim k As Long
Dim n As Long
Dim m As Long
Dim Min As Long
Dim Max As Long
Dim DistanceValue As Double
Dim Point1 As PointData
Dim Point2 As PointData
Dim PointOrg1 As PointData
Dim PointOrg2 As PointData
Dim Temp As Double
k = 1
Min = 0
For y = 230 To 485
For x = 457 To 667
If ImageArrayColor(x, y, 0) <> 0 Then
If tmpArray(x - 1, y - 1) = 0 And _
tmpArray(x, y - 1) = 0 And _
tmpArray(x - 1, y) = 0 And _
tmpArray(x + 1, y) = 0 And _
tmpArray(x - 1, y + 1) = 0 And _
tmpArray(x, y + 1) = 0 And _

```

```

tmpArray(x + 1, y + 1) = 0 Then
tmpArray(x, y) = k
k = k + 1
Else
Min = 100000
For i = -1 To 1
For j = -1 To 1
If (tmpArray(x + i, y + j) < Min) And (tmpArray(x + i, y + j) <> 0) Then
Min = tmpArray(x + i, y + j)
End If
Next j
Next i
tmpArray(x, y) = Min
For i = -1 To 1
For j = -1 To 1
If tmpArray(x + i, y + j) <> 0 Then
If tmpArray(x + i, y + j) <> Min Then
tmpArray(x + i, y + j) = Min
End If
End If
Next j
Next i
End If
Else
tmpArray(x, y) = 0
End If
Next x
Next y

For y = 230 To 485
For x = 457 To 667
If (tmpArray(x, y) <> tmpArray(x, y + 1)) And (tmpArray(x, y) <> 0) And
(tmpArray(x, y + 1)) Then
If tmpArray(x, y) > tmpArray(x, y + 1) Then
Min = tmpArray(x, y + 1)
Max = tmpArray(x, y)
Else
Max = tmpArray(x, y + 1)
Min = tmpArray(x, y)
End If
For j = Sy To Ey - 1
For i = Sx To Ex - 1
If tmpArray(i, j) = Max Then
tmpArray(i, j) = Min

```

```

End If
Next i
Next j
End If
Next x
Next y
For y = 230 To 485
For x = 457 To 667
If tmpArray(x, y) <> 0 Then
NumHisto(tmpArray(x, y)) = NumHisto(tmpArray(x, y)) + 1
End If
Next x
Next y
Max = 0
For x = 1 To 200000
If NumHisto(x) > Max Then
Max = NumHisto(x)
End If
Next x
For y = 230 To 485
For x = 457 To 667
If (tmpArray(x, y) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(x, y)) < 5) Then
ImageArrayColor(x, y, 0) = 0
ImageArrayColor(x, y, 1) = 0
ImageArrayColor(x, y, 2) = 0
End If
Next x
Next y
DistanceValue = 0
For y = 230 To 485
For x = 457 To 667
If (tmpArray(x, y) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(x, y)) = Max) Then
Point1.x = x
Point1.y = y
i = tmpArray(x, y)
For m = 230 To 485
For n = 457 To 667
If (tmpArray(n, m) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(n, m)) = Max) Then '(n <>
x) And (m <> y) And'tmpArray(n, m) = i
Point2.x = n
Point2.y = m
Temp = Distan(Point1, Point2)
If Temp > DistanceValue Then
DistanceValue = Temp

```

```

PointOrg1.x = Point1.x
PointOrg1.y = Point1.y
PointOrg2.x = Point2.x
PointOrg2.y = Point2.y
Form1.Text1 = DistanceValue
End If
End If
Next n
Next m
End If
Next x
Next y
DrawLine PointOrg1, PointOrg2, ImageArrayColor, 1
End Sub

```

```

Public Sub GradingFeather1(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As
Long, SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim Temp1 As Double
Dim Temp As Double
Dim AvTotalR As Double
Dim AvTotalG As Double
Dim AvTotalB As Double
Dim TetaTotal As Double
Dim MinTotal As Double
Dim HTotal As Double
Dim ITotal As Double
Dim STotal As Double
Dim Cutvalue As Long
Dim RedVar As Double
Dim GreenVar As Double
Dim BlueVar As Double
Dim Var1 As Double
Dim Var2 As Double
Dim Var3 As Double
Cutvalue = 90
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
AvTotalR = SourceArray(x, y, 0)
AvTotalG = SourceArray(x, y, 1)
AvTotalB = SourceArray(x, y, 2)
Var1 = 2 * AvTotalR - AvTotalG - AvTotalB
Var2 = 2 * AvTotalG - AvTotalR - AvTotalB

```

```

Var3 = 2 * AvTotalB - AvTotalG - AvTotalR
MinTotal = Min(AvTotalR, AvTotalG, AvTotalB)
If (AvTotalR + AvTotalG + AvTotalB) = 0 Then
Temp = 1
Else
Temp = 3 * MinTotal / (AvTotalR + AvTotalG + AvTotalB)
End If
STotal = 1 - Temp
STotal = STotal * 255
STotal = Round(STotal)
If (STotal > Cutvalue) And Var1 > 0 And Var2 > 0 And Var3 < 0 Then
TargetArray(x, y, 0) = 255
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 255
Else
TargetArray(x, y, 0) = SourceArray(x, y, 0)
TargetArray(x, y, 1) = SourceArray(x, y, 1)
TargetArray(x, y, 2) = SourceArray(x, y, 2)
End If
Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub FilterFeather(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (SourceArray(x, y, 0) = 255) And (SourceArray(x, y, 2) = 255) And
(SourceArray(x, y, 1) = 0) Then
TargetArray(x, y, 0) = 255
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 255
Else
TargetArray(x, y, 0) = 0
TargetArray(x, y, 1) = 0
TargetArray(x, y, 2) = 0
End If
Next x
Next y
End Sub

```

```

Public Sub NumberingFeather(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As

```

```

Long, SourceArray() As Byte, TargetArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim Red As Long
Dim Green As Long
Dim Blue As Long
Dim tmpdata As Long
Dim tmpArray(1024, 768) As Long
Dim NumHisto(200000) As Long
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim k As Long
Dim n As Long
Dim m As Long
Dim Min As Long
Dim Max As Long
Dim DistanceValue As Double
Dim Point1 As PointData
Dim Point2 As PointData
Dim PointOrg1 As PointData
Dim PointOrg2 As PointData
Dim Temp As Double
k = 1
Min = 0
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If ImageArrayColor(x, y, 0) <> 0 Then
If tmpArray(x - 1, y - 1) = 0 And _
tmpArray(x, y - 1) = 0 And _
tmpArray(x - 1, y) = 0 And _
tmpArray(x + 1, y) = 0 And _
tmpArray(x - 1, y + 1) = 0 And _
tmpArray(x, y + 1) = 0 And _
tmpArray(x + 1, y + 1) = 0 Then
tmpArray(x, y) = k
k = k + 1
Else
Min = 100000
For i = -1 To 1
For j = -1 To 1
If (tmpArray(x + i, y + j) < Min) And (tmpArray(x + i, y + j) <> 0) Then
Min = tmpArray(x + i, y + j)
End If
Next j

```

```

Next i
tmpArray(x, y) = Min
For i = -1 To 1
For j = -1 To 1
If tmpArray(x + i, y + j) <> 0 Then
If tmpArray(x + i, y + j) <> Min Then
tmpArray(x + i, y + j) = Min
End If
End If
Next j
Next i
End If
Else
tmpArray(x, y) = 0
End If
Next x
Next y
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (tmpArray(x, y) <> tmpArray(x, y + 1)) And (tmpArray(x, y) <> 0) And
(tmpArray(x, y + 1)) Then
If tmpArray(x, y) > tmpArray(x, y + 1) Then
Min = tmpArray(x, y + 1)
Max = tmpArray(x, y)
Else
Max = tmpArray(x, y + 1)
Min = tmpArray(x, y)
End If
For j = Sy To Ey - 1
For i = Sx To Ex - 1
If tmpArray(i, j) = Max Then
tmpArray(i, j) = Min
End If
Next i
Next j
End If
Next x
Next y

For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If tmpArray(x, y) <> 0 Then
NumHisto(tmpArray(x, y)) = NumHisto(tmpArray(x, y)) + 1
End If

```



```

Next x
Next y
Max = 0
For x = 1 To 200000
If NumHisto(x) > Max Then
Max = NumHisto(x)
End If
Next x
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (tmpArray(x, y) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(x, y)) < 5) Then
ImageArrayColor(x, y, 0) = 0
ImageArrayColor(x, y, 1) = 0
ImageArrayColor(x, y, 2) = 0
End If
Next x
Next y
DistanceValue = 0
For y = Sy To Ey - 1
For x = Sx To Ex - 1
If (tmpArray(x, y) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(x, y)) = Max) Then
Point1.x = x
Point1.y = y
i = tmpArray(x, y)
For m = 510 To 642
For n = 459 To 655
If (tmpArray(n, m) <> 0) And (NumHisto(tmpArray(n, m)) = Max) Then'(n <>
x) And (m <> y) And'tmpArray(n, m) = i
Point2.x = n
Point2.y = m
Temp = Distan(Point1, Point2)
If Temp > DistanceValue Then
DistanceValue = Temp
PointOrg1.x = Point1.x
PointOrg1.y = Point1.y
PointOrg2.x = Point2.x
PointOrg2.y = Point2.y
Form1.Text2 = DistanceValue
End If
End If
Next n
Next m
End If
Next x

```

```
Next y
DrawLine PointOrg1, PointOrg2, ImageArrayColor, 1
End Sub
```

```
Public Sub NoPixels(Sx As Long, Sy As Long, Ex As Long, Ey As Long,
SourceArray() As Byte)
Dim x As Long
Dim y As Long
Dim Nopixel As Long
Nopixel = 0
For x = Sx To Ex - 1
For y = Sy To Ey - 1
If SourceArray(x, y, 0) <> 0 Or SourceArray(x, y, 1) <> 0 Or SourceArray(x,
y, 2) <> 0 Then
Nopixel = Nopixel + 1
End If
Next y
Next x
Form1.txtNuOfPixel = Nopixel
End Sub
```

Matlab code

```
%Back Propagation
%2 inputs
%1 outputs
%74 data sets

clc;clear;
%Read the Input datas from file
name='Thres value1' %input('Input the traning file name(*.xls): ','s');
folder='E:\Marker System\'
file=strcat(folder,name, '.xls')
data=xlsread(file);
order1=length(data); % 36
data_in=zeros(2,order1); % 2x36 array zero
target_data=zeros(1,order1);

%input data
data_in(1,1:order1)=data(1:order1,2); %input column 2
data_in(2,1:order1)=data(1:order1,4); %input column 4

target_data(1,1:order1)=data(1:order1,6); %target data column 6

%minp and maxp are the min and max value of input value
%mint and maxt are the min and max value of target value
%ptrains matrix of normalized input vectors
%tn matrix of normalized target vectors
[ptrains,minp,maxp,tn,mint,maxt] = premmx(data_in,target_data); %Normalization
between -1 and 1

%have the test data
iitr=[1:4:order1 3:4:order1]; %training data
iitst=[2:4:order1] %test data
iival=[4:4:order1]; %validation data
ptr=ptrains(:,iitr); ttr=tn(:,iitr);
test.P = ptrains(:,iitst); test.T = tn(:,iitst);
val.P=ptrains(:,iival);val.T=tn(:,iival);

net1 = newff(minmax(ptr),[20 20 1],{'logsig','logsig','purelin'},'trainlm');
net1.trainparam.show=10;
net1.trainParam.goal = 1e-8;
net1.trainparam.epochs=5000;
net1.trainParam.lr = 0.05;
net1.trainParam.mc = 0.9;
```

```

[net1,tr1]=train(net1,ptr,ttr,[],[],val,test);
figure(1);semilogy(tr1.epoch,tr1.vperf,'*b',tr1.epoch,tr1.perf,'-r',tr1.epoch,tr1.tperf,'+k'
);
legend('Validation','Training','Test');
ylabel('Mean Squared Error');xlabel('Epoch');

%Donot have the test data
%iiitr=[1:3:order1 3:3:order1]; %training data
%iiival=[2:3:order1]; %validation data
%ptr=ptrains(:,iiitr); ttr=tn(:,iiitr);
%val.P=ptrains(:,iiival);val.T=tn(:,iiival);

%net1 = newff(minmax(ptr),[20 20 1],{'tansig','tansig','purelin'},'trainlm'); %2
hidden layers
%net1.trainparam.show=10;
%net1.trainParam.goal = 1e-8;
%net1.trainparam.epochs=5000;
%[net1,tr1]=train(net1,ptr,ttr,[],[],val);
%figure(1);semilogy(tr1.epoch,tr1.vperf,'*b',tr1.epoch,tr1.perf,'-r');
%legend('Validation','Training');
%ylabel('Mean Squared Error');xlabel('Epoch');

an=sim(net1,ptrains); % compute the outputs after tranining (value between -1
and 1)
outputs=postmnmx(an,mint,maxt); %convert value from -1 and 1 to value
between mint and maxt
error=abs(target_data-outputs);

%Write data to Excel file
out(:,1)=outputs(1,:);
ferror(:,1)=error(1,:);

d={'Output'}
xlswrite('E:\Marker System\outputs.xls',d);
xlswrite('E:\Marker System\outputs.xls',out,'Sheet1','A2');

d={'Output error'}
xlswrite('E:\Marker System\error.xls',d);
xlswrite('E:\Marker System\error.xls',ferror,'Sheet1','A2');

```