

# 이미지 프로세싱을 이용한 자동 너트 검사 장비 개발

이 상 학\* · 서 명 호\*\* · 정 태 충\*\*\*

## 요 약

수많은 부품들로 구성되는 정보통신 기기들은 제조 시, 부품의 이상 유무를 정확히 판단하고 불량부품을 배제하는 것이 품질 개선을 위해 매우 중요하다. 최근 그 수요가 급격히 증가하고 있는 LCD의 경우, 제조 공정에서 LCD 패널을 보호하기 위해 외부 프레임을 합착하는 너트의 이상 유무를 판단하기 위해 인력에 의한 목시(目視)검사를 수행하고 있다. 생산이 급격히 확대되고 있는 이와 같은 장비의 부품 검사를 위한 자동화 시스템에 대한 필요성이 절실히 요구되고 있다. 본 논문에서는 LCD 프레임 제작 시에 삽입되는 너트의 불량 유무를 이미지 프로세싱을 이용하여 자동으로 검사하는 장비의 개발에 대하여 기술하였다. 개발된 시스템은 투입되는 너트의 나사선 개수, 피치 간 간격, 피치의 폭, 너트의 내경 측정 등을 자동으로 수행한다. 시스템의 고정밀도를 위해 고배율 렌즈와 고정 톨을 사용하고, 측정 결과 값을 일정하게 유지하기 위해 자동 광량 조절 조명을 제작하고, 자동 검사를 위한 알고리즘을 개발하였다. 개발 시스템을 실제 현장라인에 적용하여 에러를 측정할 수 있는 인력에 의한 검사보다 우수한 성능을 확인하였다.

## Development of Automatic Nut Inspection System using Image Processing

Sang Hak Lee\* · Myong Ho Seo\*\* · Tae Choong Chung\*\*\*

### ABSTRACT

When manufacturing information and communication device that consists of lots of part, it is important to improve the quality of the produced system by inspecting the system accurately and exclude the defected part. In case of LCD which is recently in a great demand, the inspection process of the nut which bonds the back frame to protect the LCD panel has to be done by human labor. It highly required an automatic inspection system which can inspect the nut without wasting human resources. In this paper, we describe the process of developing a system which automatically inspect the status of nuts inserted during the manufacturing of LCD. The nut inspection vision system developed measures the number of nut's spiral, the distance between pitches, the width of a pitch, and the inside diameter of nut. We have adopted lens with high magnifying power and calibration tool and intended to produce automatic lighting for maintaining a stable environment for a high precision system. We also developed the algorithms for analyzing the nut. We apply the system to real factory field and verify that it is better than the man power in terms of error rate.

**키워드 :** 자동 너트 검사 장비(Automatic Nut Inspection System), 이미지 프로세싱(Image Processing), 공장 자동화(Factory Automation)

### 1. 서 론

정보기술은 산업계의 제조 및 생산 공정에서의 품질개선과 이를 통한 생산성 향상에 많은 부분 기여해 왔다. 특히 인력에 의한 조립이 이루어지는 생산라인의 경우 반복되는 같은 작업으로 인한 집중력 부족으로 미세부분에 대한 불량을 감지하지 못할 수 있으며 이는 제품 신뢰성에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 이 같은 분야의 조립이나 검수의 자동화를 이룰 수 있도록 정보기술 분야의 많은 연구가 이루어져 왔다. 최근 들어 수요가 급격히 증가하고 있는 LCD

역시 핵심 기술의 발전뿐만 아니라 이를 뒷받침해 줄 수 있는 생산 공정의 자동화 기술 또한 중요한 해결해야 할 문제이다.

본 논문에서는 LCD의 패널을 보호하기 위해 외부 프레임을 합착하는 공정에서 요구되는 너트의 자동 내경 검사를 위한 시스템 개발에 대해 기술한다. 너트는 외부 프레임 합착 시 사용되는 장비로, 이 체결용 부속을 부착한 다음 기계에서 자동으로 합착하게 된다. 그런데 너트 합착 가공 시 이물질이 묻어 있거나, 나사선이 잘려 가공되었거나 한 쪽으로 치우쳐 있을 경우, 이러한 에러 사항을 출하 직전의 검사를 통해서만 발견할 수 있으며, 복구를 위해서는 해체 및 재가공의 작업이 필요하게 된다.

현재 제조업체는 많은 인력을 동원하여 원시적인 방법으

\* 정 회 원 : 전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터 선임연구원, 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사수료

\*\* 정 회 원 : 동원대학 디지털정보전자과 교수

\*\*\* 정 회 원 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2004년 4월 28일, 심사완료 : 2004년 6월 15일

로 사람이 직접 목시(目視) 검사를 하면서 모든 너트에 나사를 직접 돌려서 삽입하고 빼는 작업을 하고 있는 실정이며, 이 모든 것을 사람에게 전적으로 의존하고 있기 때문에 정확도의 한계가 있고, 개인별 오차 범위가 크기 때문에 생산성 저하의 요인이 되고 있다. 이에 현장 라인에서는 자동 너트 검사 장비의 필요성이 절실히 요구되고 있으므로, 본 연구에서는 목시 검사를 대체할 수 있는 너트 검사 자동화 장비를 개발하였다. 너트 검사 절차는 검사 장비로 공급되는 너트의 이미지를 획득하여 이미지 프로세싱을 이용하여 불량유무를 판단한다[1]. 이러한 검사 장비는 고정밀 분해 검사 능력, 조명 밝기의 적정 광량의 유지, 너트의 내경 측정 정확도, 그리고 설비 시설과의 연동 등을 필요로 한다. 본 논문에서 개발된 시스템은 이와 같은 기능을 모두 만족하는 시스템으로서 실제 생산 라인에 적용하여 매우 우수한 성능을 나타내었다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 이미지 프로세싱을 이용한 응용 시스템에 관련된 연구 동향에 대해 기술하고, 3장에서는 너트 검사 자동화 장비의 기구부 개발에 대해 기술하고, 4장에서는 이미지 프로세싱 알고리즘의 개발 내용에 대해, 5장에서는 실제 적용을 통한 데이터 측정 방법과 그 결과에 대해 나타내었고, 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구 방향으로 끝을 맺고자 한다.

## 2. 관련 연구

비전 검사 시스템은 사용하는 입력 자료에 따라 이진 영상, 명암도 영상, 컬러 영상, 거리 영상 등을 사용하는 시스템으로 분류될 수 있으며, 전형적인 이진 비전 시스템은 화소 세기 또는 경계선 검사와 같은 간단한 확인 기법들만을 사용한다[12, 13]. 본 시스템은 이진 영상을 이용하여 경계선 검사의 기법을 사용한다. 산업분야에 많이 활용돼 온 모델 기반 자동화 검사 기법은 형판 매칭 방법(template matching) 과 디자인 규칙 기반(design rule-based) 기법이 있다. 형판 매칭 방법은 무결점 모델의 형판(template : 영상 내의 화소 집합)을 정의하고 검사될 물체를 이와 비교한다. 이러한 검사 기법은 영상 차감(image subtraction) 방법 또는 상관 계수(correlation coefficient)를 사용하는 화소-대-화소 방법이다. 디자인 규칙 기반 기법은 입력 물체로부터 특성(feature)을 추출하고 이상적인 참조 모델을 서술하는 규칙들에 비교하는 방법이다. 모든 규칙들이 만족되면 입력 물체는 무결점으로 간주된다. 이 방법은 디자인 규칙 기반 직접 영상 비교법과 특성 비교법으로 구분될 수 있다. 디자인 규칙 검증법은 검사 영상의 대상 물체의 면적, 중심점, 두께, 그리고 객체 사이의 간격과 같은 특성값을 추출하고 확인하여 대상 물체의 결점 유무를 판단한다. 직접 영상 비교법은 매칭 알고리즘이 간단한 반면 디자인 규칙 비교법과

마찬가지로 입력 영상의 잡음에 민감하고 메모리의 낭비가 문제된다[14]. 특성 비교법은 입력 객체의 경계선, 모양의 구석과 같은 객체의 특성을 이미 저장되어 있는 모델의 특성과 비교함으로써 결점의 유무를 판별한다. 이 방법은 매칭 알고리즘이 복잡하고 수행 속도가 다른 방법보다 느리다는 단점이 있으나, 입력 영상의 잡음에 유연하게 대처할 수 있고 결점의 종류를 명확하게 분류할 수 있는 장점이 있다[11]. 본 연구에서 제안된 시스템은 디자인 규칙 기반 특성 비교법에 기반을 두어 개발되었다.

비전 시스템을 적용한 응용은 여러 분야에서 사용되었지만 주로 반도체 라인에 많이 활성화가 되어져 있다. 최근 들어 식품가공분야, 물딩분야, 의약분야에서도 많이 쓰이고 있는 실정이다. 다음은 실제로 적용된 예에 대하여 몇 가지를 소개한다.

- Lead & Mark inspection System : 반도체 부품에서 LEAD의 Pitch/ Bent/ Count/ Length 등과 표면에 있는 Mark의 Size/ Missing Character/ Broken Character/ Void/ Double Print등을 검사한다.
- 볼 그리드 어레이(Ball Grid Array)의 볼(Ball) 검사 시스템 : BGA라는 반도체 Chip은 다른 제품과는 달리 LEAD가 Ball로 형성이 되어 있는 특징이 있다. 그런데 이 ball이 Missing ball/Extra ball/bride ball/double ball/Damage ball이 생기면 치명적인 상황이 발생하기 때문에 전수 검사를 한다.
- 바코드 검사 시스템 : 바코드는 물건 인식을 위하여 쓰고 있는 수단이지만 설정한 코드 제품과 바코드가 맞지 않는다면 큰 사고를 불러일으킬 수 있다. 웨이퍼의 바코드 검사와 자동차 ABS에도 적용을 하고 있다.
- 일부인 검사 장치 : 식품이나 의약품 등 유효기간이 있는 제품에는 반드시 제조일자를 명시해야만 한다. 그러데 생산 라인의 오류로 인해 제조일자가 날인이 안 되는 경우가 종종 있다. 그래서 모든 제품은 출하직전 검사를 한다.
- 강철/필름 표면 검사 시스템 : 철판이나 필름은 연속적으로 생산이 되기 때문에 라인 스캔 카메라를 이용한 1D (Dimension)라는 기법으로 검사를 한다. 가격이 비싸지만 고정밀도 검사를 수행하는 것이 가능하다. Void/Scratch/Hole/Discolor/Width Measure 등을 검사한다[15].

위와 같은 다양한 분야의 생산 및 제조 공정에서 비전 시스템이 응용되고 있으며, 이는 실제 생산성 증대와 완제품의 신뢰성향상에 많은 부분 기여하고 있다.

## 3. 시스템의 기구부

개발된 장비는 기구부와 이미지 프로세싱부로 구성되어

있으며 본 장에서는 기구부의 개발 내용에 대해 기술한다. 기구부에서는 용기 공급기를 통해 안정적이며 일정한 속도로 너트를 공급하고, 검사단의 너트를 가로, 세로 방향으로 정렬해서 안정적으로 이미지를 획득할 수 있도록 한다. 마지막으로 검사 결과를 통보 받으면 양품 너트와 불량 너트를 구분하여 다른 상자에 들어가도록 한다. 아래 (그림 1)은 개발된 시스템의 사진 화면자료이다.

검사 완료 후 에러항목이 없으면, 검사 탭 이미지에 대해 검사를 실시한다. 위의 검사과정에서 모두 에러가 발생하지 않을 경우, 시스템은 너트를 양품으로 판단하고 기구에 정상 신호를 준다. 불량인 경우 불량의 원인과 측정치를 저장장치에 저장하고, 측정치를 표시하며한다. 다음 (그림 2)~(그림 3)은 시스템의 블록도와 기능별 블록을 나타낸 그림이다.

(그림 1) 너트 검사 장비 사진

개발된 장비는 현재 현업에서 생산하고 있는 너트에 근거하여 아래 <표 1>과 같은 너트의 검사 규격을 만족하는 시스템을 개발하였다.

<표 1> 시스템의 검사 규격

개발된 장비는 너트 공급 단에서 안정적이고 일정한 속도로 너트를 공급하고, 검사단에 오면 X, Y 방향으로 정렬해서 안정적으로 이미지를 획득하도록 한다. 이미지 프로세싱부에서는 내경이미지와 나사 탭 이미지를 입력받는다. 1개의 이미지 프로세싱 모드로부터 2개의 이미지를 동시에 획득하며, 획득된 이미지는 설정된 메모리로 자동 로딩 된다. 획득되어진 두개의 이미지 중 내경측정용 이미지에 대해 우선 검사를 실시한다. 역광선을 이용하므로 이미지는 내경이 백색으로 나타나게 되며, 이 백색 내경에 대해 다음과 같은 순서로 검사를 진행하되, 한 항목이라도 에러가 발생할 경우 검사는 더 이상 진행되지 않고, 에러를 출력하게 된다.

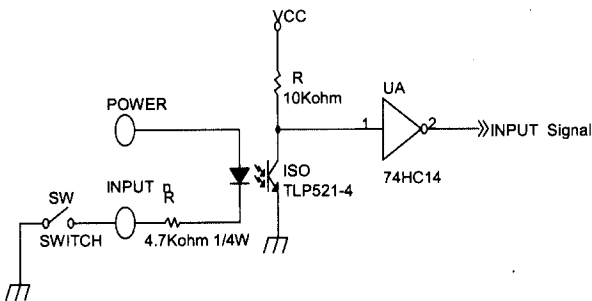
(그림 2) 시스템 구조도

(그림 3) 시스템 기능별 블록도

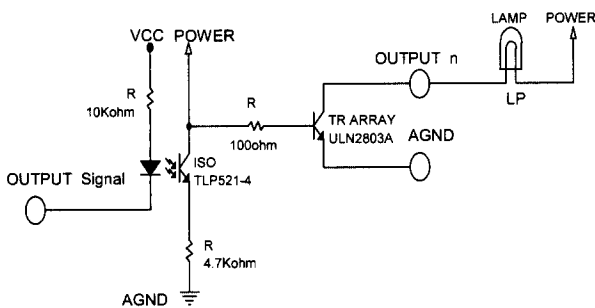
검사 장비는 이미지 프로세싱부의 알고리즘의 정확성뿐만 아니라 정밀한 이미지 획득을 위한 고정밀도와 자동 광량 조절 조명이 함께 요구된다. 검사 장비는 주요 검사 항목이 측정이므로 오차율을 최소화하기 위한 고정밀도를 필요로 한다. 이를 위해 일반 C-Mount 렌즈(8mm~50mm) 사용을 배제하고 현미경 배율 수준의 FOV(Field of View) 4mm의 고배율 렌즈를 제작하여 하드웨어적인 분해능을 향상시켰다. 이를 통해 하드웨어적 분해능을 8.4 마이크론 수준으로 세밀화 하였다. 또한 프로그램 상에서 에지 부분의 농도에 대한 세밀화를 이치화가 아닌 4치화를 사용하여 카메라의 CCD 셀 1개를 부 픽셀 16개로 구분하여 처리하였다. 이를 통해 이진 스케일을 그레이 스케일로 처리할 수 있었다. 소프트웨어적 분해능이 최종 시스템의 분해능이 되며 결과적으로 분해능을 2.1 마이크론 수준으로 향상시켰다.

시스템의 조명 밝기에 따라 측정 결과값이 달라지므로 항상 일정한 광량을 유지할 수 있는 조명 소스 컨트롤러를 제

작했다. 사용자에게 의한 일정 기간별 조명 조절이 아닌, 검사 장비 상에서 이미지의 상태를 점검하여, 인터페이스를 통한 자동 광량 조절이 가능하도록 소프트웨어를 개발했다. 조명의 광량을 수동 볼륨 조절 타입이 아닌 디지털 I/O를 이용하여 시스템 상에서 프로그램에 의해 광량 조절이 가능하도록 구현하였다. 조명은 24V DC 전원을 사용하여 8bit 컨트롤이 가능하도록 하였다. 디지털 I/O는 Opto-Coupler를 이용하여 입출력단을 구성 해 조명이 0~255단계까지 자동 광량 조절을 할 수 있다. 다음 (그림 4)~(그림 5)는 광량 조절 조명 장치의 입력단과 출력단의 회로도이다.



(그림 4) 입력단 회로도



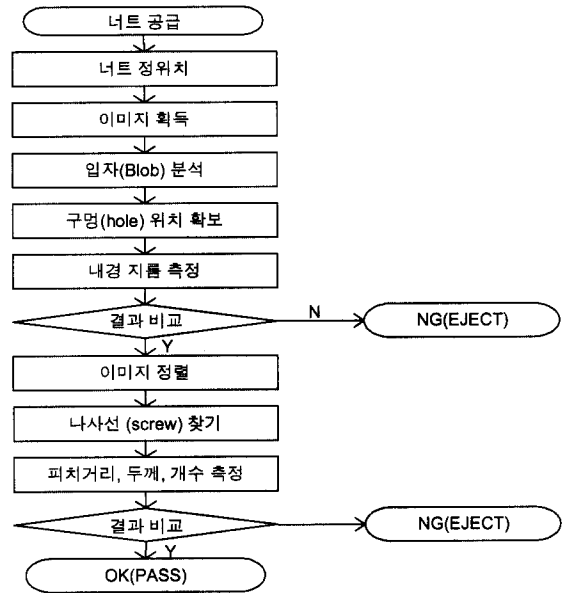
(그림 5) 출력단 회로도

#### 4. 이미지 프로세싱 알고리즘

이미지 프로세싱부에서는 이미지 프로세싱 보드로부터 입력받은 내경이미지와 나사 탭 이미지를 차례대로 검사한다. 내경이미지는 배경조명을 이용하므로 이미지는 내경이 백색으로 나타나고, 에러가 발생할 경우 검사는 더 이상 진행되지 않고, 에러를 출력한다. 에러항목이 없으면, 나사 탭 이미지에 대해 검사를 실시한다. 두 가지 검사과정에서 에러가 발생하지 않으면, 너트를 양품으로 판단하고 그렇지 않은 경우 원인과 측정치를 저장장치에 저장하고, 측정치를 표시한다. 획득된 이미지를 처리하는 부분의 순서도는 다음 (그림 6)과 같다.

너트의 검사 절차는 너트의 공급에서부터 불량 유무를 판단하는 단계까지로 구성되어 있다. 공급기를 통해 공급된 너트를 검사단에서 정위치 시킨 후 너트의 이미지를 획득

한다. 이후 프로세서부에서 내경측정, 외경측정, 나사선 측정의 세 단계를 거쳐 각 단계마다 불량품을 골라낸다.



(그림 6) 검사 절차 순서도

본 시스템의 검사 대상과 품목은 특정 너트의 지정된 항목이기 때문에 영상에 대한 묘사와 이미지 처리 절차가 고정되어 있다. 결점이 없는 제품의 이차원 영상을 참조 모델로 검사에 필요한 특성만을 추출하여 이를 정해진 데이터 구조에 저장한다. 또한 비교되어야할 특성값 역시 내경 개수와 지름, 나사선의 두께, 개수, 피치간 거리로 고정되어 있기 때문에 이를 위한 알고리즘만이 개발되었다. 입력 영상의 내경 측정을 위해 입자(blob) 및 경계(에지)를 추출하여 내부 구멍의 크기와 위치를 확보한다. 내부 구멍 내의 결점을 검사하기 위해  $\pi$ 만큼 회전하며 180개의 지름 값을 측정한다. 입력 영상에서 측정된 값들을 참조 모델의 지름 상한 임계값과 하한 임계값 사이에 있는지를 비교하여 이중 하나라도 영역 밖이라면 불량으로 판단한다. 나사선의 검사를 위해 두 번째 카메라에 입력되는 이미지의 입자를 추출하여 구멍과 각 나사선의 직사각형 좌표값을 구한다. 각 나사선의 좌측 경계선과 우측 경계선을 추출하여 나사선의 개수를 검출한다. 검출된 나사선 경계 데이터로 나사선의 두께와 피치 간 거리 값을 구한다. 이를 등록된 참조모델에서 제시된 각 특성값의 상한 임계값과 하한 임계값 사이에 있는지 여부를 비교하여 불량 유무를 판단한다.

관리자 응용 프로그램의 화면을 참조하여 참조모델 등록과 검사 절차를 설명하면 다음과 같다. 내경 측정 단계에서는 다시 각 세부단계로 분석 기능이 수행된다. 입자 분석을 거쳐 구멍의 위치를 확보한다. 이후 내경 지름을 측정하여 등록된 양품의 내경과의 오차가 관리자가 입력한 최소, 최대 범위 내에 있는 경우 양품으로 판단한다[2, 3]. (그림 7)~

(그림 8)은 시스템의 초기값 설정 시 내경 양품을 등록하여 검사영역을 설정하고, 내부 구멍을 찾고, 구멍의 내경을 계측하는 일련의 과정의 시스템 화면이다.

본 시스템에서 검사하는 두 번째 항목은 너트의 나사선에 대한 불량 유무이다. 내경 측정 단계와 유사한 절차를 거치게 되지만 나사선에서는 피치 거리, 두께, 개수를 측정하기 때문에, 이미지를 회전하여 이를 측정한다. 시스템에서는 양품의 나사선 이미지를 등록한 후 (그림 10)에서 검사 영역을 설정한다.

(그림 7) 양품 등록 및 검사 영역 설정

(그림 10) 나사선 검사 영역 설정

시스템은 입력된 이치화할 최저 농도 값에 따라 나사선을 찾아간다. 또한 검색할 나사선의 최소, 최대 개수를 입력한다. 다음으로는 피치간의 거리를 측정하여 입력한다. 다음 (그림 11)은 피치간의 거리 값을 입력하는 화면이다.

(그림 8) 내부 구멍 찾기

(그림 7)에서 내부 구멍을 찾은 후 내경을 자동 측정하면 (그림 8)과 같이 측정된 양품 내경 크기가 픽셀 단위로 표기된다. 측정된 양품 내경의  $\pm(5\sim 10)$ 픽셀 값을 관리자가 원하는 양품 내경 값으로 입력하고 검사 시 허용하는 최소, 최대 내경 크기의 단위를 픽셀 단위로 입력한다[5]. (그림 9)의 내경 크기 우측은 실제 값으로 변경한 값이다.

(그림 11) 나사선의 피치간의 거리

(그림 9) 구멍의 내경 재기

(그림 12) 검사 결과 통계 출력 화면

위의 일련의 과정을 거쳐 양품과 불량을 검사한 결과 값에 대한 출력화면은 다음과 같다. 작업을 진행한 일별, 시간별, 불량 요인에 대한 통계를 (그림 12)과 같이 자동 표시해 준다.

다음 <표 2>는 이미지 프로세싱부를 구성하고 있는 세부 모듈의 리스트와 각 모듈의 기능을 나타낸 것이다. 이와 같이 시스템 소프트웨어를 구성하는 각 모듈의 세부 함수들의 리스트를 (그림 13)에 표시하였다.

<표 2> 알고리즘 모듈 리스트

모듈명	내용
BlobAnalysis	특정 이미지 영역의 연결 성분 및 모양 특징을 분석 함수
ImageBinarize	이미지의 이치화 함수
SubPixelCalcureate	이미지의 에지 라인에 대한 Sub-Pixel 적용 함수
CalcurateDistance	특정 두지점간의 거리 및 각도 계산을 위한 Stripe 함수
DigitalInterface	디지털 인터페이스를 위한 함수

1. BLOB 분석 BOOL InternalCircleFind(); BOOL BinaryAndBlobForInternalCircleFind(MIL_ID BinaryBuffer);
2. 구멍 위치 확보 founded_hole_coord[0] = BlobSX[index] + internal_insp_area[0];
3. 내경 지름 측정 void GetInternalStripe(long rot_angle); void GetInternalAvrLength();
4. 내경 지름 측정 결과 비교 void CompareInternalLength();
5. 나선부 이미지 정렬 void ScrewImageRotation();
6. 나선부 찾기 BOOL FindScrewHoleCenter();
7. 피치거리, 두께, 개수 측정 void GetScrewInformation(); void LeftScrewEdgeFind(); void RightScrewEdgeFind(); void RightScrewSorting(); void GetScrewAverageData();
8. 나선부 검사 결과 비교 BOOL CompareScrewCnt(); BOOL CompareScrewWidth(); BOOL CompareScrewDistance();

(그림 13) 함수 정의 리스트

5. 성능 실험 결과

개발된 시스템의 동작 확인을 위해 실제 현장의 작업 라

인에 직접 적용하여 기능과 성능에 대해 평가하였다. 일반적으로 현장에서 너트를 검사하는 한 무더기 단위를 로트(lot)라 부른다. 하나의 로트 내에는 5,000개의 너트가 포함되어 있으며, 로트 단위의 실험 결과 통계를 구했다. 현장 라인의 작업 환경 요인으로 인한 너트 홀 내부의 이물질에 의한 내경 오차도 불량에 포함되며, 불량품으로 판정되어진 너트는 불량품 용기로 모아진다. 하나의 로트 생산이 완료된 후 불량품 용기의 너트를 재투입하여 검사하게 된다. 시스템의 정확도에 대한 성능 평가는 두 부분으로 나뉘어진다. 첫째, 목시 검사자에 의한 검사에는 양품으로 판정되었으나 실제로는 불량품인 경우 이를 검출해 내는 능력과 둘째, 양품인 너트를 불량품으로 골라내지 않아야 하는 능력이다[8]. 이를 검증하기 위해 다음과 같은 두 가지 종류의 실험을 수행하였다.

- 1종 과오 실험 : 목시 검사에 의해 양품으로 간주된 너트를 검사기에 재투입하여 불량품을 골라내는 성능 실험
- 2종 과오 실험 : 1종 과오 실험이 완료된 너트 중 각 로트마다 20개씩의 양품을 빼고 무작위로 불량 20개씩을 섞어 검사기에 투입 하여 불량품을 골라내는 성능 실험

위 실험은 너트 100,000개에 대해 수행되었으며, 결과를 다음 표에 나타내었다.

<표 3> 1종 과오 실험 결과

로트	양품 판정 개수	불량 판정 개수	불량 판정 내용	불량 판정 이유	수율
1	4997	3	내경 불량	이물질2	99.94%
2	4996	4	내경 불량	이물질	99.92%
3	4999	1	나사 탭 불량	이바리3	99.98%
4	5000	0			100%
5	5000	0			100%
6	4995	5	내경 불량	이물질	99.9%
7	5000	0			100%
8	5000	0			100%
9	4997	3	내경 불량	이물질	99.94%
10	4999	1	나사 탭 불량	이바리	99.98%
계	49983	17			99.97%

위 표에서 나타나듯이 목시 검사에 의해 양품으로 판정된 너트 중 불량품의 비율이 50,000개 중 17개이다. 이는 반복 실험을 통한 평균치를 나타낸 것이며, 제조 공정에서 이를 검출하지 못하면 향후 생산된 50,000대의 LCD 중 17대 정도에서 문제가 발생할 소지가 높다. 다음 2종 과오 실험은

- 2) 이물질 : 너트 보관 또는 검사기 투입 후 너트 홀 사이에 이물질로 인해 내경이 작게 측정 된 경우
- 3) 이바리 : 나사 탭 생성 시 철가루의 일부가 나사선에 붙어 있는 경우

위 1종 과오 실험 시 사용되었던 너트 중 각 로트마다 20개씩의 양품을 빼고 무작위로 20개의 불량 너트를 섞어서 검사기에 투입하여 검출 결과를 나타내었다.

〈표 4〉 2종 과오 실험 결과

로트	불량 투입 개수	불량 종류			불량 판정 개수	검출율
		내 경	나사 텀	이물질		
1	20	13	7	1	21	105%
2	20	16	4	2	22	110%
3	20	17	3	1	21	105%
4	20	0	20		20	100%
5	20	20	0	2	22	110%
6	20	14	6		20	100%
7	20	20	0	2	22	110%
8	20	7	13		20	100%
9	20	12	8		20	100%
10	20	10	10		20	100%
계	200	129	71	8	208	104%

\* 無 나사 텀의 경우 내경 불량이 동시 발생 하며 이 경우 나사 텀 불량으로 통계 처리하였음.

2종 과오 실험 중에도 이물질이 발생하여 실제 불량 투입 개수보다 많은 수의 불량을 검출하였다. 시스템이 불량으로 판정한 너트 중 양품은 없었다. 위 두 실험을 통해 개발된 시스템에 의한 불량 너트의 검출 능력이 인력에 의한 목시 검사보다 우수함을 알 수 있었다.

### 6. 결 론

본 논문에서는 LCD의 제조 공정에서 패널을 보호하기 위해 외부 프레임을 합착하는 너트의 이상 유무를 자동으로 판단하는 자동 너트 검사 장비 개발에 대해 기술하였다. 현재까지 인력에 의한 목시검사에 의존하고 있는 너트 검사는 많은 인력을 필요로 할 뿐만 아니라 정확도의 한계가 있어 생산성 저하의 원인이 되고 있다. 이를 개선하기 위해 고정밀의 이미지 프로세싱을 이용한 자동 너트 검사 장비를 개발하였다. 개발 완료한 시스템은 고정밀 이미지 획득을 위한 너트 공급 장치, 자동 광량 조절 조명 장치, 이미지 획득 장치, 이미지 처리 알고리즘 등으로 구성되어 있다[5].

검사 장비의 고정밀도 구현을 위해 고배율 렌즈를 제작하여 하드웨어적 분해능을 향상시키고 셀 하나를 16개의 부 픽셀로 나누어 처리하여 소프트웨어적 분해능을 향상시켰으며, 획득한 이미지의 품질에 많은 영향을 미치는 광량을 자동으로 조절 가능한 자동 광량 조절 장치를 개발하였다. 이를 통해 주위 환경의 영향에 적응하여 최적의 이미지를 획득할 수 있었다. 이미지 프로세싱 알고리즘에서는 사용자에 의한 임계치 조절이 가능하도록 하여 시스템의 검출 범

위 조율이 가능하도록 하였다[7]. 개발한 시스템은 자동 너트 검사를 위한 이미지 프로세싱 알고리즘을 개발했을 뿐만 아니라, 너트 검사의 전 공정을 단일 시스템 내에서 자동적으로 일괄처리 될 수 있도록 하여 현장 라인에서 시스템의 품질 개선과 생산성 향상에 기여했다는 것이다.

개발된 자동 너트 검사 장비의 성능 시험을 위해 인력에 의한 목시검사와 비교한 결과, 인력에 의한 검사보다 우수한 불량품 검출 능력을 보였다. 향후 본 시스템의 개발 경험을 토대로 다양한 산업부분의 생산 및 제조공정에서 개별 부품이나 완성품의 품질 상태를 이미지 프로세싱을 이용하여 자동 처리할 수 있도록 적용할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, 'Digital Image Processing,' Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [2] 田村秀行, 'コンピュータ画像処理1,2,3編', 1991.
- [3] Bruce Batchelor, 'Intelligent Image Processing in Prolog', Springer-Verlag, 1990.
- [4] 日本工業技術센터, '컴퓨터화상처리입문', 기전연구소, 1993.
- [5] Randy Crane, 'simplified approach to Image Processing,' hewlwt-Packard Company, 1997.
- [6] Jean Serra., 'Image Analysis And Mathematical Morphology,' Academic Press, 1989.
- [7] Peter. Allen, 'Robotic Object Recognition Using Vision and Touch,' Kluwer Academic Publishers, 1987.
- [8] Richard j. Mammone, 'Computational Methods of Signal Recovery and Recognition,' Wiley-Interscience Publication, 1992.
- [9] Marvin E. Frerking, 'Digital Signal Processing in Communication System,' Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [10] P.S. Moharir, 'Pattern-Recognition Transforms,' Research studies Press LTD, 1992.
- [11] 이용희, "컴퓨터 시각 검사를 위한 모델-기반 접근 방법", 서울대학교 대학원 박사학위논문, 1996.
- [12] L. Van Gool, P. Wambacq, and A. Oosterlinck, 'Intelligent Robotic Systems,' Dekker, New York, 1991.
- [13] B. G. Batchelor and D. W. Braggins, 'Computer Vision : Theory and Industrial Applications,' (Torras, Ed.), Springer-Verrlag, New York, 1992.
- [14] A. M. Darwish and A. K. Jain, "A rule based approach for visual pattern inspection", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol.10, pp.56-68, 1988.
- [15] A. Noble and J. Mundy, "Constraint processing applied to industrial inspection and continuous product improvement," Proc. of the Image Understanding Workshop, pp. 801-809, April, 1993.

### 이 상 학

e-mail : shlee@keti.re.kr

1993년 전주대학교 수학과(이학사)

1997년 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과  
(공학석사)

2000년 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과  
(박사수료)

2000년~현재 전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터 선임  
연구원

관심분야 : Sensor Network, Combinatorial Optimization, Meta-  
Heuristic Algorithm

### 서 명 호

e-mail : mhseo@wintechkorea.com

1991년 명지대학교 전자공학과(학사)

1994년 명지대학교 대학원 전자공학과  
(공학석사)

2001년~현재 윈테크코리아 이사 재직

2003년~현재 동원대학 디지털정보전자과  
겸임교수

관심분야 : 이미지 프로세싱, 디스플레이, 광학

### 정 태 총

e-mail : tchung@khu.ac.kr

1980년 서울대학교 전자공학과(공학사)

1982년 한국과학기술원 대학원 전자계산  
공학과(공학석사)

1987년 한국과학기술원 대학원 전자계산  
공학과(공학박사)

1987년~1988년 KIST 시스템 공학센터 선임연구원

2001년 미국 Iowa 대학 교환교수

1988년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 인공지능, 지능에이전트, 메타알고리즘