

# PDP 프레임 자동시각검사 시스템 설계 및 구현

박병준<sup>†</sup>, 한광수<sup>\*\*</sup>, 신은석<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

PDP(Plasma Display Panel) 프레임은 PDP의 핵심 부품으로 매월 수 십 만개 이상을 생산하고 있다. 대량생산 과정에서 제품의 검사 과정은 매우 중요한 공정 단계이며 제품의 신뢰성을 높이기 위해 모든 부품과 완제품에 대한 전수 검사가 종종 요구되고 있다. 본 논문에서 구현 하고자 하는 시각 검사 공정의 자동화는 생산 현장에서 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 PDP 부품의 일부인 프레임의 결함을 검사한다. 본 논문은 PDP 프레임에 있는 홀(Hole), 탭홀(Tab), 스톨드(STUD), 리벳(Rivet)의 결함을 검사하는 시스템을 설계하고 구현 하였다. 본 시스템은 다양한 종류의 PDP 프레임을 학습하고 검사 할 수 있다. 모든 제품에 대한 신속하고 정확하게 100% 검사를 함으로써 공정의 효율성을 높이고 검사결과와 데이터베이스화로 신속한 결함의 원인파악과 조치가 가능하도록 하였다. 시스템을 산업체에 적용한 결과 신속하고 정확한 검사가 가능함을 보였다.

## Design and Implementation of an Automated Visual Inspection System of PDP Frames

Park, Byung-Joon<sup>†</sup>, Hahn, Kwang-Soo<sup>\*\*</sup>, Shin, Eun-seok<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

A PDP(Plasma Display Panel) Frame is critical part of PDP and also produces couple hundred thousand every month. In the process of mass production, product inspection is very important process. Also to increase the reliance, inspection each part and every final product is asked quite often. Purpose of this paper is to use computer vision system to inspect the PDP parts which is Automated visual process inspection. This paper contains the system design for inspecting defects of hole, tab, stud, rivet of PDP Frame. The system also can inspect various kinds of PDP frames. Quick and accurate 100% inspection of all shapes can improve the manufacturing productivity. Inspection results can be stored in a database and analyzed to find the cause of defects. After applying the system to the industry, the result shows the possibility of fast and accuracy of the inspection.

**Key words:** Plasma Display Panel(플리즈마 표시 패널), PDP Inspection(PDP 검사), Automated Visual Inspection(자동 시각 검사), 영상 처리(Image Processing)

## 1. 서 론

자동 시각 검사 시스템은 영상 센서를 이용하여

검사 대상에 직접 접촉하지 않은 상태에서 물체의 영상을 획득하고 획득된 영상을 처리 분석하여 품질 검사, 규격 측정 등의 일을 수행한다. 컴퓨터를 이용

※ 교신저자(Corresponding Author): 박병준, 주소: 서울특별시 성북구 정릉동 861-1, 전화: (02)910-5104, FAX: (02)910-4094, E-mail: romad38@hanmail.net  
접수일: 2009년 7월 1일, 수정일: 2009년 9월 23일  
완료일: 2009년 11월 24일

<sup>†</sup> 정회원, 국민대학교 컴퓨터학부 박사졸업

<sup>\*\*</sup> 정회원, 국민대학교 컴퓨터학부 교수  
(E-mail: kshahn@kookmin.ac.kr)

<sup>\*\*\*</sup> 정회원, VS-TECH 연구원  
(E-mail: stone78s@origo.net)

한 자동 시각 검사 시스템은 1970년 후반부터 본격적으로 개발되기 시작 하였으며 현재 미국, 일본, 프랑스 등의 선진국에서는 자동차 산업, 전기, 전자, 사무자동화, 유리 공업 등 여러 산업 분야에 널리 이용되고 있다.

인간의 감각 중 가장 신속하게 많은 정보를 얻을 수 있고 가장 중요한 것이 시각이다. 이 시각 정보를 컴퓨터가 처리 하도록 하는 것은 매우 어려운 인공지능의 한 문제였다. 그러나 컴퓨터의 성능 향상과 감지 장치의 발달로 컴퓨터가 시각을 응용할 수 있게 되었고, 응용 가능성의 확대와 함께 그 필요성이 점차 많아지고 있다. 우리나라에서도 여러 회사에서 이 분야에 대해 연구하고 있고 임금상승, 소비자들의 품질에 대한 요구조건의 향상으로 인하여 자동화의 필요성은 더욱 높아지고 있다. 기계시각은 이러한 자동화의 한 부분 중 조업자의 시각을 기계의 시각으로 대체하도록 하는 것이 응용 목적이다. 전자 산업에서 인쇄회로 기판이나 회로의 검사는 오래 전부터 응용되어오는 분야이고, 제품의 상표검사, 식품의 품질검사, 포장 상태 검사 등 시각에 의해서만 판단을 내릴 수 있는 분야에서 컴퓨터 시각의 필요성이 대두되고 있다[1, 2]. 표면 검사문제로 국한하여 보면 검사 대상은 필름, 금속, 목재, 직물, 종이, 유리, 반도체, 콤팩트디스크 등이며, 검사의 목적은 제품의 표면의 결함검사, 결함의 유무 판별, 결함의 종류 판별이다. 이러한 검사는 물론 실시간에 처리되어야 하며 결함의 크기, 대상물의 이동속도 등에 따라 단위 시간당 처리해야 할 정보의 양이 결정된다[3,4].

대량생산 시스템에서 제품 검사는 매우 중요한 공정 단계중의 하나이다. 제품의 신뢰성을 높이기 위하여 모든 부품과 완제품에 대한 전수 검사가 종종 요구된다. 시각 검사는 비접촉, 비파괴 방식의 검사로 현재 대부분 사람의 육안에 의존한다. 그러나 검사 대상 패턴이 점점 작아지고 복잡해지는 분야에서의 사람에 의한 시각 검사는 한계가 있다. 전자산업 분야에서는 전자 제품들의 설계와 제조기술의 혁신적인 발전으로 인하여 신제품의 개발 주기가 짧아지고 제품의 복잡도도 계속 증가하고 있다.

본 논문에서 하고자 하는 시각 검사 공정의 자동화는 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 생산 현장에서 PDP 부품의 일부인 프레임 제품의 이상 유무를 자동적으로 판정하는 자동화 시각 검사 시스템을 설계

하고 구현하였다. 검사 대상 PDP 프레임은 각 크기 별로 다양한 유형이 있으므로 유형별 학습이 가능해야 한다. 본 논문에서는 42인치 프레임 제품을 검사하며 하루에 1000개 정도의 제품을 검사해야 하므로 제품 검사의 시간은 30초 이내 이어야 한다. 모든 영상에 대한 신속하고 정확한 전수 검사를 함으로써 공정에 효율성을 높이고 검사 결과를 데이터베이스화 하여 신속하게 문제점의 파악과 조치가 가능하도록 하였다.

논문의 구성은 2장에서는 PDP 프레임 자동 시각 검사 시스템의 연구 배경에 관하여 서술하였고 3장에서는 시스템 구현과 구현된 시스템의 실험 결과 및 분석을 하였다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 서술 하였다.

## 2. 연구 배경

PDP 검사 시스템은 하드웨어와 소프트웨어로 나뉜다. 하드웨어는 장치는 카메라 및 조명 장치로 PDP 프레임의 영상을 획득하는 장치이다. 소프트웨어는 학습 과정과 검사 과정으로 나뉜다. 학습 과정에서는 PDP 프레임에서 학습할 패턴의 특징을 추출하여 학습을 한다. 검사과정은 검사 대상 PDP의 영상을 학습된 특징 값과 비교 분석하여 결함을 검사한다.

이 장에서는 PDP 제조 과정 중 발생 가능한 결함 및 결함 검사 방법에 대하여 서술하였다. [그림 1]은 검사대상 PDP 프레임 영상이다.

### 2.1 PDP 자동 시각 검사 기술

자동 시각 검사 방법에는 크게 영상 차감법(Image Subtraction)과 특징 비교법(Feature Matching Method)

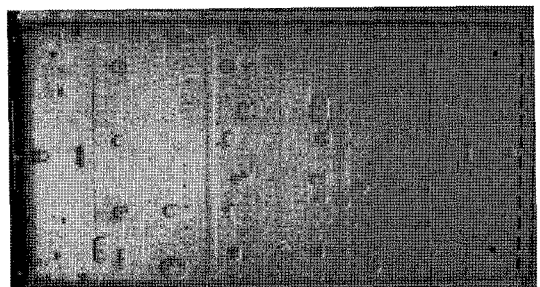


그림 1. 검사대상 PDP 프레임

이 있다. 영상 차감 법은 참조 비교(Reference Comparison)방법은 결합이 없는 참조 영상과 검사 대상 영상과의 차이를 두 영상간의 뉘셈 연산을 통해 찾아 결합으로 추출하는 방법이다. 이 방법은 구현이 쉽고 수행 속도가 빨라 비전 검사 시스템에서 많이 사용되고 있다. 하지만 단점으로는 두 영상간의 완벽한 정렬을 필요로 하고 복잡한 대상의 참조 영상을 획득하는 것에 많은 어려움이 있다.

특징비교법은 참조 비교인 영상차감법의 확장된 접근 방법이라고 볼 수 있다. 특징 비교 방법은 참조 영상과 검사 대상 영상의 화소를 하나씩 직접 비교하지 않고 각 영상에서 특징(Feature)들을 추출하고 이 특징들만을 비교함으로써 결합을 검출해 낸다. 특징으로는 도선의 길이나 폭, 홀, 패드 지름, 이우도선 사이의 거리 등이 있다. 두 영상에서 구한 특징들의 차이를 판단해 설정된 기준치를 초과하면 그 특징을 결합으로 추출한다. 특징비교법은 처리할 데이터의 양을 크게 감소시키고 잡음에 대한 민감도를 줄일 수 있으며 처리 속도가 빠르다. 하지만 적절한 특징 선정이 어렵고 다른 영역으로의 확장성이 부족하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 특징비교법을 이용하여 PDP 프레임의 자동검사 시스템을 구현하였다.

### 2.2 PDP 프레임 결합유형

검사 대상은 디지털 텔레비전으로 사용되는 플라즈마 디스플레이 판(Plasma Display Panel : PDP)을 고정 시켜주는 42인치 프레임으로 Top(윗판), Middle(중간판), Bottom(아랫판)의 유형이 있으므로 유형별 학습이 가능해야 한다.

학습 및 검사패턴은 [그림 2]와 같이 홀, 탭홀, 스테드(STUD), 리벳(Rivet) 4 종류가 있다. 각 패턴의 최소 크기가 2mm이고 한 제품에 최대 150개 정도의 패턴이 있다. 검사 대상은 제품의 윗면, 앞면, 뒷면,

그리고 옆면에 위치하고 있어 한 방향으로만 카메라를 둘 수 없고 전 방향을 다 볼 수 있어야 한다. 하루에 1000개 정도 제품을 검사해야 하므로 한 개의 제품 검사에 소요되는 시간은 25초 이내 이어야 한다. 학습이 된 모든 영상과 자료 데이터는 데이터베이스에 저장된다.

### 3. 시스템 구현

PDP 프레임 자동 시각 검사 시스템은 학습 과정과 검사 과정으로 구성되었다. 학습 과정에서는 검사 대상 패턴의 위치와 속성을 학습하여 저장한다. 검사 과정에서는 컨베이어에 이송되는 검사 대상의 영상을 입력 받아 검사 할 패턴이 있는 부분만 영상을 추출하고 그 영상에 대한 히스토그램을 분석하여 이진화된 영상으로 변환시킨 후 이미 학습되어 컴퓨터에 저장 되어 있는 특징 값과 비교하여 홀과 탭홀, 스테드, 리벳의 결합을 검사한다. 영상처리의 검사 시스템 구조는 [그림 3]과 같다. 개발 언어는 Visual C++ 언어를 이용하였다.

#### 3.1 영상획득

영상 처리 시스템은 처리해야 하는 데이터가 많기 때문에 입력 영상이 좋으면 더욱 정확한 검사가 가능하고 영상 처리 알고리즘이 간단해지며 시스템의 제작비용도 낮출 수 있다. 그러므로 입력 영상의 질을 좌우하는 시각 인식부의 설계는 매우 중요하다. 영상의 획득은 대상 물체의 제한 조건에 알맞게 설계되어야 한다.

한 개의 카메라의 시각으로 PDP 프레임의 전체 영상을 검사하기에는 제품의 크기와 특성이 맞지 않기에 검사할 수 있는 크기만큼 검사 영역을 나눈다. 각각의 영상을 검사할 수 있는 크기로 확대하여 보려

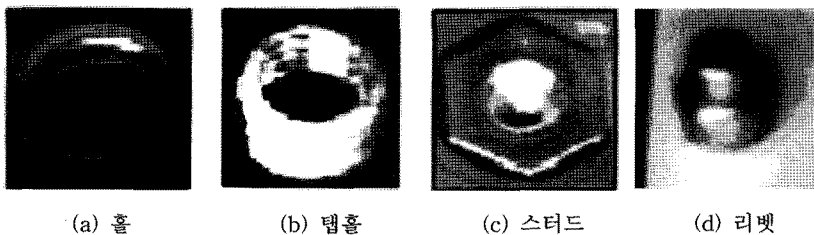


그림 2. 학습 대상

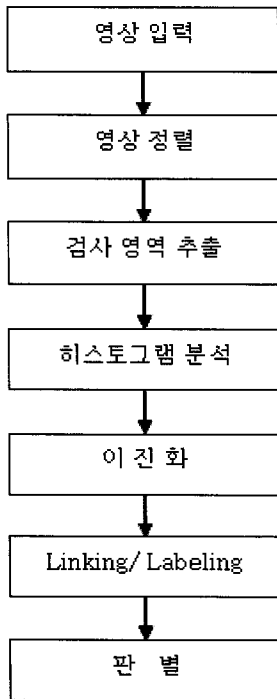


그림 3. PDP 자동 시각 검사 시스템 흐름도

면 제품을 이동 단계 별로 나누어서 각 영역 별로 검사를 해야 한다. 이것을 자동적으로 처리하려면 컨베이어가 정해진 위치에서 멈춰서 영상을 획득하는 방법과 컨베이어는 계속 흘러가는 도중에 카메라에 영상을 획득하라는 신호(Trigger)를 주어 순간적으로 영상을 획득하는 방법이 있다. 본 논문에서는 가장 쉽고 안정적으로 영상을 획득할 수 있는 전자의 방법을 이용하였다.

영상획득에 이용된 장치는 Coreco / PC2-Vision 을 사용하였고 CCD 카메라는 1392 × 1040의 해상도를 가지는 CV-A1 1/2 Gray Scale 카메라 25대를 사용하였다. 카메라에서 영상을 획득 시 각각의 영역을 10%정도 겹치게 하여 누락되는 영상이 없도록 조절하였다. 모든 이동 단계에 검사할 영상이 있는 것이 아니므로 학습할 영상이 없으면 영상을 획득하지 않고 다음 단계로 넘어간다.

조명은 형광등과 같이 번쩍임이 없어야 하며 밝기가 항상 일정해야 한다. 그리고 검사하는 제품의 재질이 빛의 반사를 많이 하여 영상을 검사하는데 문제가 생길 수도 있기 때문에 빛의 반사가 적은 LED(Light Emitting Diode) 적색 조명을 사용 하였

다. LED란 빛을 발산 하는 다이오드라고 해서 발광 다이오드라고도 불린다. LED 조명은 수명이 다른 조명에 비해 매우 길며 발열이 적다는 것이 큰 장점이며 조명 색도 다양하다. 조명 방법은 제품 표면의 명암을 관찰해야 하므로 정면 조명 분산(Diffuse)을 사용하였다[6].

영상을 획득할 때 25개의 카메라에서 순차적으로 한 장씩 영상을 획득하려면 1초가 소요되지만 여러 개의 카메라에서 동시에 영상을 획득하면 전체 영상 획득시간은 최고 60%까지 단축시킬 수 있다. 검사에 소요되는 시간과 검사의 정확성을 위해 컨베이어를 통해 제품을 이동시키며 총 5면(위/좌/우/앞/뒤)에 위치한 홀, 탭홀, 스테드, 리벳의 영상을 획득한다. 검사할 PDP 프레임이 다음 검사영역 위치로 움직이는 2 ~ 3초 동안에 획득한 영상을 분석한다. 카메라 및 조명 위치는 [그림 4]와 같다.

### 3.2 하드웨어 구동 시스템

인라인 공정에서 영상 획득 센서를 이용하여 자동적으로 시각 검사를 하기 위해서는 검사 대상 물체가 이동을 하거나 카메라가 이동을 하면서 검사를 한다. 이러한 이동을 컴퓨터로 제어 할 수 있는 방법은 여러 가지가 있다. 대부분의 경우에는 검사 대상을 운송하거나, 검사 대상을 나열해 두고 카메라가 부착된 축을 이동하면서 검사를 한다. 이러한 구동을 제어해주는 하드웨어 시스템으로 PLC(Programmable Logic Controller)와 모션 컨트롤 시스템이 있다[5].

PLC는 디지털 또는 아날로그 입출력 모듈을 통하여 로직 기능, 시퀀싱, 타이밍, 카운팅, 연산과 같은 특수한 기능을 수행하기 위하여 프로그램 가능한 메모리를 사용하고 여러 종류의 기계나 프로세서를 제어하는 디지털 전자 장치이다.

마이크로프로세서(microprocessor) 및 메모리를 중심으로 구성되어 인간의 두뇌 역할을 하는 중앙처리장치(CPU), 외부 기기와의 신호를 연결시켜 주는 입출력부, 각 부에 전원을 공급하는 전원부, PLC내의 메모리에 프로그램을 기록하는 주변 장치로 구성되어 있다. PLC의 CPU는 메모리에 저장되어 있는 프로그램을 하나씩 꺼내서 해독하여 처리 내용을 실행한다. 이 절차는 매우 빠른 속도로 반복되며, 모든 정보는 2진수로 처리된다.

설비의 자동화와 고 능률화의 요구에 따라 PLC의

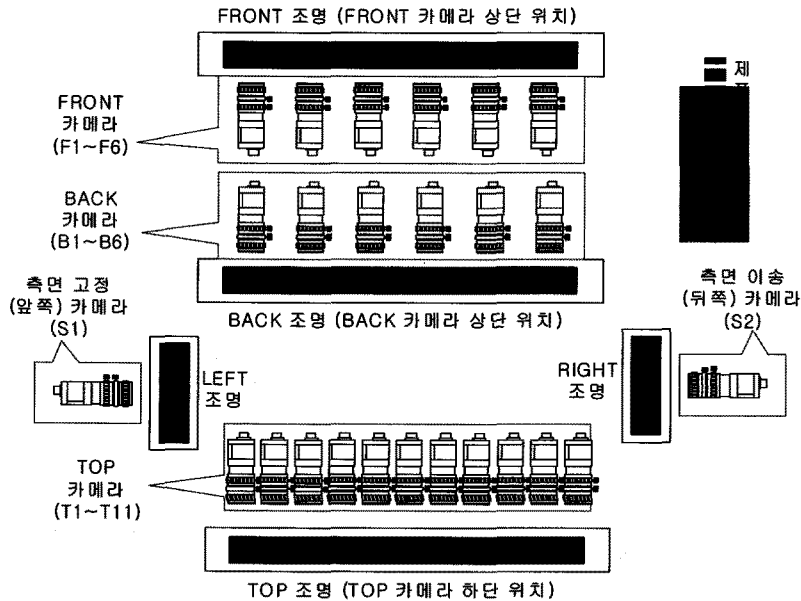


그림 4. 카메라 및 조명 위치도

적용 범위는 확대 되고 있다. 특히 공장 자동화와 FMS(Flexible Manufacturing System)에 따른 PLC의 요구는 소규모 공장 기계에서 대규모 시스템 설비에 이르기 까지 다양하게 적용되고 있다.

기본적인 모션 컨트롤 시스템(Motion Control System)은 모션 컨트롤러(Motion Controller), 모터 드라이버(Motion Driver), 모션 디바이스(Motion Device)의 3가지 요소로 이루어진다. 모션 컨트롤 시스템은 사용자가 입력하는 신호 형태와 모션 디바이스가 받아들이는 전기적 신호를 동기화 시키고 사용자가 원하는 형태의 구동 장치를 움직이도록 한다. 일반적으로 위치제어, 속도제어, 토크제어의 방법을 통하여 원하는 움직임을 만들어 낸다. 모션 디바이스는 모션 컨트롤러로부터 받은 입력 신호를 실제 구동할 수 있는 전기적 신호로 바꾸어 준다. 모션 디바이스에 따라 필요한 디바이스의 형태도 바뀌게 되며, 단순한 증폭의 역할을 하는 것에서부터 여러 조작 변수를 가지고 다양한 기능을 할 수 있는 것까지 이용이 가능하다.

### 3.3 영상의 정렬

컨베이어에 의해 PDP 제품이 이송되다가 영상이 정확한 위치에 멈춰서 영상을 획득할 때 컨베이어의

기계적 오차에 의하여 원하는 영상이 정확한 위치에 오지 않을 경우가 있다. 이러한 영상의 오차를 보정하기 위하여 정렬을 한다. 영상을 정렬하려면 제품의 모서리나 절단면, 화살표 등의 윤곽선이 선명한 부분들을 기준으로 선택하여 지정된 정보를 가지고 영상을 정렬한다. 가급적이면 검사할 영상은 정렬 영역에 포함시키지 않는 것이 좋다. 검사할 영상을 정렬 영역에 포함시켜 검사할 경우 정렬 영역이 불량이면 영상정렬에 영향을 미치게 되어 정렬이 잘못 될 수도 있기 때문이다.

학습되어 저장 되어 있는 영상 정보를 이용하여 획득된 영상에서 영상을 검사하려면 같은 위치의 영상을 찾아 검사하여야 한다. 영상 정렬은 일반적으로 수평 또는 수직의 이동(translation)만이 보정된다 [2]. 이유는 제품을 컨베이어 위에 놓을 때 컨베이어 맨 앞쪽에 있는 가이드에 밀착시켜 제품을 놓고 이송하며 영상을 획득하기 직전에 제품을 가이드라인 쪽으로 밀어주고 클램프를 이용하여 제품을 눌러서 고정 시켜주기 때문에 축으로 움직이지 않고 오직 수평 또는 수직방향만으로 움직이기 때문이다. 그 이동은 [식 1]과 같이 다항식 보간(polynomial interpolation) 함수를 영상 전체에 적용시켜 수행된다.

$$x'(x, y) = X^T AY, y'(x, y) = X^T BY \quad [식1]$$

$x'(x, y)$  와  $y'(x, y)$  는 이동후의 새롭게 움직여진 픽셀 좌표의 쌍  $(x, y)$  을 나타낸다.

행렬 A, B 는 상관관계의 점(correlation points)으로부터 파생된 다항식 이동(polynomial shift)의 계수를 포함한다.

실제로, 본 과정에서는 획득된 영상에 수평과 수직 방향으로 움직여진 정도를 측정하게 되며, 다음과 같은 과정을 거치게 된다.

- ① 결함을 포함하는 영상 내에서 윤곽선을 찾는다.
- ② 찾아낸 각 윤곽선을 이루는 좌표와 방향 값을 저장한다.
- ③ 임의의 최대 이동 값(MaxShift)을 정한다.
- ④ ②의 과정에서 찾아낸 좌표와 방향 값을 중심으로 최대 이동 값의 범위 내에서 참조 영상의 방향 값과의 정합도를 계산한다.
- ⑤ ④의 결과 중 가장 큰 값이 특정 임계치보다 크면 그 경우의 x, y값을 참조 영상과의 x축과 y축 이동 거리로 계산한다. 이때, 그 결과 값이 특정 임계치보다 작을 경우 두 영상은 정렬되지 않는 영상으로 처리된다.

[그림 5]와 같이 획득된 영상에 대하여 제품에 항상 존재하는 특성에 대해 정렬 영역을 설정한 것이다. 예를 들어 제품의 모서리나 절단면, 화살표 등의 윤곽선이 선명한 부분들을 선택한다. 정렬 영역이 교차 되었을 경우라도 하나의 정렬영역으로 인식하므로 정렬 영역의 교차를 고려하지 않아도 된다. 그리고 가급적이면 검사할 영상들을 정렬 영역에 포함시키지 말아야 한다. 만일 검사 할 영상을 정렬 영역에 포함시킬 경우 불량 제품을 검사 할 때에는 그 영상이 학습된 영상과 다르게 나오므로 영상 정렬에 영향을 미치게 되어 영상 정렬이 잘못 될 수도 있기 때문이다[7]. 위의 과정에서 윤곽선 검출은 연산 속도는

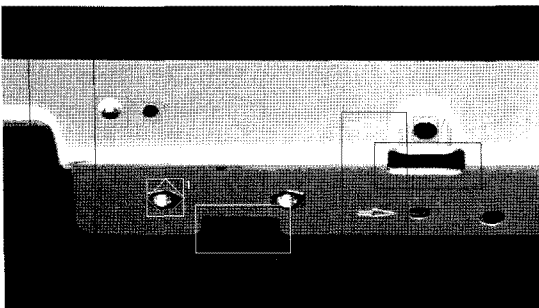


그림 5. 영상의 정렬과 특징 추출

느리지만 기술기에 매우 민감한 소벨(Sobel) 연산자를 이용하였다[8,9].

### 3.4 학습 과정

학습 과정에서는 받아들일 영상의 컨베이어 위치를 저장하고 영상에서 검사할 영상의 위치를 정해 주며 영상 정렬을 하기 위해 영상에서 특징이 되는 부분을 정하여 그곳에서 정렬의 성분을 추출하여 저장한다. 그리고 각 영상의 특징(Feature)이 되는 정보를 추출하여 저장한다. [그림 6]은 학습과정 순서도이다.

### 3.5 검사 영역 추출

정렬 과정에서 위치가 보정된 전체 영상에서 검사할 영상이 있는 부분만 따로 추출하여 [그림 7]과 같이 부분영상을 컴퓨터 메모리에 저장하고 부분 이미지를 처리하여 영상의 유무를 판별하게 된다. 검사 영역을 추출하는 이유는 영상을 검사할 때 검사할 영상 주위에 있는 다른 영상들이 선택되어 잘못 검사

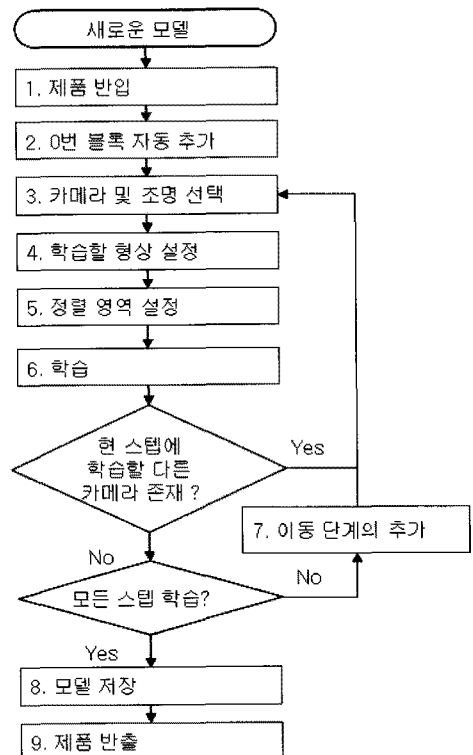


그림 6. 학습 과정 순서도

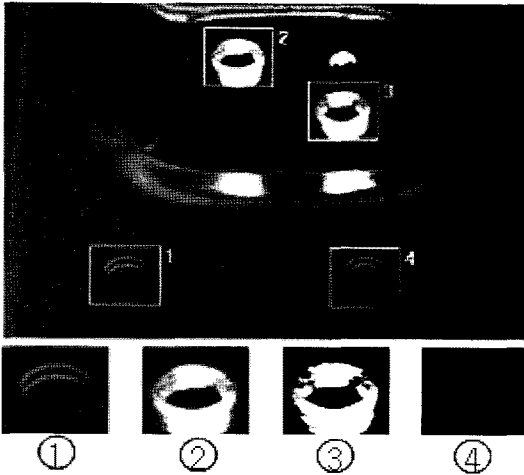


그림 7. 검사 영역 추출

하는 것을 방지할 수 있고 작은 영역을 검사하여 처리 속도가 향상되기 때문이다. 영상에서 추출한 특징으로는 영상의 위치와 픽셀의 수, 영상의 가장 긴 가로, 세로의 길이와 시작 위치, 끝 위치, 픽셀의 값 등을 추출한다. 각 영상 마다 학습이 올바르게 되었는지의 여부를 알려주고 학습이 모두 올바르게 되면 학습된 값을 파일에 저장한다. [그림 7]의 1번과 4번은 홀의 부분 영상이고 2번과 3번은 텀홀의 부분 영상이다.

### 3.6 이진화

히스토그램 분석은 검사하려는 특정부분(홀, 텀홀, 스티드, 리벳)과 그 외의 배경 부분을 구별하는 과정이다. 배경이 되는 부분의 픽셀과 검사 부분의 픽셀 명암이 어느 정도 차이를 가지는데 그 차이를 구분할 수 있는 경계 값을 찾아내는 단계이다.

배경을 구성하는 픽셀 강도는 대부분 밝고 홀을 구성하는 픽셀 강도는 어두운 것을 이용하여 히스토그램을 한다. 먼저 배경을 구성하는 것으로 간주되는 높은 레벨 쪽에 있는 히스토그램 값들 중에 최대값이 되는 레벨을 찾고 같은 방법으로 검사 대상을 구성하는 것으로 간주되는 낮은 쪽의 레벨 중에 최대값이 되는 레벨을 찾아서 두 레벨 사이의 가장 최소값을 갖는 레벨을 이진화 값으로 한다. 히스토그램 분석에서 영상에서 최적의 경계 값을 구하여 이진화를 한다[10].

이진화 하기 전에 학습 시 저장되어 있는 이진화

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
		$f(x,y)$		
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

그림 8. 연결 마스크

값과 현재 히스토그램에서 분석한 값과 비교하여 두 값의 차이가 크면 히스토그램에서 분석한 이진화 값을 무시하고 학습 시 저장되어 있는 값으로 이진화를 한다.

이진화가 된 영상에서 텀의 몽우리 부분이 떨어져 있는 경우가 많이 발생하였다. 그 이유는 텀산에 조명을 충분히 받지 못하여서 골이 깊게 들어간 부분이 이진화 값보다 적게 나와서 텀의 영역이 분리된다. 그래서 [그림 8]과 같은 5x5 마스크를 사용하여 분리된 텀 영역을 하나로 합쳐서 가운데 줄을 제외한 위, 아래 부분의 픽셀 값이 텀 몽우리의 값과 같은 값이면 떨어져 있는 두 개의 영역을 하나로 연결을 해준다. [그림 9]의 (c)는 (b)에서 끊어진 영상을 연결한 영상이다.

### 3.7 레이블링 (Labeling)

영상에 존재하는 개체의 수를 구하는 것은 어렵지 않으나 여러 종류의 개체나 잡음을 포함하고 있으면 그 수를 계수 하기란 쉽지 않다.

영상에 포함된 개체들의 수를 계수하기 위하여 영상의 전체 영역을 스캔 하여 각각의 연결된 영역에 속하는 픽셀들에 순차적으로 일련번호를 붙여 각각의 개체를 구분하는 처리를 레이블링 이라고 한다. 레이블링 처리에서는 개체의 수뿐만 아니라 개체들 각각의 중심점의 좌표(Position), 면적(Area), 개체의 둘레(Perimeter)등과 같은 정보를 얻을 수 있다.

레이블링은 0과 1로 구성된 이진 영상에서 인접하여 연결된 영역들을 서로 다른 번호를 붙여서 영역을 구별할 수 있도록 재구성하는 것으로 Glassfire 알고리즘이 주로 사용된다. Glassfire 알고리즘은 마른 잔디(Glass)에서 불(Fire)이 번져나가는 모양과 비슷하게 픽셀을 레이블링을 한다. 하지만 재귀함수를 이용한 Glassfire 방법은 과도한 자기호출로 시스템 스택(System stack)을 넘치게(Overflow)하기 때문에 너

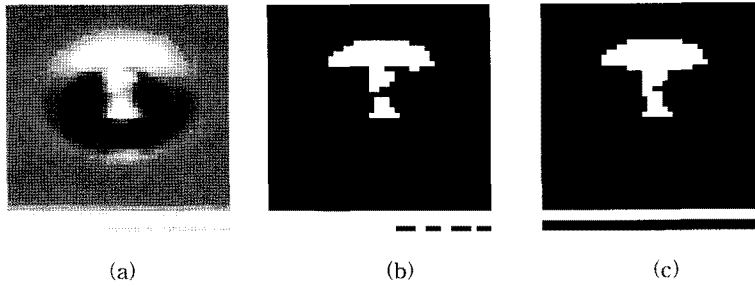


그림 9. (a) 원 영상 (b) 이진화 영상 (c) 연결된 영상

무 큰 크기의 물체 영역을 레이블링을 하기에는 적당하지 않으며 자기호출은 프로그램이 내부적으로 처리하는 많은 명령들로 인하여 속도가 저하되는 단점이 있다[17]. 그러나 스택의 크기를 프로그램 내에서 사용자가 직접 정의를 하며 반복문을 사용한 방법으로 설계를 하면 고속으로 큰 영역의 레이블링도 가능하다[18]. 본 논문에서는 반복문을 이용한 레이블링 방법을 사용하여 큰 영역의 레이블링도 가능하도록 하였다. [그림 10]은 레이블링을 한 결과이다. 레이블링의 결과에서 일정 이상 작은 영역(10개 이하의 픽셀 : 임의 조정가능)은 레이블링을 하지 않도록 하였다.

분석, 이진 영상 변환, 영상 정렬 등의 작업을 한다 [11]. 그 후 PCB의 특성에 따라 도선과 패드로 나누어 각각의 결함을 검출한다. 영상차감법 적용을 위해 먼저 두 영상을 정렬 알고리즘을 이용하여 정확히 정렬 시킨다. 그 후 두 영상간의 차 영상을 구하면 결함이 있는 부분은 임계 치와 다른 영역을 갖게 된다. 레이블링을 통하여 차영상에 남은 개체의 크기, 위치 등을 분석한다[12]. [그림 11]은 검사 과정 순서도이다.

한 개의 대상을 검사할 때 직경, 진원도, Burr 등의 측정치와 검사결과를 각각 판정하여 측정값이 기준치의 90%이하 이거나 110%이상이면, 부적합 판정을

### 3.8 검사과정

학습 과정에서 참조 영상이 생성되면 카메라를 이용하여 결함 검사를 위한 PDP 영상을 획득한다. 획득된 영상은 전처리 과정에서 잡음 제거, 히스토그램

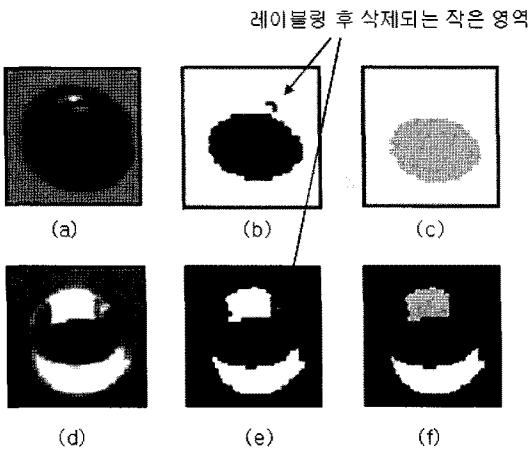


그림 10. (a)홀 원영상, (b) 홀 이진화한 영상, (c) 홀 레이블링 결과, (d)딥홀 원영상, (e) 딥홀 영상 이진화한 영상, (f)딥홀 레이블링 결과

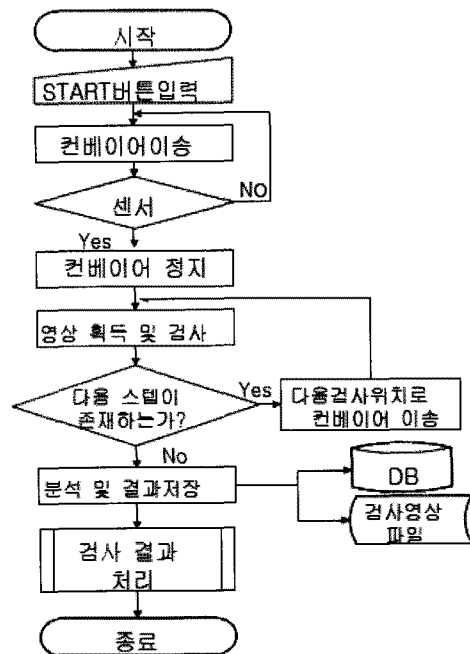


그림 11. 검사 과정 순서도



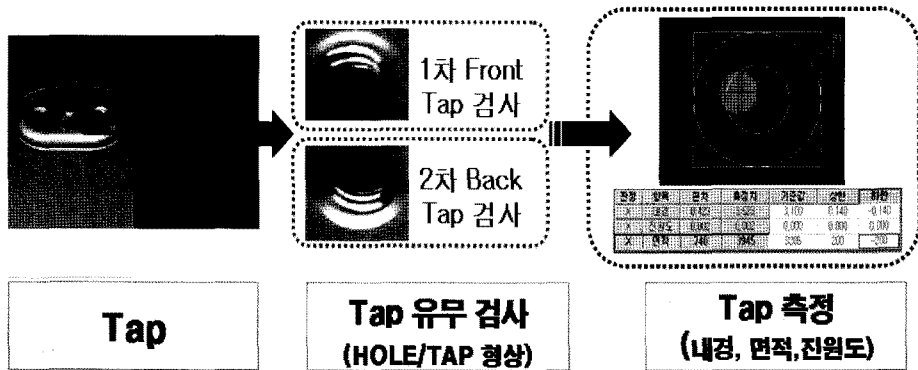


그림 12. 제품검사 3단계

하여 정상 제품과 구별한다. 기준치는 임의 설정이 가능하다. 제품검사는 3단계의 과정을 통해서 최종 판결을 한다. 첫 번째 단계는 제품 상면의 한 개의 탭마다 1차 Front 탭 검사를 하고 두 번째 단계는 2차 뒷면의 Back 탭을 검사를 한 후 마지막 단계에서는 앞 단계에서 추출한 영상을 이용하여 측정을 하는 3단계의 과정을 거친다. [그림 12]는 제품을 검사하는 3단계를 도시한 것이다.

#### 4. 실험 및 결과분석

한 영상에서 레이블링 된 영역에 대해 면적, 폭, 높이, 최대 폭의 y좌표, 최대 높이의 x좌표 값 등의 특징(Feature) 값들 계산하고 학습과정에서 계산되어 저장 되어 있는 값들과 비교하여 그 영상의 유무를 판별한다. 각각의 영상 별로 하나씩 검사하여 한 이동 단계마다 그 단계 모든 영상들의 결과를 사용자가 실시간으로 확인 할 수 있다.

##### 4.1 홀 판별

홀의 판별 과정은 탭홀의 판별 과정과 유사하다. 하지만 탭홀의 판별 과정에서 영상의 특징 값에 맞지 아니하면 검사 영역을 확대해서 다시 검사를 하지만 홀 검사는 이진화 값을 조정하여 홀의 크기를 줄이거나 늘려서 재검사 하여 홀의 존재 여부를 검사하게 된다.

홀 판별의 첫 번째 특성은 각각의 홀을 구성하는 픽셀의 개수이다. 이 픽셀 개수가 학습시의 픽셀 개수보다 많이 작을 경우에는 이진화 값을 8 증가시켜 재검사한다. 홀을 구성하는 픽셀의 개수가 작게 나오

게 되는 이유는 제품의 재질이 약간 변하였거나 히스토그램 분석에서의 약간의 오차로 인해 발생할 수 있다. 다음 검사해야 할 특징 값으로 홀을 구성하는 최대 수평 길이와 그 좌표, 최대 수직 길이와 그 좌표를 차례로 검사하여 모두 알맞은 값이 될 경우엔 홀이 있다고 판정을 하고, 한 가지의 특징 값이라도 맞지 않을 경우에는 홀이 없다고 판정하여 불량이라는 메시지를 내보내게 된다.

첫 번째 판정 기준은 홀 내부 픽셀의 개수이다. 학습에서 저장되어 있는 값은 수평 길이는 45이고 수직 길이는 28이며 픽셀 개수는 900이다. 이 값의  $\pm 110\%$  이상이거나 90%이하의 픽셀 개수는 불량으로 판정한다. 다음 특징 값으로 최대 수평과 수직의 길이를 비교하게 된다. [그림 13]은 홀 검사의 특징이다.

##### 4.2 탭홀 판별

탭홀은 영상을 구성하는 픽셀의 수를 계산하고 학습과정 값에서의 90%이상의 값이 나오면 다음 특징 값으로 넘어간다. 픽셀 개수가 적게 나오는 경우는 영상이 불량 제품이거나 영상 정렬이 잘못 되었을 때 발생한다. 픽셀 개수가 적게 나오면 검사 영역을

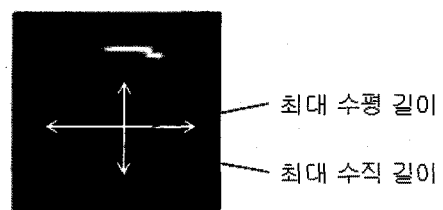


그림 13. 홀 검사 특징

약간 확장하여 1회 재 검사를 한다. 재검사 후 픽셀의 개수가 올바르게 나오면 정렬이 문제가 된 것이다.

다음은 영상의 특징으로 최대 수평 길이를 계산하여 검사한다. 이 최대 수평 길이가 학습과정에서의 계산되어 저장되어 있는 최대 수평 길이의 값에서 정의된 오차 범위 안에 들어오면 다음 영상의 특징을 비교하게 된다. 만일 정의된 오차 범위에서 벗어난다면 이 영상은 탭홀이 아니라고 판단하고 다음 영상을 찾아서 특징을 처음부터 검사하게 된다.

최대 수평 길이가 정상이라면 그 길이가 측정된 곳의 Y축 좌표가 검사 영역을 추출한 영상의 끝부분에 위치하지 아니하면 다음 영상 특징인 최대 수직 길이와 그 위치를 수평 길이 검사한 방법과 동일하게 검사한다. 만일 조건에 맞지 않으면 검사영역을 확장하여 1회만 반복 검사한다. 위에서 나열한 모든 영상의 특징 값들이 정상이라면 검사한 영상은 양품 판정을 하고 영상의 특징 값들이 하나라도 틀리게 되면 불량으로 판정한다.

첫 번째 판정 기준은 탭의 몽우리 픽셀의 개수이다. 학습시의 홀 몽우리의 수평 길이는 18이고 수직 길이는 15이며 픽셀의 개수는 164이다. 이 값의  $\pm 110\%$  이상이거나 90%이하의 픽셀 개수는 불량으로 판정한다. 다음 특징 값으로 최대 수평의 길이와 수직의 길이를 비교하게 된다. 학습에서 저장되어 있는 값은 수평 길이는 18이고 수직 길이는 15이다. [그림 14]는 탭홀 검사의 특이다.

### 4.3 스테드 판별

스테드의 판별은 스테드가 존재하면 조명에 의해 200 ~ 255 사이의 매우 밝은 그레이 레벨 값을 형성한다. 매우 높은 값의 픽셀의 개수를 세어 그 개수를 학습시의 양과 비교하여 스테드의 유무를 판별한다. 스테드가 없을 경우엔 홀이 보이므로 높은 픽셀값을 형성하지 않는다. [그림 15]는 스테드 검사의 특징이다.

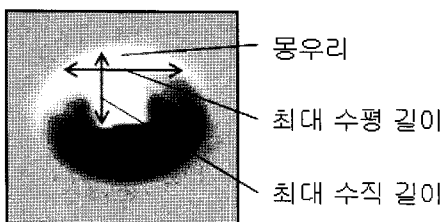


그림 14. 탭홀 검사 특징

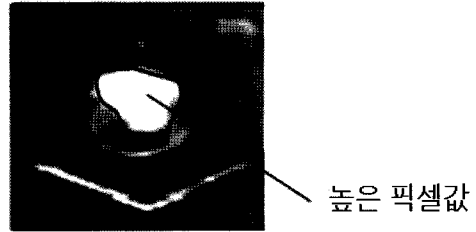


그림 15. 스테드 검사 특징

### 4.4 리벳 판별

리벳에는 검정색 리벳과 흰색 리벳으로 종류가 나누어진다. 먼저 흰색 리벳의 판별은 리벳에서 반사되어 나오는 200~255 사이의 매우 밝은 그레이 레벨 값을 형성한다. 높은 값의 픽셀의 개수와 수직의 길이를 계산하여 학습 시 저장 되어 있는 값과 비교한다. 이 두 가지의 특징 값으로 흰색 리벳의 결함을 판별한다.

검정색 리벳은 조명에 의해 반사가 일어나지 않아 밝은 픽셀의 그레이 레벨 값이 나오지 않는다. 그 대신 제품의 재질보다 어두운 0~50 사이의 어두운 그레이 레벨 값을 형성한다. 이런 특징을 이용하여 배경과 검정색 리벳을 분리하고 검정색 리벳 부분의 픽셀 개수를 학습시의 값과 비교한다. 또한 흰색 리벳과 마찬가지로 수직 길이를 계산하여 학습 값과 비교한다. 만일 검정색 리벳이 없을 경우에는 검정색의 홀이 나타나게 된다. [그림 16]은 리벳이 올바르게 있는 경우와 그렇지 않은 제품을 보여주고 있다. 리벳이 없는 경우 발생하는 홀을 구성하는 픽셀 개수는 검정색 리벳을 구성하는 픽셀 개수보다 작으며 리벳을 판별하는 특징의 다른 하나인 수직 길이도 검정색 리벳보다 짧게 나오기 때문에 쉽게 판별이 된다. [그림 17]은 리벳 검사의 특징이다.

### 4.5 실험 결과 및 분석

한 제품의 검사가 끝나면 각 영상에 대한 검사 결과가 출력된다. 본 시스템에서는 한 제품에 대한 한 개의 불량만 있어도 사용자에게 이 제품은 불량품이라고 경고음과 함께 모니터 화면으로 알려주게 된다. 사용자는 불량이 난 제품을 따로 분리하게 되고 양품인 제품은 계속 흘러 다음 공정으로 간다.

각 영상의 특징 값의 조건을 만족하지 못한 영상은 [그림 18]에서 화살표로 표시된 곳은 붉은색으로

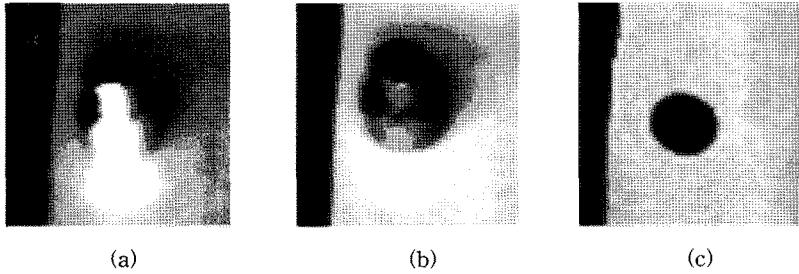


그림 16. (a) 흰색 리벳 (b) 검정색 리벳 (c) 리벳이 없는 경우

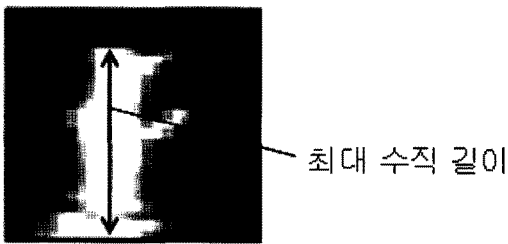


그림 17. 리벳 검사 특징

표시된다. 또한 검사 영상에 대한 영상을 검사 직후에 바로 볼 수 있어서 오류 원인 파악을 쉽게 할 수 있다. 물론 이 결과들은 데이터베이스화 되어 차후에 통계를 내거나 생산에 어떠한 문제가 있는지 쉽게 파악할 수 있게 해주는 중요한 자료로 사용된다.

실제 공정에서 만들어진 제품에서 정상제품과 불량품을 올바르게 판단해 내는지를 알아보기 위해 각 모델 별로 정상제품 20개, 불량품 20개씩을 임의로 추출하여 실험을 하였다. 여러 모델 중 42인치 Middle

(Upper) 모델의 제품 40개에서 홀, 탭홀, 스테드, 리벳의 영상에 대한 특징 값들을 추출하였다.

모두 40개의 제품의 판정을 한 결과 정상제품을 26개, 불량품을 14개로 분류하였다. 실험은 정상제품 20개, 불량품 20개를 실험하였는데 불량품 4개는 스테드 몇 개만 누락된 제품이고 2개는 다른 탭홀 영상에서 불량 판정된 것으로 한 개의 영상만으로 판별했을 때에는 정상제품으로 판정된 것이다. 이 모델에서 위와 같이 5개의 판별 기준 값을 모든 영상에 대해 실험한 결과 20개의 정상제품과 20개의 불량품을 정확하게 분류해 냈다. 그리고 5개의 모든 모델에서도 정확히 판별해 내었다.

검사 시간은 [표 1]에서 보는 바와 같다. 모델 중에 가장 크고 영상이 가장 많은 제품인 42인치 Bottom (STUD)의 검사 시간을 측정해 냈다. 단위는 1000분에 1초로 나타낸 것이며 평균값은 23.521초로 처음 사용자 요구 사항인 한 제품에 30초미만 검사 시간에

#	모델	구멍	종류	크기	결과
90	6	B3	HOLE3	18	PASS
91	6	B3	TAP4	18	FAIL
92	6	B4	TAP1	14	FAIL
93	6	B4	TAP2	14	FAIL
94	6	B4	TAP3	14	FAIL
95	6	B4	TAP4	14	FAIL
96	6	B4	HOLE5	16	PASS
97	6	B4	HOLE6	16	PASS
98	6	B4	TAP7	18	FAIL
99	6	B4	TAP8	18	FAIL
100	7	B1	HOLE1	16	PASS
101	7	B1	HOLE2	16	PASS
102	7	B2	HOLE1	16	PASS
103	7	B2	HOLE2	16	PASS
104	7	B3	HOLE1	16	PASS
105	7	B3	HOLE2	16	PASS
106	7	B3	HOLE3	16	PASS
107	7	B4	HOLE1	16	PASS
108	7	B4	HOLE2	16	PASS
109	7	B4	HOLE3	16	PASS
110	7	B4	HOLE4	12	PASS

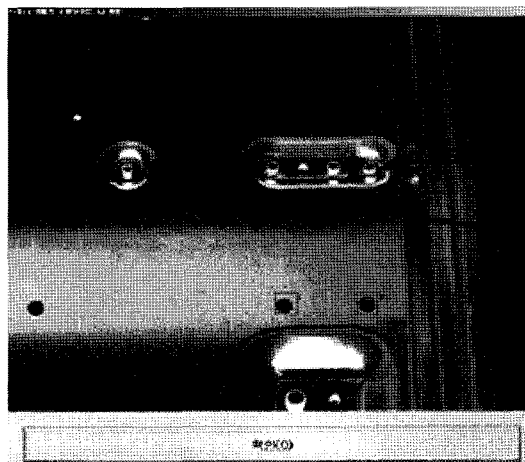


그림 18. 판별 결과

표 1. 42인치Bottom(STUD) 검사 시간(msec)

	42인치Bottom(STUD) 검사 시간(msec)									
제품 번호	1번	2번	3번	4번	5번	6번	7번	8번	9번	10번
검사 시간	23441	23472	23065	23220	23659	23597	23220	23550	22753	22863
제품 번호	11번	12번	13번	14번	15번	16번	17번	18번	19번	20번
검사 시간	22753	23472	23550	23487	23456	23487	22863	23738	23550	23488
제품 번호	21번	22번	23번	24번	25번	26번	27번	28번	29번	30번
검사 시간	23472	23956	23878	23425	23800	23956	23550	23956	23754	23144
제품 번호	31번	32번	33번	34번	35번	36번	37번	38번	39번	40번
검사 시간	24075	23231	23479	23220	23389	23907	23802	23334	23746	23948

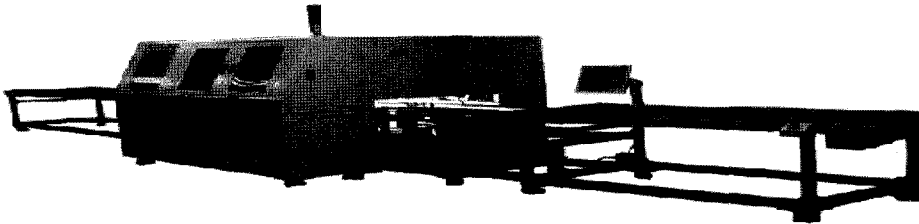


그림 19. PDP 프레임 시각검사 시스템

충분하게 만족하는 결과를 얻었다.

검수가 끝난 후로 한 달 동안 계속적으로 직접 라인에서 테스트를 하고 한 달 후에 데이터베이스에 저장된 결과를 분석하였다. 총 11694개를 자동으로 검사하였고 불량인 제품을 정상제품으로 잘못 인식한 경우는 0%였으나 정상제품을 불량으로 인식한 제품의 수는 593개로 5.07%의 오 인식 하였다. 공정에서 불량품이 정상제품으로 잘못 판별되었을 경우 상당한 손해가 발생하지만 정상제품의 제품을 불량으로 잘못 분류하는 것은 어느 정도 허용이 된다. 정상제품과 불량품의 잘못 판별된 비율이 조금 발생하는 것보다 정상제품이 불량으로 인식하는 비율이 조금 늘더라도 불량품을 정상제품으로 인식하는 경우를 만들지 않는 것이 안정화 된 시스템이라 할 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 PDP 프레임 자동시각검사 시스템을 설계 구현하여, 정확한 검사가 가능함을 실험하였고 이를 산업체에 적용한 결과 신속하고 정확한

검사가 가능함을 보였다. 42인치 PDP 프레임 한 개를 검사 하는데 소요된 시간은 25초 이내로 숙련공과 비교하여 빠른 검사 속도로 경제성을 입증하였으며 또한 검사결과를 데이터베이스화 하여 신속한 결함의 원인 파악과 조치가 가능하게 되었다.

본 논문의 향후 과제는 불량품이 양품으로 인식되는 경우는 없도록 하는 동시에 양품을 불량품으로 잘못 인식하는 비율을 줄여 나가야 하겠다. 또한 제품의 재질이 다양해지면 보이는 영상의 유형이 틀려져 올바른 판단을 하지 못하는 경우가 발생한다. 예를 들어 일정한 조명에서 밝은 재질의 제품이 검사기에 들어오면 탭의 몽우리가 상당히 커지거나 어두운 재질의 탭 영상이 매우 작아져서 양품을 불량으로 판별하는 경우가 발생한다. 이러한 문제는 재질에 따른 대조 비에 의한 것으로 제품이 투입되어 재질에 맞는 조명 값을 찾아 조명을 자동으로 재조정하여 검사하는 방법이 있으나 시간이 오래 걸리고 확실하게 문제를 해결하는 방법은 아니다. 그러므로 재질에 의한 대조 비에 영향을 받지 않는 검사 방법으로 개선하여 이러한 문제가 발생하지 않도록 해야 한다.

또한 결함의 유무만 판정하였는데 향후 결함의 유무뿐만 아니라 유형도 판별하여 보다 효율적인 공정 관리가 가능하도록 하고 결함 및 공정 관련 지식을 축적해 갈 수 있는 지식기반 시스템으로 발전시킬 수 있을 것이다[13,14]. 그리고 학습 및 검사의 용이성을 고려한 사용자 인터페이스 설계로 PDP 프레임 뿐만 아니라 다른 검사 환경에서도 쉽게 응용할 수 있도록 하여야 할 것이다. [그림 19]는 PDP프레임 자동시각검사 시스템 장비의 외경이다.

### 참 고 문 헌

- [1] K. Hendengren, "Methodology for Automatic image-based inspection of industrial objects," in *Advances in Machine Vision*, Sanz J. ed, Springer-Verlag, 1988.
- [2] E. Masakazu, "Machin Vision A Practical Technology for Advanced Image Processing," Japanese Technology Reviews, *Computers and Communications*, Grodon and Breach Science Publishers, Vol.10, pp.116-119, 1989.
- [3] R.T. Chin, and C.A. Harlow, "Automated Visual Inspection: A Survey," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.PAMI-4, No.6, pp. 557-573, 1982.
- [4] K.W. Tobin, "Inspection in Semiconductor Manufacturing," *Webster's Encyclopedia of Electrical and Electronic Engineering*, Vol.10, pp. 242-263, 1999.
- [5] 안재봉, "PLC 개발," 대한 전기 학회, 전기 학회 지, 제38권, 12호, pp. 37-40, 1989.
- [6] 이규봉, 안인모, 권창완, 머신 비전용 최적 조명 장치 개발에 관한 기본 연구, 한국 생산 기술 연구원, 국내 연구 보고서, 1993.
- [7] 한광수, "고속 고정도 영상 정렬 알고리즘," 한국정보과학회, 제26권, 1호, pp. 609-611, 1999.
- [8] R.C. Gonzalez, and R.E. Woods, *Digital Image Processing, 2nd Ed*, Prentice-Hall, 2002.
- [9] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, "Image Processing Analysis and Machine Vision," *International Thomson Publishing Inc.* 1998.
- [10] A. Rosenfeld and A.C. Kak, *Digital Picture Processing*, Academic Press, 1982.
- [11] O. J. Tobias, R. Seara, and F.A.P. Soares, "Automatic image segmentation using fuzzy sets", Proceedings of the 38th Midwest Symposium on Circuits and Systems, Vol.2, pp. 921-924, 1995.
- [12] 강동중, 하종은, *Visual C++을 이용한 디지털 영상 처리*, 사이텍미디어, chap11, 2003.
- [13] L.D. Stefano, and A. Bulgarelli, "A Simple and Efficient Connected Components Labeling Algorithm," *Image Analysis and Processing*, pp. 322, 1999.
- [14] K.W. Tobin, S.S. Gleason, F. Lakhani, and M.H. Bennett, "Automated Analysis for Rapid Defect Sourcing and Yield Learning," *Future Fab International*, Vol.4, pp.1-15, 1997



박 병 준

2000년 고려대학교 전자정보공학부 졸업(학사)  
2002년 고려대학교 대학원 의료정보기기학과 졸업(석사)  
2005년 국민대학교 대학원 전산과학과 졸업(박사)  
관심분야: 컴퓨터비전, 영상처리,

패턴인식, etc.



신 은 석

1990년~1992년 현대전자 산업전자연구소 수석연구원  
1997년~2003년 국민대학교 컴퓨터 응용학과 졸업  
2003년~2004년 국민대학교 대학원 전산과학과 졸업(석사)

2003~현재 VS-TECH 연구원 근무

관심분야: 컴퓨터비전, 영상처리, 패턴인식, etc.



한 광 수

1978년 서울대학교 공업교육과 졸업(학사)  
1986년 Texas Tech University 대학원 전산학과 졸업(석사)  
1989년 Texas Tech University 대학원 전산학과 졸업(박사)

1990년~1992년 현대전자 산업전자연구소 수석연구원

1992년~1993년 수원대학교 전임강사

2004년~현재 국민대학교 컴퓨터학부 교수

관심분야: 컴퓨터비전, 영상처리, 패턴인식, etc.