

논문 2008-45SC-3-5

사용자 중심의 유연한 실시간 머신비전 검사시스템 개발

(Development of The Flexible User-Friendly Real-Time Machine Vision Inspection System)

조인성*, 이지홍**, 오상진**

(Insung Cho, Jihong Lee, and Sangjin Oh)

요약

본 논문은 다양한 제품의 불량 검사를 위한 비전 검사시스템을 개발하였다. 대부분의 기존 검사 시스템은 하나의 제품에 대하여 검사가 가능하도록 설계되었다. 그래서 동일한 검사시스템에서 다른 제품을 검사하기 위해서는 비용과 시간을 들여 시스템을 업데이트하거나 교체를 해야 했다. 본 논문에서는 추가적인 작업이 없어도 적은 비용으로 다양한 제품을 검사할 수 있는 유연한 검사시스템을 제안하였다. 이를 위해 사용하기 편리한 사용자 인터페이스와 특별한 변경 없이도 다양한 제품에 적용 가능한 영상처리 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 히스토그램의 형태에 따라 제한된 범위 내에서 임계값을 변경하면서 정상제품 이미지와 불량제품 샘플 이미지간의 상관계수를 구하고 구한 상관계수에서 가장 작은 것을 해당 제품의 검사에 사용할 임계값으로 결정한다. 시스템을 검증하기 위해 핸드폰 케이스 불량 검사에 적용하여 Otsu의 방법과 비교하였다.

Abstract

We developed a visual inspection system for detecting defective products. Most existing inspection systems are designed to be dedicated to one product, which makes operator spend extra money and time to adopt other products. In this work, we propose a flexible visual inspection system that can inspect various products without any additional major job at a low-cost. The developed system contained image processing algorithm libraries and user-friendly graphic interface for adaptable image-based inspection system. We can find a proper threshold value using the proposed algorithm which uses correlation coefficient between a non-defective product and existing sample images of defective product. And We tested the performance of the proposed algorithm using Otsu's method. The proposed system is applied to a automated inspection line for cellular phone.

Keywords : OpenCV, Machine vision, Visual programming, Inspection system

I. 서론

비전시스템의 발전에 따라 사람의 눈을 대신할 수 있는 영상처리 기반의 불량 검사시스템이 개발되기 시작하였다. 현재 불량 검사시스템은 회로 보드(PCB)^[1], 세라믹 유리잔^[2], 감자^[3], 엔진 밸브^[4] 등의 다양한 산업 제품에 적용되고 있다. 이러한 불량 검사시스템은 제품의 이미지를 기반으로 외곽 모양, 사이즈, 재질 등의

패턴 분석을 바탕으로 영상처리 알고리즘들을 조합하여 불량을 판별하는 것을 기본으로 하고 있다. 그러나 현재 개발되고 있는 불량 검사시스템은 하나의 제품에 종속되어 있어서 검사할 제품을 변경하는 경우 내부의 영상처리 알고리즘을 업데이트하거나 새로 구입해야 한다.

따라서 본 논문에서는 단일 불량 검사시스템에서 다양한 형태의 제품을 검사할 수 있는 유연한 시스템을 제안한다. 이를 위해 제안된 불량 검사 시스템을 사용자 인터페이스와 영상처리 알고리즘의 측면에서 고려하였다. 사용자 인터페이스의 경우, 개인용 컴퓨터 기반의 응용프로그램들은 사용자 인터페이스를 쉽고 편리하게 바꾸는 노력이 계속되고 있을 뿐만 아니라 많은 지식

* 정희원, 충남대학교 메카트로닉스공학과
(Department of Mechatronics Engineering,
Chungnam National University)

** 정희원, 충남대학교 BK21 메카트로닉스사업단
(BK21 Mechatronics Group at Chungnam National
University)

접수일자: 2007년11월1일, 수정완료일: 2008년4월29일

데이터들이 생겨남에 따라 데이터베이스와의 쉽게 접근하고 활용하기 위해 다양한 방법들이 시도되고 있다^[5~7]. 그러나 현재 산업현장에서 사용되고 있는 응용 프로그램에 대한 인터페이스 개발은 활발히 이루어지고 있지 않고 있다. 이러한 점을 고려하여 본 논문에서는 개인 컴퓨터 환경의 사용자 인터페이스를 영상 기반 불량 검사시스템에 적용하여 사용자가 사용하기 쉽고 다양한 제품 검사에 쉽게 적용할 수 있는 소프트웨어를 가진 영상 기반 불량 검사시스템을 제안한다. 또한 제안하는 시스템은 영상처리의 전문가가 아닌 사용자도 손쉽게 불량 검사 알고리즘을 적용할 수 있도록 사용자 인터페이스를 설계하였다.

영상 처리 알고리즘 측면에서는 임계값 결정할 때 어떠한 영상처리 알고리즘을 사용하더라도 다양한 제품의 불량을 검출하기 위한 적당한 임계값을 결정하기가 쉽지 않았다. 따라서 본 논문은 다양한 제품의 불량 검출하기 위해 불량 제품의 샘플 이미지와 상관계수를 이용하여 적당한 임계값을 결정하는 방법을 제안하였고 산업현장에서 가장 많이 쓰이는 Otsu의 방법과 비교하여 타당성을 입증하였다.

본 논문의 II장에서는 시스템에 대한 개요를 소개하고, III장 쉽고 편리한 사용자 인터페이스 설계를 위해 동적 비주얼 프로그래밍 환경을 적용한 시스템을 제시하였다. IV장에서는 제안하는 영상처리 알고리즘에 대해 소개하였고, V장에서는 제안하는 시스템을 핸드폰 케이스의 불량 검사에 적용하였다.

II. 시스템의 개요

1. OpenCV 라이브러리

OpenCV 라이브러리(Open Source Computer Vision Library)는 인텔에서 개발한 공개용 라이브러리로서 이미지에 대한 처리로 인해 발생하는 시스템 부하를 최소화하고 고성능을 낼 수 있도록 개발되었다. OpenCV는 아래와 같은 영역의 알고리즘을 제공한다.

- 기본 구조와 배열 조작
- 이미지 처리와 분석
- 객체의 구조적 분석
- 움직임 분석 및 객체 추적
- 객체 및 얼굴 인식
- 카메라 조정과 3차원 재조합
- 스테레오, 3차원 추적 및 통계적 분류기

- 사용자 인터페이스와 비디오 획득 및 저장 지원
- OpenCV 라이브러리는 다양한 영역의 알고리즘을 제공할 뿐만 아니라 인텔 CPU에 최적화되어 있기 때문에 PC기반의 영상처리에 있어 빠른 실행 속도를 보여준다. 또한 OpenCV의 알고리즘에 대한 소스를 모두 공개되어 있어 사용자가 원하는 방향으로 라이브러리를 수정해 사용할 수 있다. 본 논문에서는 이미지 처리와 분석을 위해 OpenCV라이브러리를 사용하였다.

2. 시스템 구성

그림 1은 본 논문에서 제안하는 불량 검사시스템이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 제안하는 불량 검사시

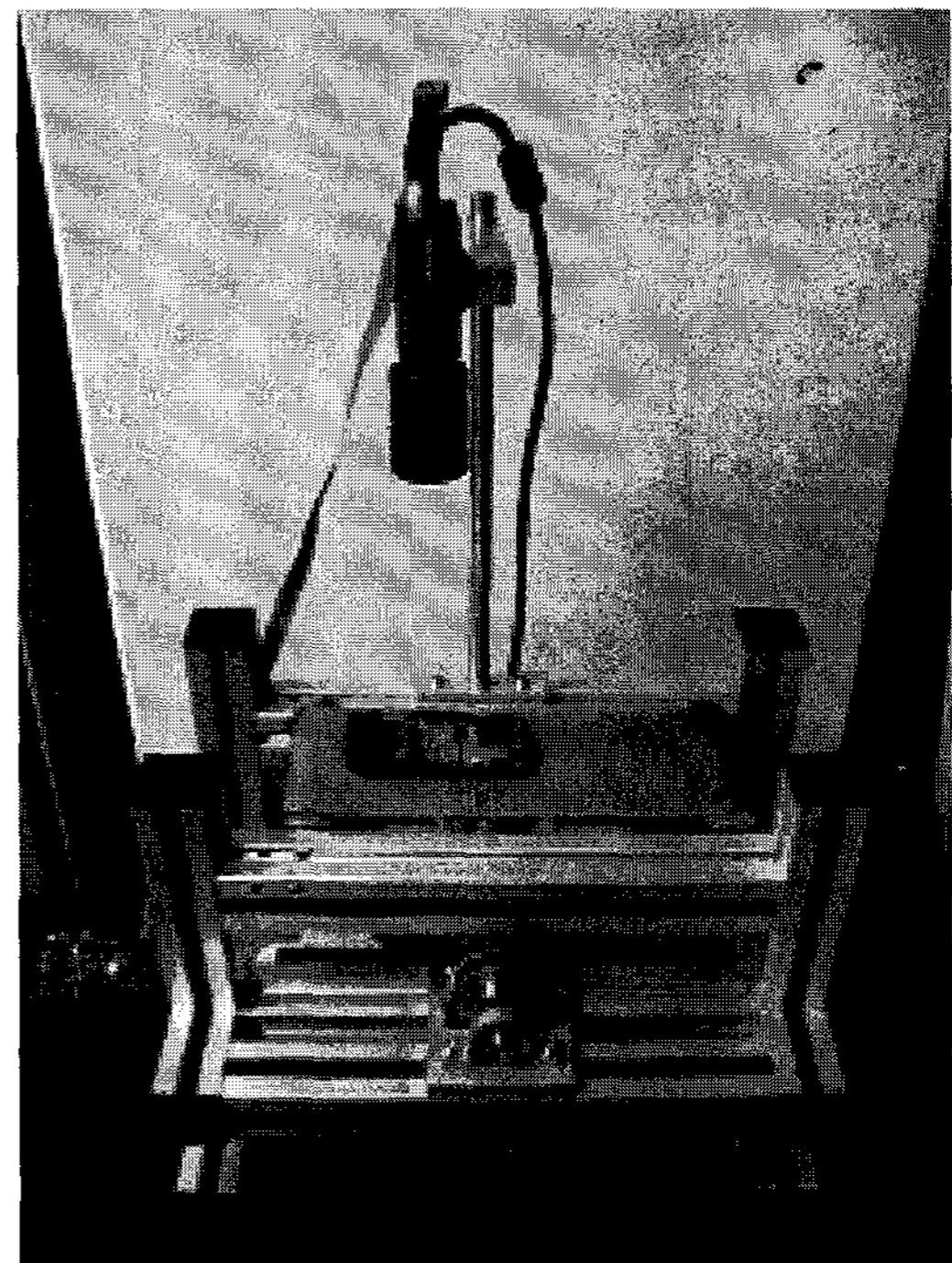


그림 1. 제안된 불량 검사시스템
Fig. 1. Proposed defect inspection system.

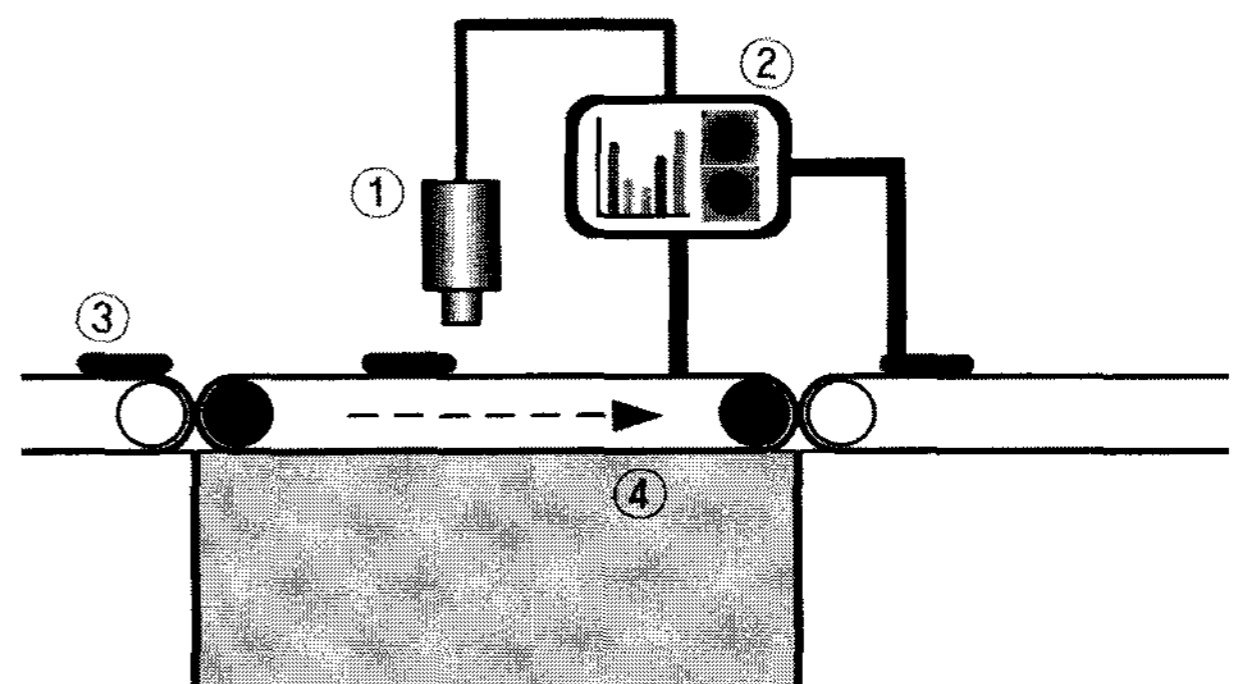


그림 2. 제안된 불량 검사시스템의 구성도
Fig. 2. The configuration of proposed defect inspection system.

시스템은 검사제품(③)을 컨베이어 벨트(④)로 전달하고 카메라(①)를 통해 제품의 이미지를 입력받고, 입력받은 이미지를 이용하여 모니터링 컴퓨터(②)에서 검사를 수행한다.

3. 불량 검사 진행과정

본 시스템은 2개의 프로세스에 의해 수행된다. 그림 3에서 보는 바와 같이 관리자에 의해 시스템 설정을 하는 프로세스와 검사를 수행하는 프로세스로 구성되어 있다. 영상 기반으로 제품의 불량을 검사하기 위해서 먼저 관리자가 정상 제품의 영상을 저장하고 검사를 위한 관심영역을 설정한 후 저장된 정상 제품의 영상과 생산 라인에서 획득되는 검사 제품의 영상의 위치를 보정하는 전처리 과정을 거치고, 동적 비주얼 프로그래밍 인터페이스를 통해 설정된 영상처리 알고리즘에 의한 영상처리를 거쳐서 불량 제품인지, 정상 제품인지 결정된다.

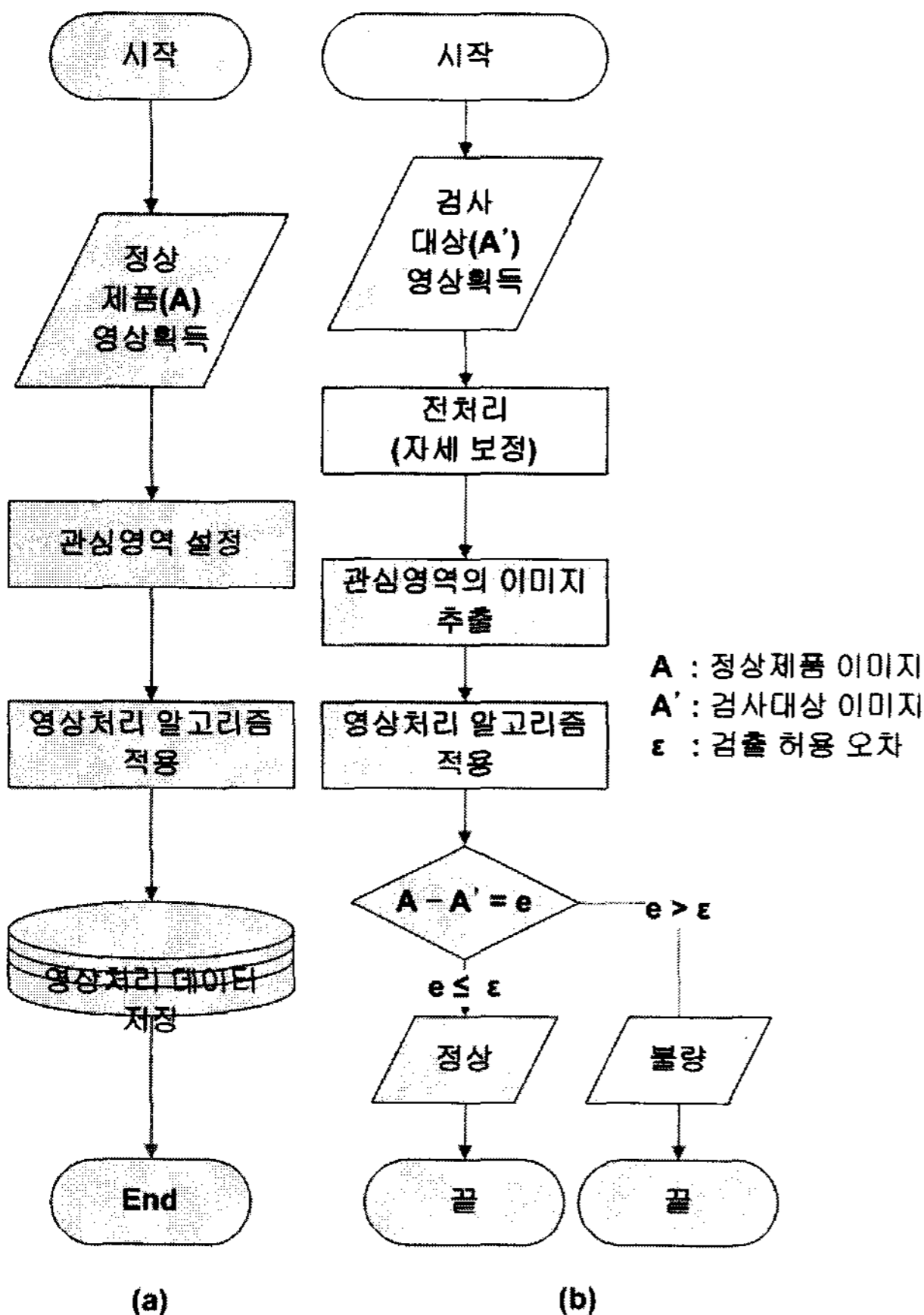


그림 3. 불량 검사 진행과정 : (a) 관리자를 위한 시스템 설정 과정, (b) 검사 수행 과정

Fig. 3. Process for detecting a defective product : (a) system configuration process for operator, (b) inspection process.

III. 동적 비주얼 프로그래밍 환경

제안된 시스템은 다양한 제품을 검사할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 제안된 프로그래밍 환경을 통해 시스템 사용자는 검사할 제품을 등록하고 여러 영상 처리 알고리즘을 혼합하여 제품을 검사하는 과정을 시뮬레이션 해봄으로써 검사 시간, 정밀도를 조절할 수 있다. 시스템 사용자는 영상 처리 내용이나 컴퓨터 사용에 대한 지식이 필요하지 않도록 인터페이스를 비주얼화 하였으며, 제품의 특성을 많이 알수록 정밀한 검출이 가능하도록 동적인 알고리즘 생성이 가능하도록 하였다.

1. 사용자 인터페이스

그림 4는 동적 비주얼 프로그래밍 환경의 사용자 인터페이스이다. 제안된 사용자 인터페이스는 아래와 같이 크게 네 가지 부분으로 나눌 수 있다.

- ① 영상 처리 알고리즘 도구
- ② 제품의 검사 영역 설정 패널
- ③ 검사 영역별 알고리즘 적용 패널
- ④ 알고리즘 속성 창

영상 처리 알고리즘 도구는 영상 처리 알고리즘을 동적으로 생성하게 하기 위한 도구로 제품 검사를 위해 많이 사용되는 기본 알고리즘이 등록되어 있으며, 핸드폰 케이스 검사에 적합하도록 개발된 사용자 알고리즘이 추가되어 있다. 모든 알고리즘은 사용자 편의를 위하여 도움말과 알고리즘 미리 보기 기능이 제공되어 전문 지식이 없이도 사용 가능하도록 설계되었다.

제품 검사 영역 설정 패널은 윈도우의 그림판 프로그램

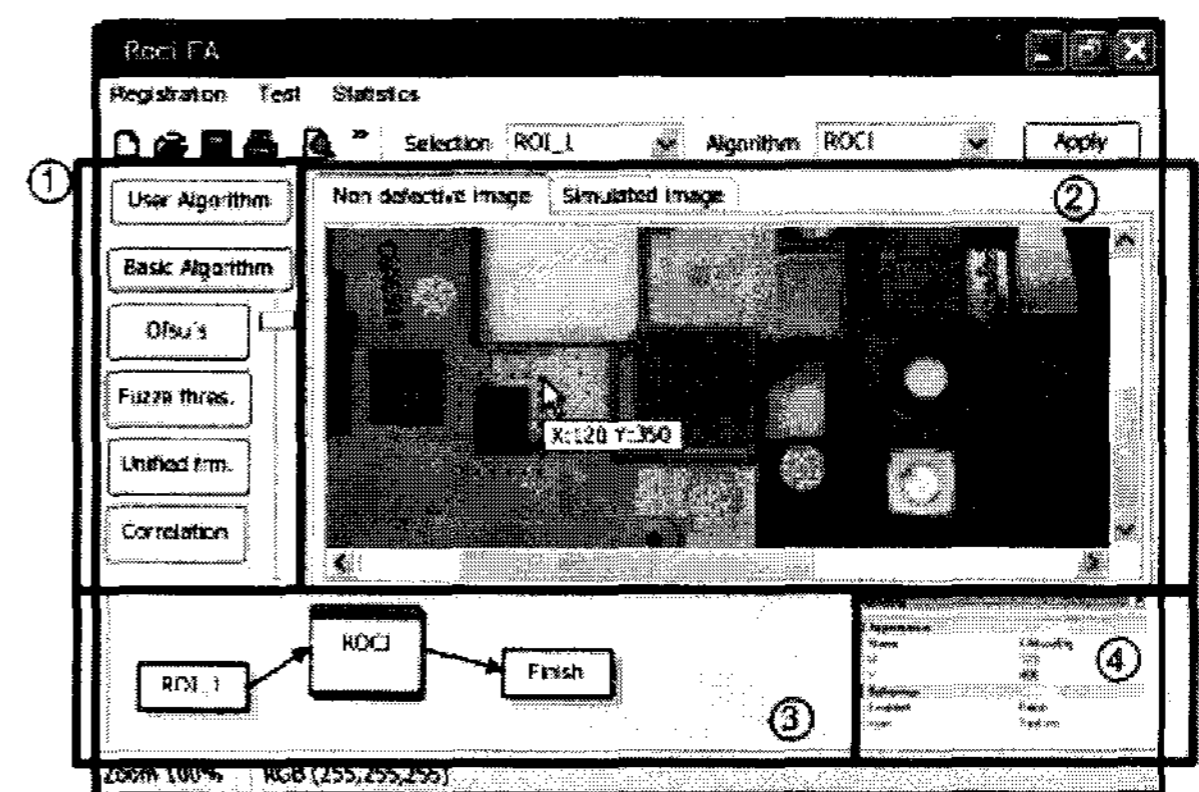


그림 4. 사용자 인터페이스

Fig. 4. User interface of proposed system.

램과 유사한 기능을 하고 있으며, 사용자가 제품의 검사 영역을 설정할 수 있도록 설정 패널 도구를 제공하고 있다.

검사 영역별 알고리즘 적용 패널은 사용자가 검사 영역을 설정할 때마다 하나씩 추가되며, 각 검사 영역별로 다른 영상 처리 알고리즘 적용이 가능하게 해준다. 이 패널을 이용하여 여러 개의 알고리즘을 동시에 적용시키고 알고리즘의 순서를 바꾸어 영상을 비교해보는 시뮬레이션을 할 수 있다.

알고리즘 속성 창은 적용시킬 영상 처리 알고리즘의 정밀도를 조절하기 위한 도구로 영상 처리 옵션을 세부적으로 조절할 수 있게 도와준다.

2. 불량 검사 품목 변경

생산 라인에서 검사 제품이 바뀌었을 경우, 제안된 프로그래밍 환경을 이용하여 제품을 시스템에 등록하면 새로운 제품을 검사할 수 있다. 새로운 제품을 검사하기 위한 등록 과정은 그림 5에서 보는 바와 같다. 정상 제품의 이미지를 제품 검사 영역 설정 패널을 이용하여 검사 영역을 선정하고 각 영역별 영상 처리 알고리즘을 설정한다. 각 영역별 또는 전체 영역에 대해 테스트를 하여 테스트 결과를 통해 사용자 생산 라인에 적용 가능한지 여부를 판단하고 적용이 가능하다면 제품 등록 메뉴를 이용하면 제품이 등록되어 시스템에 반영된다.

3. 영상처리 알고리즘 추가

제안된 시스템에 내장된 알고리즘의 조합으로 불량 검사가 어려울 경우를 대비하여, 영상 처리 프로그래밍이

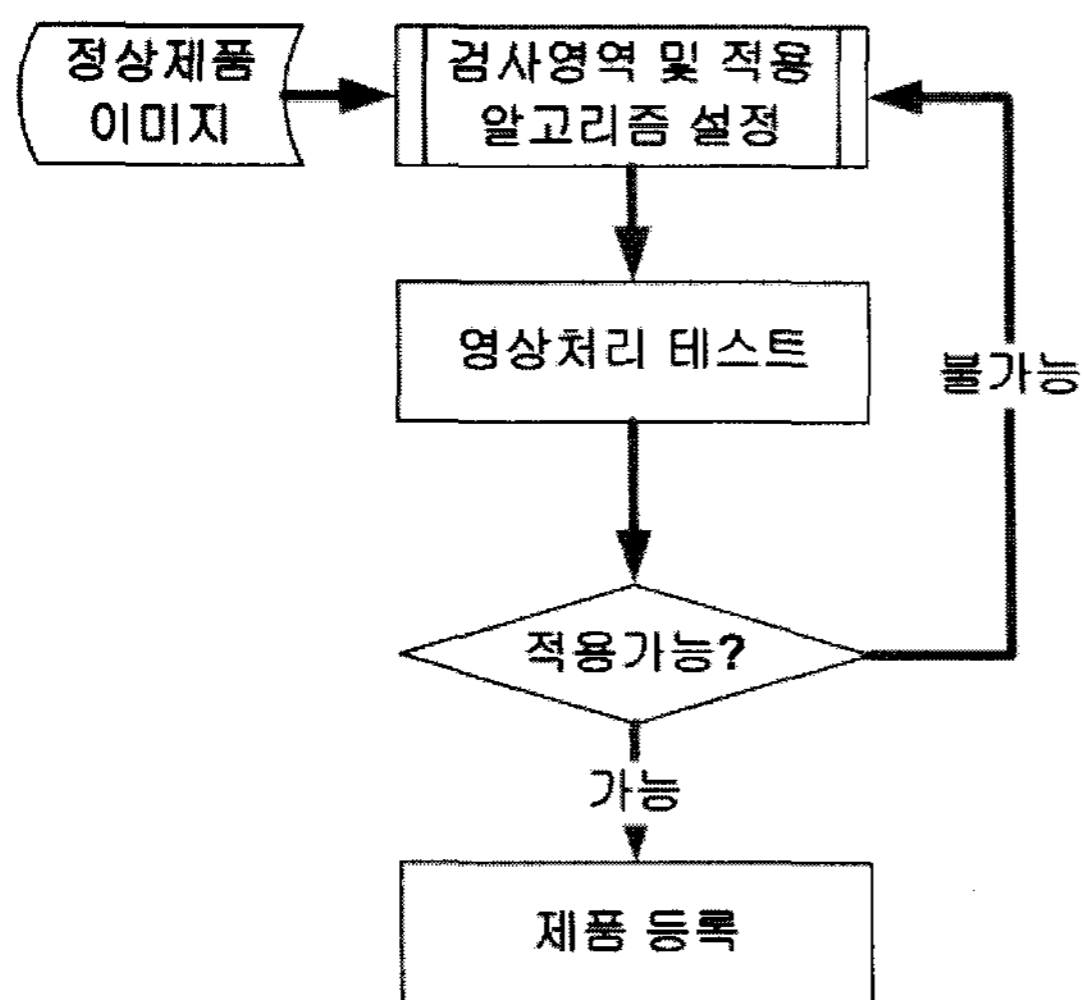


그림 5. 새 제품 검사를 위한 등록 과정
Fig. 5. Procedure for registering a new product inspection.

가능한 사용자에게 의해 알고리즘을 쉽게 추가할 수 있도록 프로그래밍 패턴을 제공하여 시스템의 확장성을 넓혔다.

IV. 영상처리 알고리즘

1. 전처리 과정

검사 알고리즘을 적용하기 전에 시스템에 등록되어 있는 정상 제품의 이미지와 컨베이어 벨트를 통해 임의의 자세로 들어오는 검사 대상 이미지 사이의 자세를 보정하기 위해 전처리 과정을 거친다.

전처리 과정은 그림 6에서 보는 바와 같이 입력된 이미지(a)를 이진화(b)하여 배경과 객체를 분리한 다음 외곽선을 추출(c)을 한다. 외곽선을 추출한 이미지에서 중심점을 찾아 정상 제품의 이미지에 검사 대상 이미지를 일치시킨다(d). 중심점(x_{center}, y_{center})은 식(1), (2)와 같이 외곽선 내부의 화소 좌표의 평균을 이용하였다.

$$x_{center} = \frac{\sum \text{외곽선 내부의 화소의 } x \text{좌표}}{\text{외곽선 내부의 화소의 총 개수}} \quad (1)$$

$$y_{center} = \frac{\sum \text{외곽선 내부의 화소의 } y \text{좌표}}{\text{외곽선 내부의 화소의 총 개수}} \quad (2)$$

이미지를 일치시킨 후 두 이미지 사이의 회전각을 구해 회전각만큼 검사 대상 이미지의 자세를 보정하였다(e). 회전각은 그림 7와 같이 중심점을 기준으로 원을 생성하고 원과 만나는 교점을 잇는 내접 삼각형을 그렸고 식(3), (4)를 이용하여 두 이미지의 보정 각도를 구하였다.

$$\theta_b = \arccos\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3)$$

$$\theta_a = \pi - 2\theta_b \quad (4)$$

2. 임계값 결정법

(1) Otsu의 방법

Otsu의 임계값 결정법은 히스토그램을 임의의 경계값으로써 2개로 나누었을 때, 각 영역 사이의 분산이 최대가 되도록 경계 값을 정하는 기법이다^[8].

그레이 레벨(0~255)로 표현되는 이미지의 히스토그램에서 그레이 레벨 i 번째 해당하는 픽셀의 수를 n_i 이고, n 을 이미지의 전체 픽셀 수라고 할 때 i 번째 그레이 레벨이 발생할 확률은 아래의 식(5)와 같다

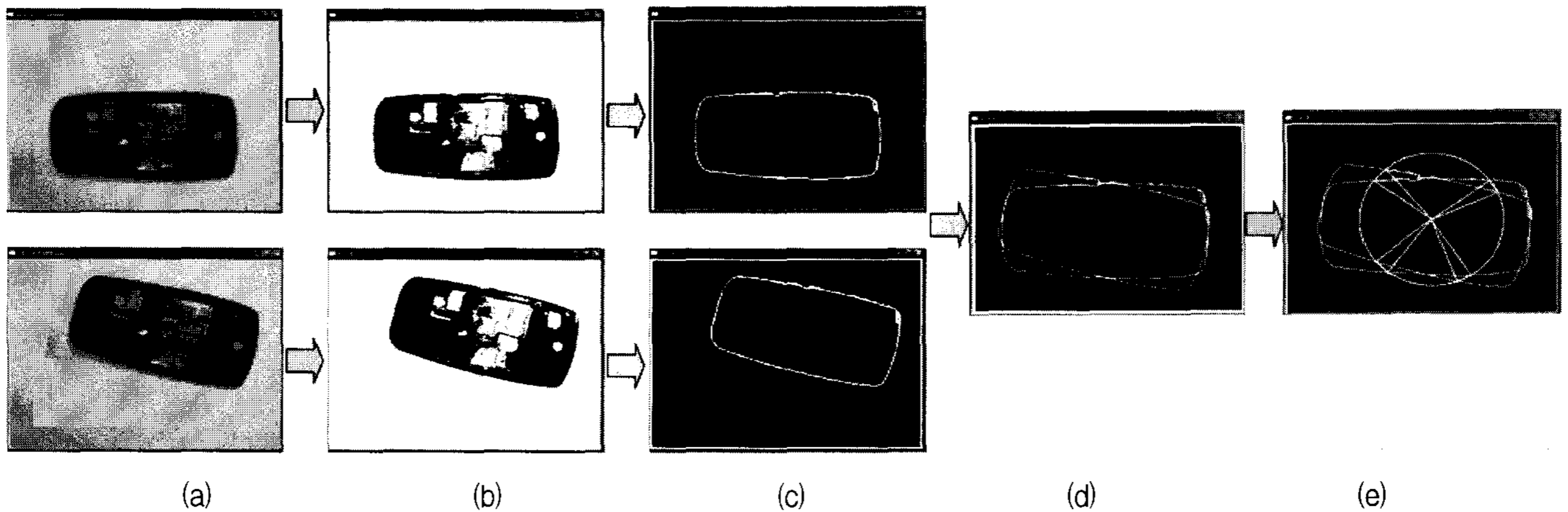


그림 6. 전처리 절차 : (a) 이미지(상단:정상, 하단:검사 대상) 입력, (b) 이진화, (c) 라플라시안 연산자를 이용하여 외곽선 추출, (d) 제품의 중심점을 찾고 중심점을 일치, (e) 정상 제품 이미지와 검사 대상의 회전각을 구하고 구한 각도만큼 회전시켜 전체 이미지를 일치

Fig. 6. Preprocessing procedure : (a) getting a non-defect and defect image though vision camera, (b) converting each image to gray image, (c) finding contour of cellular, (d) aligning center point of two images, (e) finding angle between two images and rotate the defect image by the angle.

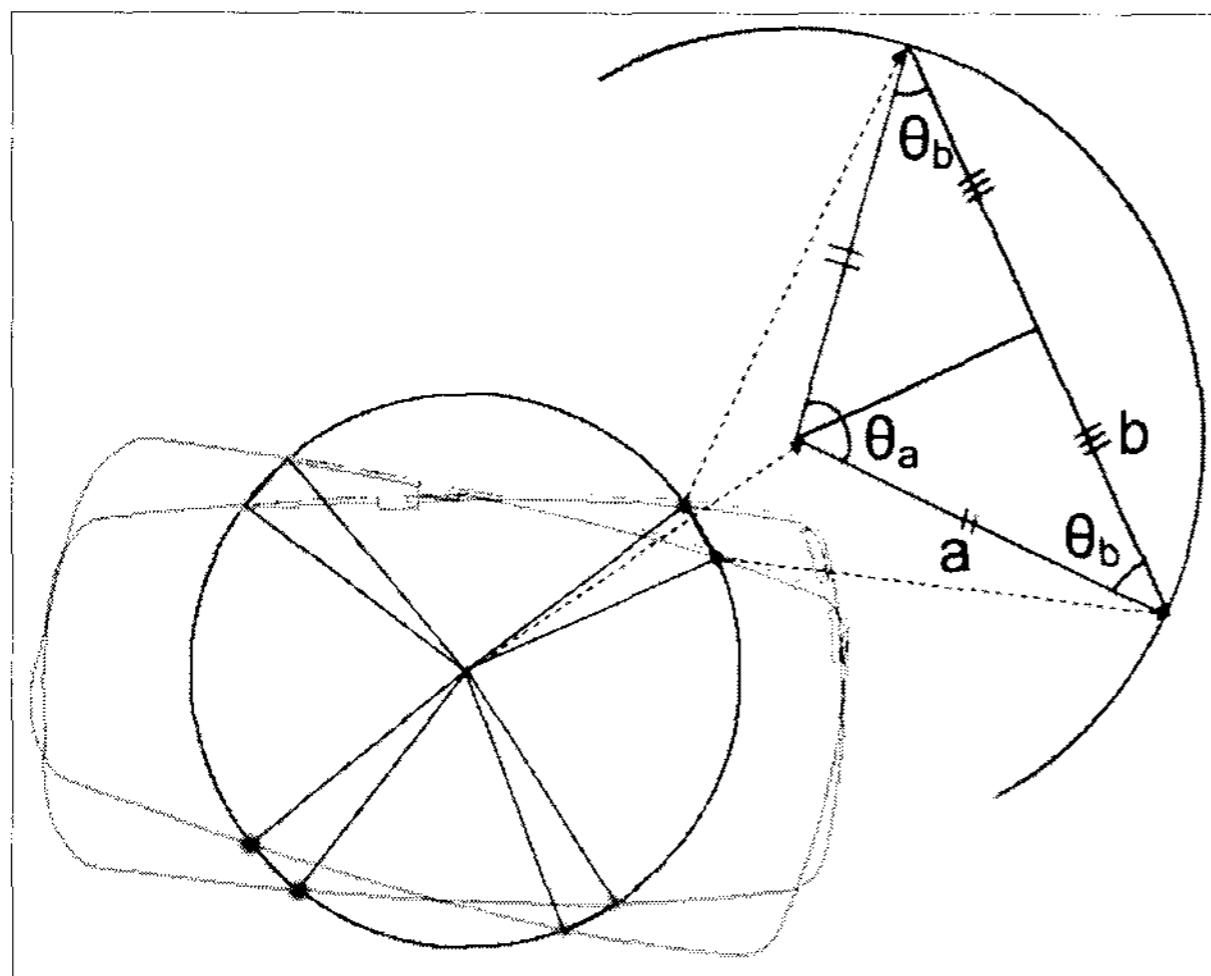


그림 7. 두 이미지의 보정각도
Fig. 7. Angle between two images.

$$p_i = \frac{n_i}{n}, \quad p_i \geq 0, \quad p_i = \sum_{i=0}^{255} \frac{n_i}{n} = 1 \quad (5)$$

임의의 임계값 T를 기준으로 두 개의 영역으로 나누고 각각을 각 영역의 확률을 P_1, P_2 라고 할 때 각 영역의 확률은 식(6), (7)과 같이 구할 수 있다.

$$P_1 = \sum_{i=0}^T p_i \quad (6)$$

$$P_2 = \sum_{i=T+1}^{255} p_i \quad (7)$$

또한 각 영역의 평균 레벨을 T_1, T_2 하고, 전체 이

미지의 평균 레벨을 T_m 이라고 할 때 두 영역 사이의 거리를 나타내는 영역사이의 분산값($\sigma_{between}$)과 각 영역내의 분산값(σ_{within})은 각각 식(8), (9)와 같이 정의된다.

$$\sigma_{between} = P_1 \cdot (T_1 - T_m)^2 + P_2 \cdot (T_2 - T_m)^2 \quad (8)$$

$$\sigma_{within} = P_1 \sigma_1^2 + P_2 \sigma_2^2 \quad (9)$$

여기서, σ_1, σ_2 은 각 영역의 분산을 의미하며 아래의 식(10), (11)과 같이 정의된다.

$$\sigma_1 = \frac{1}{P_1} \sum_{i=0}^T (i - T_1)^2 p_i \quad (10)$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{P_2} \sum_{i=T+1}^{255} (i - T_2)^2 p_i \quad (11)$$

여기서 $\sigma_{between}$ 가 최대이고 σ_{within} 이 최소인 임계값을 정한다.

(2) 제안된 방법

임계값을 결정하는 대부분의 알고리즘들은 특정 이미지에 국한되어 효과가 있었다. 따라서 이러한 알고리즘들을 이용하여 특정 제품에 대한 불량 검사는 할 수 있지만 다양한 제품에 적용하기에는 적합하지 않았다. 본 논문에서는 불량 제품의 샘플 이미지만 있으면 다양한 제품에 적용할 수 있다.

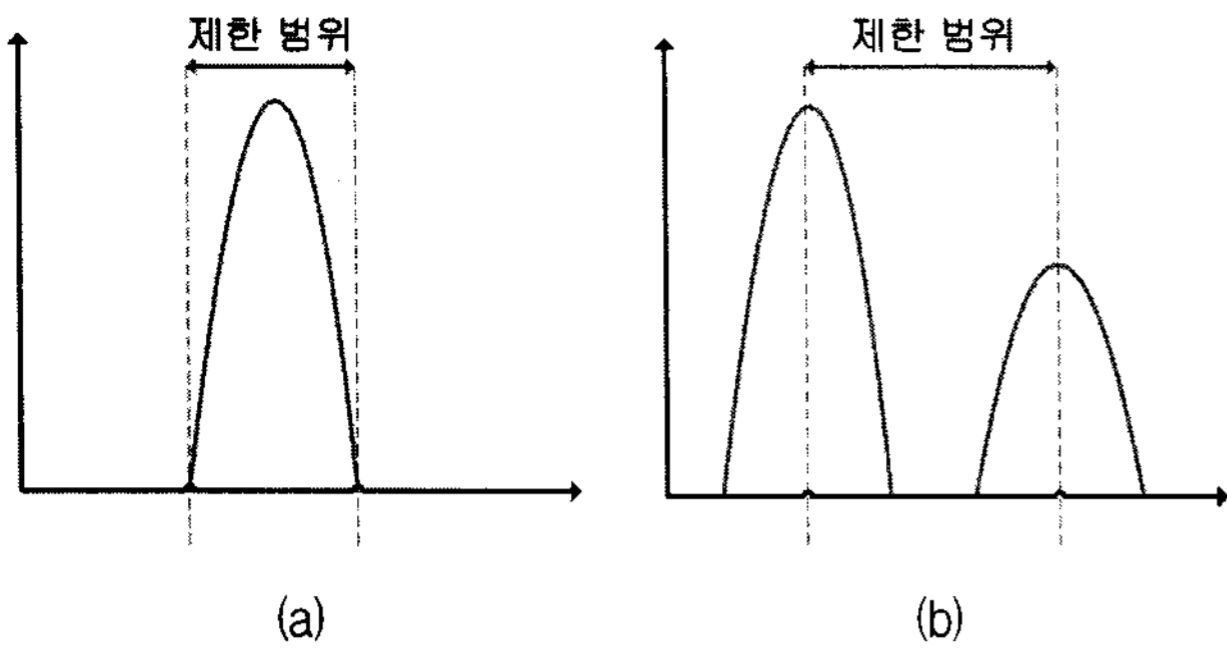


그림 8. 히스토그램 형태에 따른 임계값 제한 범위
Fig. 8. A constraint condition of the threshold value through histogram types.

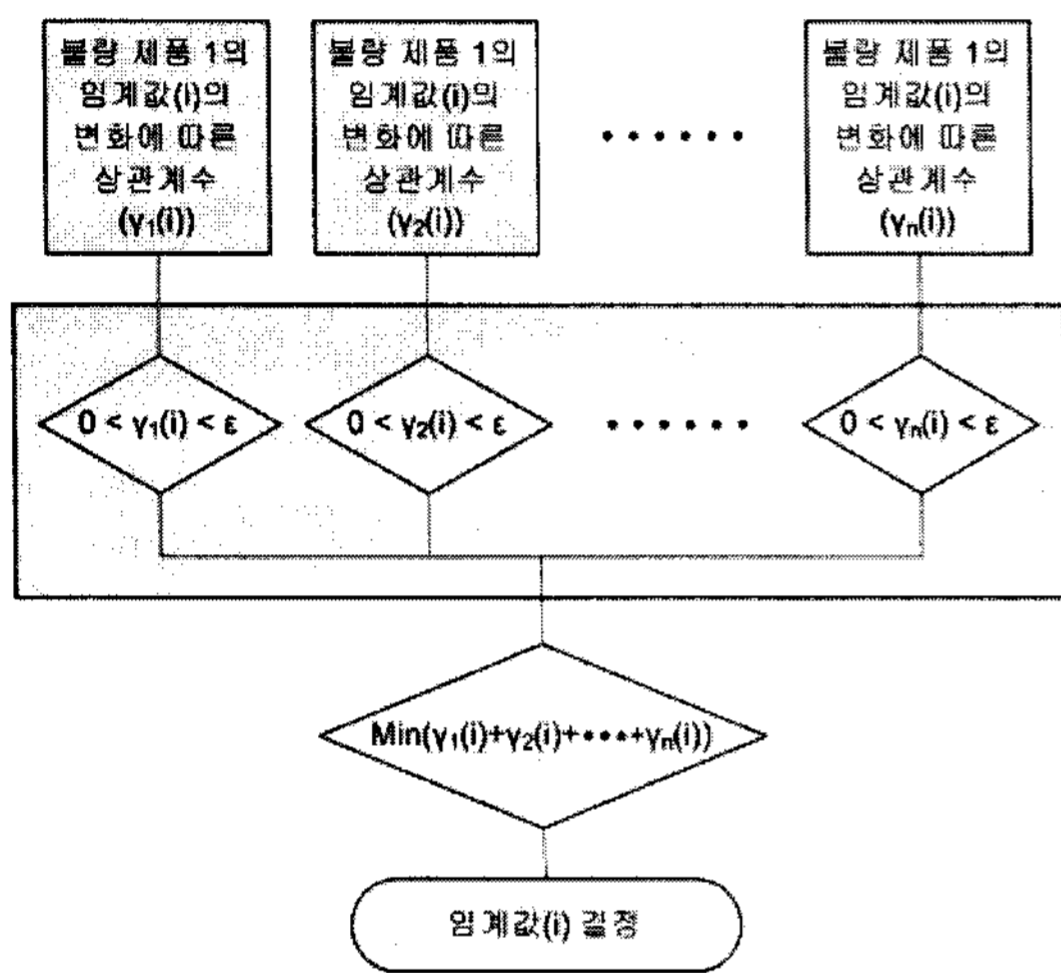


그림 9. 임계값 결정 알고리즘
Fig. 9. Algorithm for finding a proper threshold value.

불량 제품의 샘플 이미지와 정상 제품의 이미지에 대해 그림 8과 같이 히스토그램의 형태에 따라 제한된 범위 내에서 임계값을 변경하면서 상관계수를 구하고 구한 상관계수가 가장 작은 것을 해당 제품의 검사에 사용할 임계값으로 결정한다. 그림 9은 제안된 방법의 알고리즘이다. 그림 9에서 ϵ 은 정상 제품 허용 기준을 의미한다.

3. 상관계수에 의한 불량 검출

상관계수는 두 개의 이미지가 얼마나 유사한지를 나타내는 수치적 척도가 된다^[9]. 따라서 본 논문에서는 검사 대상 이미지와 정상 제품의 이미지 사이의 유사도를 결정하기 위해 상관계수를 사용하였다. 상관계수는 아래 식(12)과 같이 정의된다.

$$\gamma(x, y) = \frac{\sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} \tilde{T}(x', y') \tilde{I}(x+x', y+y')}{\sqrt{\sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} \tilde{T}(x', y')^2 \sum_{y'=0}^{h-1} \sum_{x'=0}^{w-1} \tilde{I}(x+x', y+y')^2}} \quad (12)$$

표 1. 상관계수 파라미터
Table 1. Parameter of correlation coefficient.

\bar{T}	템플릿의 화소의 평균값
\bar{I}	원본 이미지의 화소의 평균값
w	템플릿의 너비
h	템플릿의 높이
x, y	템플릿에서 화소의 위치
x'	$0 \sim w-1$
y'	$0 \sim h-1$

여기서 $\tilde{T}(x', y')$, $\tilde{I}(x+x', y+y')$ 는 아래 식(13), (14)와 같이 정의되고 각 파라미터는 표 1에 설명하였다.

$$\tilde{T}(x', y') = T(x', y') - \bar{T} \quad (13)$$

$$\tilde{I}(x+x', y+y') = I(x+x', y+y') - \bar{I}(x, y) \quad (14)$$

상관계수는 -1~1의 범위를 가지며 상관계수가 0에 가까울수록 이미지사이의 유사도가 낮은 것을 표시하며 |1|에 가까울수록 유사도가 높다는 것을 표시한다.

V. 휴대폰 케이스의 불량검출

1. 실험 개요

이번 장에서는 제안한 검사시스템을 휴대폰 케이스에 대해 적용하였다. 그림 10은 검사를 위한 휴대폰 케이스의 일부이다. 그림 10에서 보는바와 같이 관심영역 (1), (2), (3)을 설정하고 관심영역에 대한 불량을 검사하였다.

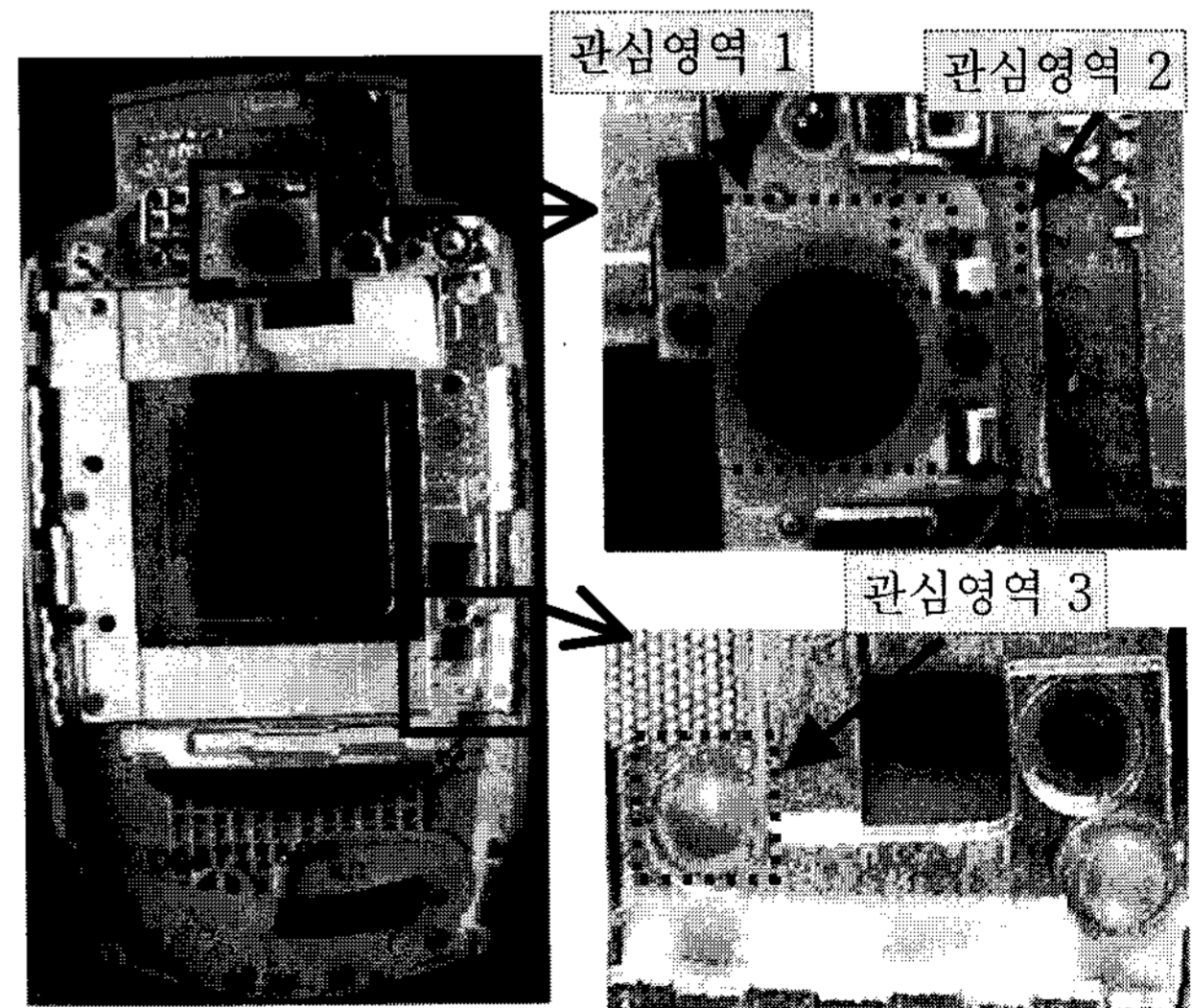


그림 10. 정상 휴대폰 케이스
Fig. 10. Non-defective cellular case.

표 2. 관심영역 1에 대한 실험 결과

Table 2. R result of the region of Interest 1.

Product image	Non-defective product	Defective product sample #1	Defective product sample #2	Defective product #3
Threshold method				
Nothing	1	0.89	0.85	0.86
Otsu's method	1	0.85	0.82	0.86
Proposed method	1	0.48	0.41	0.57

표 3. 관심영역 2에 대한 실험 결과

Table 3. Result of the region of Interest 2.

Product image	Non-defective product	Defective product sample #1	Defective product sample #2	Defective product #3
Threshold method				
Nothing	1	0.60	0.43	0.65
Otsu's method	1	0.56	0.32	0.49
Proposed method	1	0.11	0.07	0.38

표 4. 관심영역 3에 대한 실험 결과

Table 4. Result of the region of Interest 3.

Product image	Non-defective product	Defective product sample #1	Defective product sample #2	Defective product #3
Threshold method				
Nothing	1	0.49	0.56	0.69
Otsu's method	1	0.33	0.25	0.52
Proposed method	1	0.13	0.12	0.42

표 2에서 불량 제품 1과 2의 샘플 이미지를 기준으로 상관계수가 가장 낮은 임계값을 구하고 구한 임계값을 이용하여 불량 제품 3을 검사하였다.

2. 실험 결과

표 2는 관심영역(1)에 대한 결과이고 표 3은 관심영

역(2)에 대한 결과이다. 표 2에서는 임계값이 없는 경우와 Otsu의 방법으로 임계값을 넣은 경우 모두 정상제품과의 유사도가 1에 가깝게 나왔다. 따라서 불량을 판별하기가 힘들다는 것을 알 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 방법으로는 정상 제품과의 유사도가 0에 근접함을 볼 수 있었다. 이 결과를 알 수 있듯이 Otsu의 방법

보다 제품의 불량률 검출에 있어서 유리하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 표 3과 4에서는 표 2와 달리 임계값이 없는 경우와 Otsu의 방법 모두 유사도가 0에 근접하게 나와 불량률 판별할 수는 있지만 본 논문에서 제안한 방법이 더 명확하게 불량률 판별할 수 있음을 확인할 수 있다. 위와 같은 결과가 나온 이유는 Otsu 방법의 경우는 히스토그램의 형태가 두 개의 봉우리일 때만 최적의 임계값을 찾을 수 있기 때문에 표 2의 관심 영역 1과 같이 히스토그램이 봉우리가 세 개일 경우 임계값을 찾는데 한계를 가지고 있다. 따라서 Otsu의 방법은 실제 제품의 이미지처럼 다양한 히스토그램을 갖은 이미지에 적용하기가 쉽지 않다. 따라서 유사한 불량률 제품들을 통해 얻어진 임계값을 활용한 본 논문에서 제안 방법이 히스토그램의 형태에 종속되지 않기 때문에 더 정확하게 불량률 검출 할 수 있었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 손쉽게 다양한 제품의 불량률 검사할 수 있는 사용자 중심의 유연한 검사시스템을 제안하였다. 이를 위해 사용자 인터페이스에 동적 비주얼 프로그래밍 환경을 적용해서 사용자의 편리성을 증가와 영상 처리 알고리즘 적용을 쉽게 할 수 있게 설계하였다. 또한 알고리즘 측면에서는 불량 샘플 이미지를 기반으로 임계값 결정 방법을 제안하였다. 또한 제안된 알고리즘은 Otsu의 방법과 비교를 통하여 타당성을 입증하였다.

제안된 시스템은 핸드폰 케이스 생산 라인에 적용될 예정이며, 산업 현장의 요구 사항을 수용하여 알고리즘 및 사용자 인터페이스 보안을 거쳐 더 다양한 제품에 적용이 가능하도록 확장해나갈 계획이다. 또한 다양한 불량 제품을 수집하여 정상 제품 허용 기준을 마련하는 연구가 필요하다.

감사의 글

본 시스템의 연구비를 지원해 주신 성남FA 시스템에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] Chern-Sheng Lin, Li Wen Lue, "An Image system for fast positioning and accuracy inspection of ball grid array boards,"

Microelectronics and Reliability, Vol 41, No 1, pp. 119-128, January 2001.

- [2] Jiaoyan Ai, Xuefeng Zhu, "Analysis and Detection of Ceramic-Glass Surface Defects Based on Computer Vision," in Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation, Shanghai, China, June 2002.
- [3] Liyong Zhou, Vikram Chalana, Yongmin Kim, "PC-Based Machine Vision System for Real-Time Computer-Aided Potato Inspection," International Journal of Imaging Systems and Technology, Vol 9, Issue 6, pp 423 - 433, December 1998.
- [4] W.A. Perkins, "Computer vision inspection of valve spring assemblies on engine heads," in IJCAI, Vancouver, Canada, pp.1066, August 1981.
- [5] Hung Wing and Robert M. Colomb, "Behaviour sharing in adaptable user interfaces," in Proceedings of OZCHI'96, Wollongong, Australia, pp.197-204, November 1996.
- [6] Dan Vodislav, "A visual programming model for user interface animation" IEEE Symposium on Visual Languages, Capri, Italy, pp.348-355, September 1997.
- [7] Ramzi Guetari, "XML as a dynamic UI and database access customization mean," IEEE International Conference on Publication, Vol: 5, pp.4840- 4845, October 2003.
- [8] Otsu, N., "A threshold selection method from gray-level histograms", IEEE Transactions on Systems Man Cybernet, Vol. 9, pp62 - 66, Mars 1979.
- [9] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing," Addison-Wesley, Reading, MA, 2002

저 자 소 개



조 인 성(정회원)
 2002년 충남대학교 메카트로닉스 공학과 (공학사)
 2005년~현재 충남대학교 메카트로닉스 공학과 석사과정 재학 중
 <주관심분야 : 로봇틱스, 머신비전, 비주얼 프로그래밍>



이 지 홍(정회원)
 1983년 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)
 1994년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 교수.
 <주관심분야 : 로봇틱스, 지능제어, 전자파 차폐, 컴퓨터 기반 신호처리 시스템>



오 상 진(정회원)
 2006년 충남대학교 메카트로닉스 공학과 (공학사)
 2006년~현재 충남대학교 메카트로닉스 공학과 석사과정 재학 중

<주관심분야 : 지능 로봇 시스템의 설계, 협소 공간 탐사로봇, 위치추정 및 경로계획, 영상처리>