

SURF를 이용한 PCB 쇼트-서킷 검출 방법

황대동^{1*}, 신시우¹, 이근수²

¹보성테크(주) 기술연구소, ²한경대학교 컴퓨터웹정보공학과

Method of PCB Short Circuit Detection using SURF

Dae-Dong Hwang^{1*}, Si-Woo Shin¹ and Keun-Soo Lee²

¹Research Center, Bosung Tech.,Inc.

²Department of Computer & Web Information Engineering, Hankyong National University

요 약 본 논문에서는 SURF 알고리즘을 이용하여 PCB에 발생하는 불량 중 한 형태인 쇼트-서킷 불량을 탐지하는 기술을 제안한다. 제안하는 방법의 기본적인 절차는 SURF를 이용하여 샘플 영상과 입력된 영상에서 특징점 추출, 특징점 매칭 및 매칭 결과를 이용한 원근변환 수행, 검사 위치 관심영역 추출, 이진화 및 쇼트-서킷 추출, 결과 검증 순이다. 본 논문에서 제안하는 방식은 수작업으로 진행되는 후 공정의 특징 상, 검사하고자 하는 PCB의 놓여진 위치와 각도가 균일하지 않고 제각각으로 놓여 있는 경우에도 강건하게 쇼트-서킷 불량을 탐지하는 것에 중점을 두고 있다. 이 방법은 PCB가 놓여진 위치와 각도가 다양한 경우에도 불량을 탐지할 수 있음을 보이며, 탐지율 및 탐지시간 관점에서 기존의 수작업으로 검사하는 경우보다 우수함을 실험을 통하여 보인다.

Abstract In this paper, we propose a new short-circuit detecting method which can detect bad short-circuits, one of bad types occurring in PCB(Printed Circuit Board), by using SURF(Speeded-Up Robust Features) algorithm. The basic procedure in the proposed method sequentially consists of extracting features from both sample and inputted images by SURF, performing perspective transform by feature matching and matching results, extracting check areas of interest, binary coding and extracting short-circuits, and verifying results. The proposed method focuses on the robustness which can detect bad short-circuits even though the position and angle of PCB are not uniform and arbitrarily placed. Experimental results show that our method enables to detect bad short-circuits regardless of the location and angle of PCB placed variously and validate that the proposed method outperforms the conventional methods detecting bad short-circuits manually on the aspect of both the detection rate and time.

Key Words : SURF, Short-Circuit, Auto optical inspection, AOI, Perspective Transform, PCB

1. 서론

소형 전자제품을 선호하는 소비자들의 요구가 높아지고 동일한 크기에서 보다 뛰어난 성능을 발휘하도록 전자 제품의 집적도를 높이는 연구/개발이 꾸준히 이루어짐에 따라 전자회로 부품의 소형화, 인쇄회로기판(PCB : Printed Circuit Board)의 집적도는 나날이 높아지고 있다.

이에 따라 인쇄회로기판에 부품을 자동 장착하는 SMT(Surface mounting technology)와 해당 공정의 AOI(Auto optical inspection:자동검사장비)의 기술 개발 역시 지속적으로 이루어지고 있다. 하지만 아직까지도 SMT 장비를 이용하여 회로기판에 부착하기 어려운 부품들은 SMT 공정 이후(이하 후공정) 작업자가 수작업으로 직접 부품을 부착하고 검사하는 과정을 거친다. 하지만

본 논문은 보성테크(주) 의 지원을 받아 수행된 연구임.

*Corresponding Author : Dae-Dong Hwang

Tel: +82-10-5487-5525 email: chabert1@nate.com

접수일 12년 08월 17일

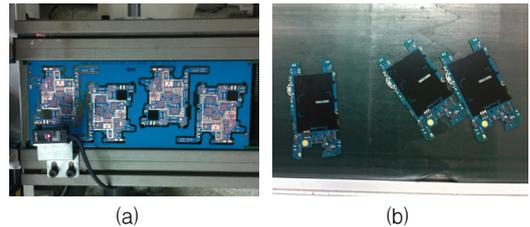
수정일 12년 09월 18일

계재확정일 12년 11월 08일

부품의 소형화, PCB의 집적도 상승은 곧 작업자의 집중력 저하, 피로 가중 등의 문제를 발생시킬 수 있으며, 경력/개인차에 따라 품질이 크게 달라질 수 있다. 이는 결과적으로 생산품의 전체적인 품질 저하를 가져온다. 작업자가 부품을 수작업으로 부착하는 조립 공정은 자동화 장비를 개발하기 전까지는 작업자의 개인 기량과 경력에 의지할 수밖에 없으나, 이들이 조립한 제품의 검사는 충분히 자동화 과정을 수행할 수 있을 것이라 판단되며, 만약 80~90% 이상 자동화가 가능하다면, 품질의 향상은 물론이고 인건비 절감, 생산속도 증가 등의 부가적인 이득도 얻을 수 있다.

하지만 SMT 공정에 비해 후공정의 자동 검사는 수많은 제약이 따른다. 첫 번째 문제는 사람이 직접 수작업으로 부품을 조립하기 때문에 컨베이어벨트를 통해 이동하는 제품의 위치를 정형화 하기 어렵다는 것이다. 자동으로 진행되는 SMT 공정의 경우에는 실장 시 약간의 틀어짐도 불량에 영향을 미치지 때문에 [그림 1-a]와 같이 컨베이어벨트에 단단히 고정되어 정형화 된 형태를 띄고 있다. 이렇게 정형화가 잘 되어 있는 경우에는, 검사가 필요한 위치를 분명하게 파악할 수 있으며, 매우 정밀한 불량 검사까지도 자동으로 수행 가능하다. 하지만 후공정은 [그림 1-b]와 같이 작업자가 직접 손으로 집어 조립을 수행하고 다시 내려놓는 구조이기 때문에 그 위치나 회전각도가 모두 제각각이며, 일반적인 SMT 공정의 AOI를 이용하여 검사하는 것이 불가능하다. 물론 컨베이어벨트에 가이드라인을 그리거나 제품 고정 틀 등을 설치하여 작업자에게 정형화 하도록 요구할 수는 있지만, 작업자의 피로도를 증가시킬 수 있으며, 완벽하게 정형화 된다는 보장도 없다. 그래서 회전된 PCB에 대해서도 강건하게 불량을 검사하는 시스템의 연구가 선행되어야 한다. S. Mashohor, J. R. Evans, A. T. Erdogan[1]은 유전자 알고리즘을 기반으로 한 검사 시스템을 제안하였다. 하지만 이 방법은 소벨 에지를 특징으로 사용하여 에지가 많이 검출되는 PCB의 특징 상, 통상적으로 우수한 검출율을 보이지만, PCB의 에지 검출 여부에 따라 검출률이 달라질 수 있으며 PCB 회로도의 에지가 주로 곡선으로 나타난 경우 기대 이하의 검출율을 보였다. 따라서 본 논문에서는 환경변화에 불변하는 특징점을 찾는 알고리즘 중, 우수한 성능으로 잘 알려진 SIFT[2]에 견줄만한 성능을 보이면서도 속도를 크게 개선한 알고리즘인 SURF(Speeded-Up Robust Features)[3] 알고리즘을 사용하여 정형화 영상과 입력 영상을 매칭하여 입력영상을 정형화 시킨 후, 쇼트-서킷(서로 떨어져 있어야 하는 회로가 땀납(Solder)의 점성에 의해 서로 엉겨 붙어 합선되는 불량 현상)의 유무를 검사하는 방법을 제안한다.

제안하는 방법의 기본적인 절차는 제각각으로 놓여진 부품의 영상을 촬영한 후, SURF 알고리즘을 이용하여 각각 특징을 찾고, 유사한 특징을 1:1 매칭한 후, 원근 변환을 이용하여 영상을 정형화 하고, 정형화 된 영상에서 불량량이 존재할 수 있는 후보영역에 대해 쇼트-서킷 유무를 측정하여 최종적으로 쇼트-서킷 불량을 탐지한다.



[그림 1] SMT 공정(a)과 후공정(b)의 제품 이동의 예
[Fig. 1] Example of SMT(a) and after process(b) on Conveyor belt

2. SURF를 이용한 특징점 추출 및 대조

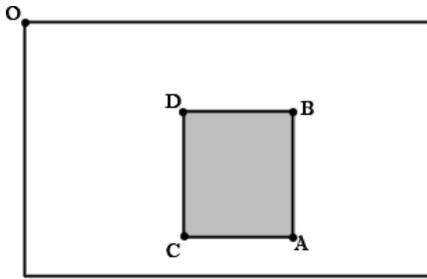
2.1 적분 영상 생성

본 논문에서는 H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars 와 L.V. Gool[3]가 제안한 고속 특징 추출 방법인 SURF를 사용하여 PCB 영상에서 특징을 추출한다. SURF는 근사화된 헤이시안 행렬식의 회선을 통해 특징 점을 추출하는 알고리즘이다. 헤이시안 행렬식의 회선을 수행하기 전에 우선 P. A. Viola와 M. J. Jones가 제안한 적분 영상[4]을 생성한다. 적분 영상은 영상의 원점으로부터 각 픽셀의 위치까지 영역의 모든 픽셀 값들을 더한 값으로 적분 영상 값 $I(x, y)$ 는 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$I(x, y) = \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y X(i, j) \quad (1)$$

여기서 $X(i, j)$ 는 원본영상의 픽셀 값을 의미한다. 생성된 적분 영상을 이용하면 [그림 2]와 같이 4개의 픽셀 값만을 이용하여 쉽게 특정 사각 영역의 적분값을 산출할 수 있다.

이를 이용하면 특정 영역의 특징값을 산출하기 위해서 사각형 내의 모든 픽셀값을 매번 더해야 하는 반복적인 연산 과정을 생략할 수 있다. 본 과정에서 산출한 적분 영상은 헤이시안 검출기에서 사용되어진다.



$$\Sigma=A-B-C+D$$

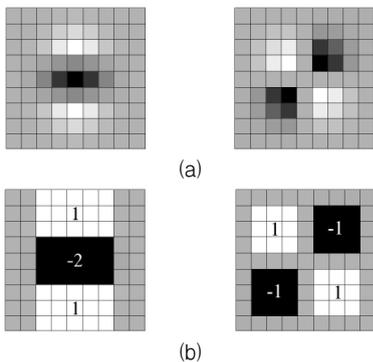
[그림 2] 특정 사각 영역의 적분값 산출
[Fig. 2] Calculate the sum of intensities inside a rectangular region.

2.2 가우시안 2차 미분 필터 생성

K. Mikolajczyk와 C. Schmid[5]가 제안한 헤이시안 검출기는 헤이시안 행렬식의 회전을 이용하여 특징점을 찾는 알고리즘으로, 식 (2)에 정의된 헤이시안 행렬식에 기반을 둔다.

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{yx}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (2)$$

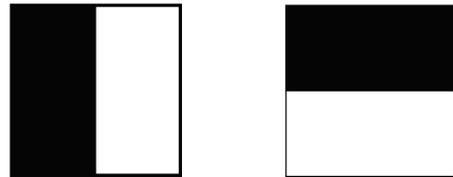
여기서 $L_{xx}(x, \sigma), L_{xy}(x, \sigma), L_{yx}(x, \sigma), L_{yy}(x, \sigma)$ 는 각각 특징을 구하고자 하는 영상의 위치 x 와, σ 분산값을 갖는 가우시안의 x, xy, yx, y 방향 2차 미분값인 $\frac{\delta^2}{\delta x^2}g(\sigma), \frac{\delta^2}{\delta xy}g(\sigma), \frac{\delta^2}{\delta yx}g(\sigma), \frac{\delta^2}{\delta y^2}g(\sigma)$ 의 회전 결과값을 의미한다. 하지만 본 방법은 근사화된 헤이시안 검출기를 사용한다. 근사화된 헤이시안 검출기는 그림 [그림 3-a]과 같은 형태를 띠는 미분 필터를 사용하는 대신, [그림 3-b]와 같은 근사화된 사각 필터를 사용한다.



[그림 3] 가우시안 2차 미분 필터(a)와 근사화된 사각 필터(b)
[Fig. 3] Gaussian second order partial filter(a) and approximation for the second order Gaussian partial filter(b)

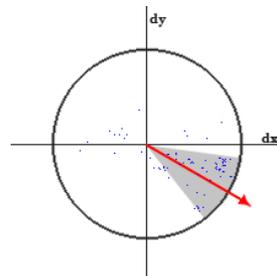
2.3 특징점 생성

영상 또는 찾고자 하는 객체의 크기에 불변하지 않는 특징을 얻기 위해서 영상의 크기를 변경하지 않고 근사화된 사각 필터의 크기를 변화시켜 특징을 추출한다. 이때 식 (1)을 이용해 얻은 적분 영상을 본 필터와 회전하면 4개의 픽셀값만 이용하여 고속으로 특징점을 찾을 수 있다. H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars와 L.V. Gool[3]은 필터의 기본 크기를 9×9로, 분산값을 $\sigma = 1.2$ 로 사용하였으며 본 논문에서도 동일하게 적용하였다. 이렇게 생성한 특징점들이 회전에 불변하는 특성을 갖게 하기 위해서 특징점을 중심으로 하는 주변영역 6s 반경 내의 픽셀들에 대해 Haar 웨이블릿 필터[그림 4]를 이용하여 가로 방향의 웨이블릿 특징(dx)와 세로 방향의 웨이블릿 특징(dy)을 계산한다. 여기서 $s = 1.2$ 를 사용하였으며, 이는 가우시안 분산값 $\sigma = 1.2$ 를 참고하였다.



[그림 4] x, y축 방향의 Haar 웨이블릿 필터
[Fig. 4] Haar wavelet filters in x and y direction.

계산된 dx와 dy의 합에 의해 특정 방향을 가리키는 합벡터를 산출하고, $\pi/3$ 각도 영역에서 합벡터가 가장 많이 존재하는 영역의 중심 각도를 특징점의 주방향으로 정한다. 이를 그림으로 표현하면 [그림 5]와 같다. 그림에서 각각의 파란색 점은 합 벡터를 의미하고, 회색 영역은, $\pi/3$ 각도 영역, 붉은색 화살표는 특징점의 주방향을 의미한다.



[그림 5] 특징점의 방향 산출
[Fig. 5] Calculate the direction of features

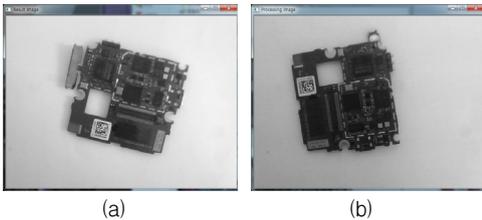
주 방향이 결정된 특징점을 중심으로 크기 정보 s를

이용하여 20s 크기인 20×20 부분영역을 구성한다. 이 부분영역을 다시 4×4의 소영역으로 나누고 가로, 세로 방향의 Haar 웨이블릿으로 계산하면 총 16개의 소영역에서 $v = (\sum d_x, \sum d_y, \sum |d_x|, \sum |d_y|)$ 로 구성된 4개의 특징 벡터를 갖는 행렬이 산출된다.

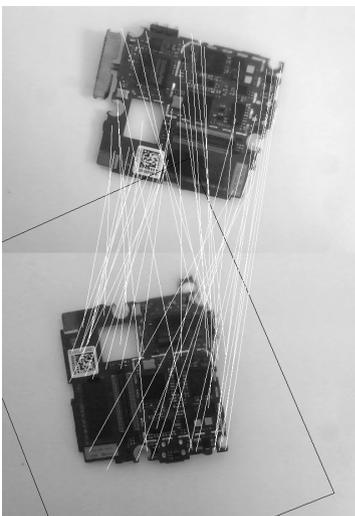
3. 특징점 매칭 및 원근 변환 수행

3.1 특징점 매칭 및 잡음 제거

정형화를 위한 샘플 영상과 카메라에서 입력받은 영상 [그림 6]에 위에서 설명한 SURF를 이용하여 특징을 각각 추출하고, 샘플 영상의 4개의 특징 벡터를 입력 영상에서 검출한 각 특징의 특징 벡터와 1:1 비교하여 가장 유사한 특징끼리 매칭을 수행한다.



[그림 6] 샘플 영상(a)과 입력 영상(b)의 예
[Fig. 6] Example of the sample(a) and input image(b)



[그림 7] 특징점 매칭 결과
[Fig. 7] Result of the feature matching

이 때, 전혀 유사하지 않은 특징 벡터끼리 매칭 될 수 있기 때문에 가중치를 두어 유사도가 일정 수치 이하일 경우 가장 유사한 특징일 경우라도 매칭시키지 않는다. 본 논문에서는 유사도가 80%를 넘지 않을 경우 매칭을 포기하였다. [그림 7]은 샘플 영상과 입력 영상 간에 매칭된 특징들을 보여준다. 매칭 결과를 이용하여 원근 변환을 수행하기에 앞서, 샘플 영상 및 입력 영상 상태에 따라 조금씩 차이는 있지만 유사한 특징이나 명암차, 주변 환경 문제 등으로 인하여 영상간 매칭에 실패하는 경우가 발생한다. 매칭 실패한 특징을 이용하여 원근 변환을 수행할 경우, 예측하지 못한 결과가 나타날 수 있기 때문에 제거하는 과정을 수행한다.

카메라의 초점거리가 고정되어 있고, 촬영하고자 하는 객체가 해당 초점거리를 벗어나지 않는다면 각각의 특징점의 위치는 모두 다르게 나타나겠지만, 객체의 특정한 점에서 각 특징점간의 거리는 변하지 않으므로 본 논문에서는 기준점을 마련한 후, 해당 기준점과 각 특징점간의 거리를 측정하여 유사도를 산출한다. 산출식은 식 (3)과 같다.

$$S_i = \left| \frac{\sqrt{(P'(x) - P_i(x))^2 + (P'(y) - P_i(y))^2}}{\sqrt{(Q'(x) - Q_i(x))^2 + (Q'(y) - Q_i(y))^2}} \right| \quad (3)$$

P' 은 샘플 영상, Q' 은 입력 영상의 기준점을 의미하며, P_i 는 샘플 영상의 1번째 특징점, Q_i 는 입력 영상의 1번째 특징점을 의미한다. 기준점은 매칭된 특징점 가운데 가장 유사도가 높은 점 I 를 사용한다. 단 이 방법은 유사도가 가장 높은 1개의 특징은 매칭이 100% 정확하다는 전제하에 사용할 수 있는 방법이므로, 흰 배경과 같이 특징으로 사용되기 어려운 영역이 특징으로 선정된 경우에는 유사도가 가장 높더라도 매칭 결과가 기대 이하인 경우가 많기 때문에 잡음 제거에 사용할 수 없다. 따라서 유사도가 가장 높은 특징점 n 개를 추출 후, 샘플 영상과 입력 영상 각각에 대해 가장 유사도가 높은 점 I_1 으로 다른 특징점들과의 거리를 산출한 후, 거리를 1:1로 비교한다. 이 과정을 통해 샘플 영상과 입력 영상간의 거리 비교값 평균이 일정 이상 차이가 날 경우 해당 특징점 I_1 은 기준점에서 제외되고 그 다음으로 유사도가 높은 점 I_2 를 기준점 후보로 사용한다. 본 논문에서는 최대 3개의 특징점을 기준점 후보로 사용하였으며, 거리 비교값 평균이 15% 이상 차이가 날 경우 해당 특징점을 기준점 후보에서 제외하였다.

기준점을 추출하여 산출한 유사도 S 가 오차범위 ± (영상 x축 해상도 / 30.0) 안에 포함되면 동일한 점인 것

으로 판단한다. 오차범위는 50회의 테스트 결과 내용을 누적하여 산출한 값을 간략화 한 것으로 실험 환경에 따라 변동될 수 있다.

3.2 원근 변환

매칭된 특징점 간의 관계를 이용하여 입력 영상을 샘플 영상과 동일하게 변환하는 작업을 수행하여야 하는데 이 때 필요한 것이 바로 원근 변환 행렬이다. 원근 변환 행렬의 기본 식은 식 (4)와 같다.

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

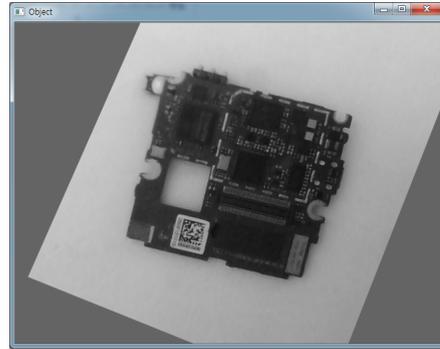
x 와 y 는 입력 영상에서의 특징점 좌표를 의미하며, x' 와 y' 는 입력 영상의 특징과 매칭된 샘플 영상의 특징점 좌표를 의미한다. $a \sim h$ 와 1로 이루어진 3×3 행렬이 바로 원근 변환 행렬이며 입력 영상의 특징점 좌표를 샘플 영상의 특징점 좌표로 변환하기 위한 정보를 포함하고 있다. 원근 변환 행렬을 산출하기 위해서 식 (4)를 변환하면 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} x' &= ax + by + c - gxx' - hxy' \\ y' &= dx + ey + f - gxy' - hyy' \end{aligned} \quad (5)$$

원근 변환 행렬을 구하기 위해서는 $a \sim h$ 의 8개 값을 산출하여야 하며, 입력 영상의 특징점 x, y 와 이에 대응하는 샘플 영상의 특징점 x', y' 쌍을 4개 이상 알 경우 원근 변환 행렬을 식 (6)을 이용하여 산출 할 수 있다.

식 (6)을 이용하여 산출한 원근 변환 행렬을 입력 영상의 각 픽셀값에 대입하면 [그림 8]과 같이 샘플영상과 동일한 각도 및 위치로 변환할 수 있다. 변환 시 픽셀값이 존재하지 않는 일부 영역이 발생할 수 있으며, 이는 B-스플라인 보간법을 이용하여 보간하였다.

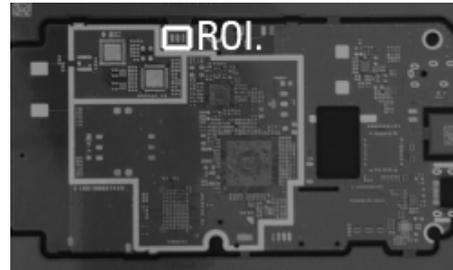
$$\begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ x_2' \\ y_2' \\ x_3' \\ y_3' \\ x_4' \\ y_4' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x_1x_1' & -x_1'y_1' \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1y_1' & -y_1'y_1' \\ x_2 & x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2x_2' & -x_2'y_2' \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & x_2 & y_2 & 1 & -x_2y_2' & -y_2'y_2' \\ x_3 & x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3x_3' & -x_3'y_3' \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & x_3 & y_3 & 1 & -x_3y_3' & -y_3'y_3' \\ x_4 & x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4x_4' & -x_4'y_4' \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & x_4 & y_4 & 1 & -x_4y_4' & -y_4'y_4' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} \quad (6)$$



[그림 8] 변환된 입력 영상
[Fig. 8] Transformed input image

4. 쇼트-서킷 검출

본 논문에서는 샘플 영상에 쇼트-서킷이 발생할 수 있는 지점에 마우스를 이용한 인터페이스를 제공하여 [그림 9]와 같이 사각형의 관심 영역을 지정하도록 설계하였다.

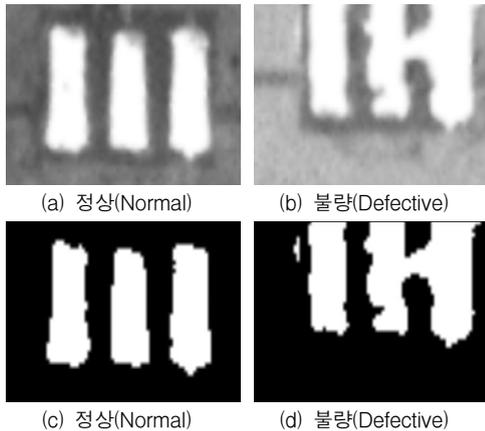


[그림 9] 관심 영역 설정의 예
[Fig. 9] Example of the ROI setting

이후 원근 변환 과정을 거친 입력 영상에서 샘플 영상에 설정한 위치와 동일한 영역을 추출한 후 해당 위치에서 쇼트-서킷이 발생하였는지 검사하는 과정을 수행한다. 쇼트-서킷이란 서로 떨어져 있어야 하는 회로가 부품의 접착을 위해 도포하는 땀납의 점성에 의해 서로 엉겨 붙어 합선되는 불량 현상으로 본 논문에서는 레이블링을 이용하여 땀납의 개수를 확인하는 방법을 통해 불량 유무를 확인한다.

레이블링을 수행하기 위해서는 영상에서 땀납 도포 부분과 도포되지 않은 부분을 이진화 하는 과정이 선행된다. 일반적으로 땀납은 다른 부분에 비해 반사도가 높아 카메라로 촬영 시 명암이 높게 나타난다는 특성이 있다. 따라서 카메라 옆에 LED램프를 설치하고 수직으로 빛을 쬐어 반사되는 빛의 양을 최대한 늘린 후 촬영한다. [그림 10]은 각각 불량과 양품의 관심영역 촬영 영상 및 이

진화 영상이다. [그림 10-c]와 [그림 10-d]는 각각 양품과 불량 영상을 이진화 한 것이다. 양품의 경우에는 3개의 땀납 도포 영역 모두 올바르게 도포되었기 때문에 객체가 3개로 나왔으나, 불량 경우에는 땀납이 엉겨붙어 객체가 2개로 나타난 것을 확인할 수 있다.



[그림 10] 관심 영역 영상(a, b) 및 이진 영상(c, d)
[Fig. 10] input(a, b) and binary images(c, d) of ROI

5. 실험 및 결과

5.1 실험 방법

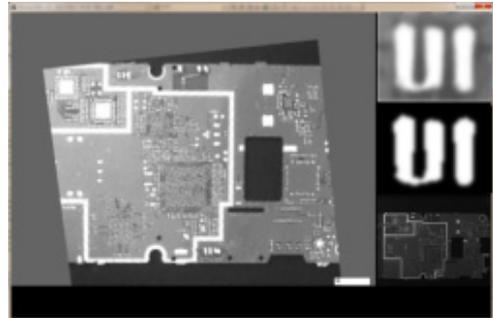
본 실험에 사용한 컴퓨터는 Intel Pentium Dual-Core CPU 2.70GHz, 2.71GHz CPU와 4GB RAM을 사용하였으며, 그래픽카드는 Nvidia GeForce 8600, 운영체제는 Windows 7, 사용언어는 C#을 사용하였다. 카메라는 Point Grey 사의 FFMV-03M2M와 Microsoft LifeCam VX-3000 Webcam 두 개를 혼용하여 테스트를 수행하였다.

입력받은 영상은 VGA 해상도(640×480)의 그레이스케일 영상을 사용하였으며, 실험에 사용된 영상은 불량품 27개를 서로 다른 위치와 각도로 놓고 촬영한 100장의 영상 및 동일한 방법으로 촬영한 양품 영상 50개를 사용하였다. 모델은 휴대폰을 구성하는 메인 PCB 3종을 사용하였으며 영상의 개수와 구성은 [표 1]과 같다.

[표 1] 실험에 사용한 PCB 모델 및 영상 개수
[Table 1] number of image and PCB model names

모델명	불량품	양품	합계
LS696	30개	15개	29개
E739	32개	15개	27개
P990	38개	20개	41개

영상 촬영 방법은 PCB에 휴대폰용 카메라를 조립하는 후공정 라인에서 삼각대와 아크릴판을 이용하여 제작한 간이 암실을 이용하여 5프레임 간격으로 촬영하였다.



[그림 11] 테스트 프로그램의 모습
[Fig. 11] Screenshot of the test program

5.2 실험 결과

아래 [표 2]는 실험 결과를 보여준다.

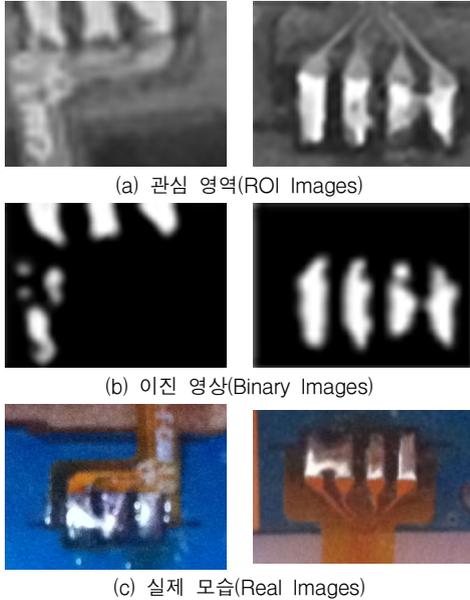
[표 2] 실험 결과
[Table 2] Result

모델명	검출율	오검출율
전체	92.00%	4.00%
LS696	93.33%	0.00%
E739	96.87%	0.00%
P990	86.84%	10.00%

검출율은 불량품 영상에서 불량을 찾은 비율을 의미하며, 오검출율은 양품 영상을 불량품으로 오검출한 비율을 의미한다. [표 2]를 보면 일반적으로 90%를 넘는 검출율을 보이지만 특정 모델에서 타 모델에 비해 저조한 검출율을 보였다. 이는 해당 모델의 땀납 도포위치의 범위가 좁고, 촬영 영상의 해상도가 너무 낮아 영상의 이진화가 완벽하게 되지 않아 검출율이 낮게 나온 경우이다. 다른 두 모델에서는 대부분 쇼트-서킷 불량을 검출하였지만, 원근변환을 이용한 정형화 시 특징값의 위치가 특징점 생성 과정 중에 일부 틀어져서 [그림 12]의 왼쪽 영상과 같이 쇼트-서킷이 발생한 영역이 관심 영역에 포함되지 않아 검출되지 않는 현상이 발생하였다. 그밖에 [그림 12]의 오른쪽 영상과 같이 조명 등 주변 환경과 기타 부품들로 인하여 이진화가 제대로 이루어지지 않아 미/오 탐지 하는 경우도 발생하였다.

검사 속도는 모델 타입에 따라 각각 다르게 나왔지만 평균적으로 0.21초가 소요되었으며 가장 느린 연산 시간

도 0.4초를 넘지 않았다. 영상의 해상도가 XVGA(1024×768) 해상도 이하일 경우 충분히 실시간 처리가 가능할 것으로 판단된다.



[그림 12] 미탐지 영상의 예
[Fig. 12] Example of the true negative images

6. 결론 및 향후 연구

본 방법은 기존의 불량 검사 시스템의 단점인 자유롭게 위치하거나 회전된 PCB 영상에서 불량을 검출하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 전 공정이 수작업으로 진행되는 후공정과 같은 기존의 불량 검사 시스템이 적용되기 어려운 부분에서도 불량 검출을 자동화 할 수 있다는 장점이 있어 SMT 공정을 제외한 여러 공정에서 유용하게 쓰일 수 있는 방법이다. 하지만 SURF 알고리즘으로 찾는 특징이 강건하지 못할 경우 원근 변환이 제대로 이루어지지 않아 관심 영역을 제대로 찾지 못하거나, 특징 매칭이 이루어졌더라도, 매칭 실패율이 높을 경우 영상의 일부가 다소 틀어져, 관심 영역의 일부를 벗어나는 경우가 발생하였다. 특히 관심 영역이 틀어졌을 경우, 관심 영역의 일부를 벗어난 부분에서 쇼트-서킷이 발생한 경우에도 양품으로 인식하는 문제가 오탐지 결과의 상당수를 차지하였다.

뿐만 아니라 기존의 SMT 자동검사장비는 고정된 PCB에 적용되기 때문에 로봇팔을 이용하여 PCB의 여러

부분을 나누어 촬영할 수 있으며, 카메라의 해상도가 낮은 경우에도 상당히 정밀하게 불량 유무를 측정할 수 있지만, 본 방법은 SURF를 적용하기 위해서 하나의 카메라로 PCB의 전체적인 부분을 촬영하기 때문에 고해상도 카메라가 필요할 뿐만 아니라, 1mm~2mm 이하의 소형 부품의 경우에는 불량 유무를 탐지할 수 없으며, 전체 영상에서도 육안으로 확인할 수 있는 쇼트-서킷 불량과 같은 일부 불량만 탐지할 수 있었다.

그럼에도 불구하고 본 방법은 수작업으로 진행되는 공정 중간에서 불량을 빠르게 탐지할 수 있다는 장점이 있기 때문에 SURF가 아닌 다른 특징 추출 알고리즘을 적용하거나 SURF 알고리즘을 개선하여 영상을 보다 정확하게 원근 변환하는 방법을 지속적으로 연구하고, 고해상도 카메라의 사용 또는 여러 카메라를 이용하여 분할 촬영하는 방법 등을 적용하여 쇼트-서킷 이외의 보다 정밀한 촬영을 요하는 불량 검출을 탐지하는 연구를 지속한다면 좋은 결과가 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] S. Mashohor, J. R. Evans and A. T. Erdogan, "Automatic Hybrid Genetic Algorithm Based Printed Circuit Board Inspection", In First NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems(AHS 2006). 2006.
- [2] D. G. Lowe, "Object Recognition from Local Scale-Invariant Features", In International Conference on Computer Vision, pp. 1150-1157, 1999.
- [3] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars and L.V. Gool "Speeded-Up Robust Features(SURF)", Computer Vision and Image Understanding 110(3):346-359, 2008.
- [4] P. A. Viola and M. J. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", CVPR (1), pp. 511-518, 2001.
- [5] K. Mikolajczyk and C. Schmid, "Indexing Based on Scale Invariant Interest Points", ICCV, vol. 1, pp. 525-531, 2001.
- [6] C. Harris and M. Stephens, "A Combined Corner and Edge Detector", Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference. pp. 147-151. 1988.

황 대 동(Dae-Dong Hwang)

[정회원]



- 2008년 2월 : 한경대학교 컴퓨터 공학과 (공학사)
- 2010년 2월 : 송실대학교 컴퓨터 학과 (공학석사)
- 2011년 6월 ~ 현재 보성테크(주) 주임연구원

<관심분야>

공장자동화, 패턴인식, 생체인식

신 시 우(Si-Woo Shin)

[정회원]



- 2007년 2월 : 한경대학교 컴퓨터 공학과 (공학사)
- 2009년 8월 ~ 현재 : 보성테크(주) 선임연구원

<관심분야>

공장자동화, 데이터베이스, 표면실장기술(SMT)

이 근 수(Keun-Soo Lee)

[정회원]



- 1983년 2월 : 송실대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1988년 2월 : 송실대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)
- 1993년 8월 : 송실대학교 대학원 전자계산학과 (공학박사)
- 1989년 2월 ~ 현재 : 한경대학교 컴퓨터웹정보공학과 교수

<관심분야>

패턴인식, 지식기반 시스템, 동작이해, 비디오 검색