

비전 검사시스템에서 XOR연산을 이용한 납땜형상의 패턴분류

이창길, 황정호, 김민수
 송실대학교 전기공학과

Solder Paste Pattern Classification Using the XOR Operation in Vision Inspection Machines

Chang-Gil Lee, Jung-Ho Hwang, Min-Soo Kim
 Dept. of Electrical Eng. Soongsil Univ.

Abstract - 비전 검사시스템에서 기판에 존재하는 납형상의 패턴을 분류함으로써 사전에 불량률 줄일 수 있다. 이러한 경우 대부분의 불량은 부정확한 납의 위치 및 두께로 인해 발생하게 되는데, 이러한 문제를 해결하기 위해 주어진 경계 내에 불분명하게 형성된 납의 형태 및 두께를 정상과 불량으로 분류하기 위해 무게중심점에 기초한 정합과 XOR연산을 이용한 비전 검사시스템을 제안하였다. 제안한 비전 검사시스템을 인쇄회로기판상의 납땜형상 패턴에 적용하여 제안한 방법의 성능을 검증하였다.

1. 서 론

정보화 시대에 맞추어 전자부품의 고용량화 및 고기능화가 요구되고 있고, 이와 함께 부품의 대량생산 및 정밀도가 절실하게 필요하게 되었다. 현재 산업체에서 생산되고 있는 인쇄회로기판(PCB; Printed Circuit Board) 상의 조립용 부품의 크기는 소형화되고 기판위의 밀도는 급속히 증가하고 있다. 따라서 주어진 짧은 시간 내에 PCB 상에 존재하는 많은 부분을 검사해야하므로 고속화된 검사시스템이 요구되고 있다[1][2].

PCB 자동검사 기술은 시각인식 장치와 영상처리 기술을 이용하고 있으며, 아래와 같은 이유로 중요성이 더욱 증대되고 있다. 첫째, 인건비를 절감하고 생산성을 높인다. 둘째, 검사자의 피로에 따른 실수를 줄인다. 셋째, 사람이 검사하기 어려운 환경하의 검사를 가능하게 한다. 넷째, 통계적인 처리나 정밀진단이 용이하다[3].

특히, PCB의 정밀화 및 부품들의 소형화 추세에 대응하기 위한 각종 부품의 형상 및 PCB 상의 장착 정밀도 등은 부품의 성능에 결정적인 영향을 주고 있으며, 납땜형상이 사람의 육안으로 판별이 어려울 정도로 고밀도화되는 추세이기 때문에 사람의 시각으로 인식하기에는 한계가 있으므로 더욱 자동인식기술이 필수화되고 있다. 또한, 납땜형상 상태를 칩 장착 전에 검사하여 불량품의 발생을 사전에 방지할 수 있으며 불량요인 제거로 납땜 공정효율의 극대화를 이룰 수 있다.

과거 PCB 검사방법은 PCB 상에 납이 뿌려질 때 수작업으로 검사하여 정상과 불량을 가려내었다. 또한, 지정된 곳에 납이 위치하는지를 검사하는 기법이 나타났지만, 이러한 대부분의 검사방법들은 통계적이거나 어떤 기준에 근거한 검사방법이었다. 이러한 방법은 주위환경의 변화에 민감하게 반응하는 경향을 가지고 있어 결과값이 달라질 수 있는 문제점이 있고, 또한 이를 실제로 적용하기 위해서는 많은 실험 데이터를 요구한다. 따라서 환경의 영향을 적게 받도록 여러가지 주변장치를 이용하여 데이터의 왜곡을 최대한 줄여야한다.

2절에서는 PCB 상의 납땜형상의 오류를 검출하기 위한 비전 검사시스템의 구성도 및 검사 알고리즘에 대해 살펴보았다. 3절 시뮬레이션에서는 비전시스템으로 부터 입력된 영상 신호를 기초로 제안한 방법의 성능을 확인하였으며, 4절에서는 결론 및 향후 연구되어야할 방향에 대해 살펴보았다.

2. 비전 시스템

2.1 시스템의 구성

비전 검사시스템은 크게 호스트부와 영상부로 나눌 수 있으며 다음과 같다.

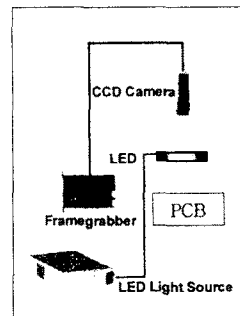


그림 1. PCB 검사를 위한 시스템 구성도

그림 1은 CCD 카메라와 LED 조명에 의하여 PCB 영상에 대한 하드웨어적인 구성을 나타내었다. 영상부는 CCD카메라, 조명LED, 화상모니터, CCD카메라의 영상신호를 처리하는 그래버(Graber)로 이루어져 있으며, 호스트부는 영상부로부터 영상신호를 받아 호스트에 설치된 검사 소프트웨어가 실행하며, 카메라로부터 들어오는 영상을 검사 알고리즘을 적용하여 PCB의 불량유무를 판별한다.

2.2 검사 알고리즘

CCD 카메라와 영상처리기술을 이용한 PCB의 조립공정에서 발생하기 쉬운 납땜형상의 결합 유무를 판별하는 과정을 그림 2에 나타내었다.

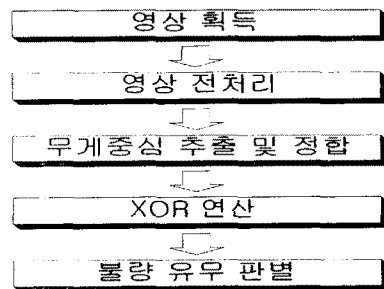


그림 2. 검사 알고리즘 개요

CCD 카메라를 이용하여 받아들인 입력영상은 전처리 과정을 통해 임계값 처리, 크기 필터링, 스트레칭을 수행한다. 다음으로 영상의 특징인 무게중심을 추출하여 거버데이터 영상과 정합한 후에 XOR 연산을 통해 정량

적으로 불량유무를 분류한다.

2.2.1 전처리 과정

영상의 특징인 무게중심을 구하는 과정에서 사용되는 임계값처리(Threshold Value Processing), 원하는 영상을 추출하기 위해서 잡음을 제거하는 필터링(Size Filtering) 과정, 그리고 명암 대비를 높이기 위한 스트레칭(Stretching)을 전처리 과정으로 사용하였다.

임계값 처리

임계값처리는 이진화상을 만들 때 주로 이용된다. 즉, 히스토그램 상에서 추출하고자 하는 원영상의 농담값보다 작은 영상의 농담값을 제한하고자 할 때 사용한다. 따라서 주어진 농담값보다 큰값에 속한 화소들은 255의 값을 갖게 되고, 그 외의 화소들은 0값을 갖게 된다.

$F_T[i, j]$ 를 원화상의 i 행, j 열 화소의 농담값이라 할 때, $F_T[i, j]$ 는 이것을 임계값 처리한 농담값을 나타낸다. $F_T[i, j]$ 는 다음과 같이 두가지 방법으로 나눌 수 있다. 식(1)은 농담레벨이 T 값 이상이면 255를, 그렇지 않으면 0을 매핑하는 방법이다.

$$F_T[i, j] = \begin{cases} 255 & \text{if } F[i, j] \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식(2)는 농담레벨이 T_1 값 이상이고 T_2 이하이면 255를, 그렇지 않으면 0을 주는 방법이다.

$$F_T[i, j] = \begin{cases} 255 & \text{if } T_1 \leq F[i, j] \leq T_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

크기 필터링

임계값에 의해 이진화상을 얻은 후에는 카메라의 해상도나 조명의 불균일성 등에 의해 발생하는 잡음을 제거하기 위해 크기 필터링을 한다. 이러한 잡음은 보통 불규칙적으로 발생하므로 잡음의 화소수는 작은 값을 갖는다. 본 논문에서는 화소가 10개 미만인 것은 모두 0으로 설정함으로써 잡음을 제거하였다.

스트레칭

스트레칭은 명암대비를 향상시키기 위한 연산이다. 이는 영상의 전화소에 상수 값의 가감승제를 통해 각 화소 단위로 처리하는 연산이라할 수 있다. 이러한 종류의 연산에서는 영상 히스토그램이 아주 유용하게 쓰이는데, 영상 내의 픽셀을 재분배함으로써 명암대비를 향상시키게 된다.

2.2.2 무게중심 추출 및 정합

PCB상의 납의 무게중심을 구하므로써, 납의 위치를 한 좌표로 표현할 수 있어 거버데이터 영상과 비교를 통해 쉽게 오류를 검출할 수 있게 된다. 임계치 및 크기 필터를 통해 이웃하는 납땜형상의 화소들은 그룹을 형성하여 각 그룹의 중심점을 찾을 수 있도록 해준다.

무게중심을 추출하는 과정을 그림 3에 나타내었다. 임계거리를 6 화소, 크기 필터의 임계화소수는 5 화소로 설정하였을 때, 그룹 5는 3개의 화소만 가지므로 잡음으로 간주되어 무시된다. 그리고 그룹 1에 대한 무게중심을 계산하면 그룹의 중심위치는 식 (3)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= (3+3+3+4+4+4+5+5)/8 = 3.875 \\ \bar{y}_1 &= (3+3+4+4+4+4+5+5+5)/8 = 4.125 \end{aligned} \quad (3)$$

따라서, 무게중심점은 (4.4)가 된다.

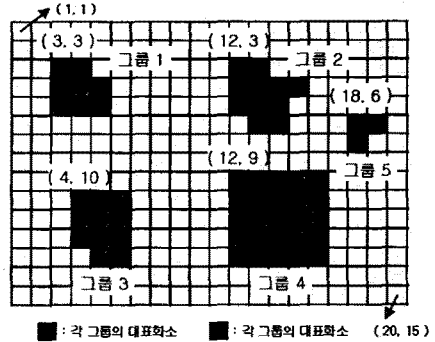


그림 3. 그룹핑을 이용한 무게중심 계산

이렇게 구한 두 영상의 무게중심점을 이용하여 두 영상의 좌표축을 일치시키는 것을 정합(Matching)이라 한다. 즉, 각 무게중심점들간의 상대거리를 계산하여 두 영상을 일치시킨다[4][5].

2.2.3 XOR연산

PCB영상과 거버데이터 영상으로부터 추출된 무게중심에 기초하여 정합된 두 영상을 XOR 연산함으로써 납땜형상 오류를 검출한다. XOR 연산을 통해 얻은 결과를 이용하여 불량 유무를 판별한다. 그림 4에서는 납땜형상의 결함을 검출하기 위한 기본원리를 보여준다.

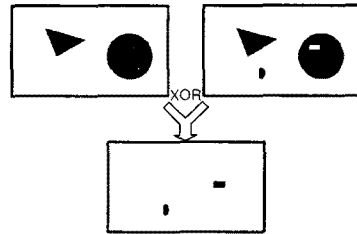


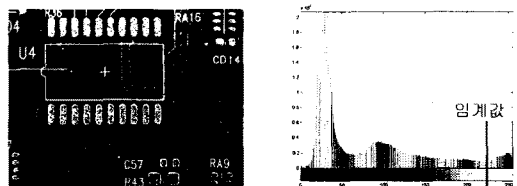
그림 4. 납땜형상 결함의 검출원리

2.2.4 납의 불량유무 판별

납의 불량유무는 PCB 상에 존재하는 납이 패드에 위치하는 정도에 의해 판별된다. 즉, PCB 상의 부품이 PCB와 납땜될 때 인접한 다른 부품의 패드에 영향을 주지 않고 납땜이 잘 되도록하는 것이 목적이다. 여기에서 영향이란 주어진 패드 영역내의 납의 정도 및 이웃한 패드 영역에의 침범 등을 의미한다.

3. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서 납의 불량유무를 판별하기 위해서 전처리 과정, 무게중심 추출, 영상 정합과정, 그리고 XOR연산을 통해 불량유무를 판별할 수 있도록 수치값으로 계산한다.



(a) 원영상 (b) 히스토그램
그림 5. 원영상의 히스토그램

그림 5-(a)는 비전 시스템으로부터 입력된 원영상을

나타내고, (b)는 원영상의 히스토그램을 나타낸다. 임계 값을 정하여 이진화 영상을 만든다.

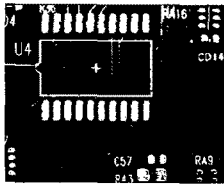


그림 6. 크기 필터링된 영상

그림 6은 원영상을 크기 필터링한 영상이다. 화소가 10개 미만인 것을 모두 0 값을 갖게하여 잡음을 제거할 수 있다.

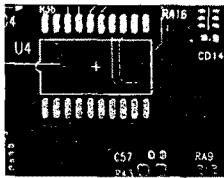


그림 7. 스트레칭된 영상

그림 7은 원영상을 스트레칭한 영상으로서 그림 5-(a)와 비교하면 그림 7이 보다 더 선명하게 구분함을 알 수 있다.

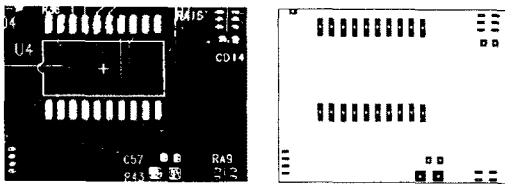
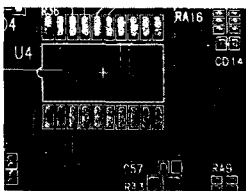


그림 8. 무게 중심점 추출

그림 8에는 각 패드의 무게중심점을 표시하였다.

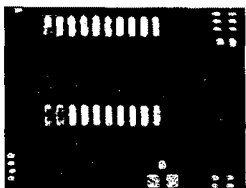
무게 중심점을 이용하여 원영상과 거버데이터 영상을 정합시킨 후, 불량검출을 위해 XOR연산을 이용하여 달라진 영상을 추출한다.



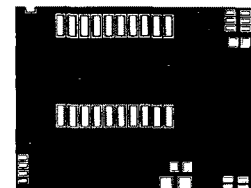
(a) 패드의 검사 범위



(b) 배경의 제거



(c) 원영상에서의 납 추출

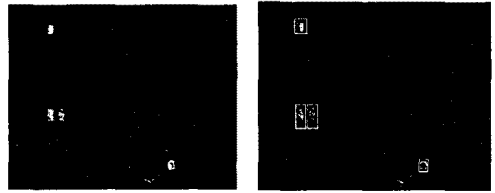


(d) 거버영상의 검사범위

그림 9. XOR연산 전 영상

그림 9-(a)에서는 무게 중심점을 중심으로 일정한 검사범위를 정한다. 검사범위를 패드보다 약간 크게하여,

납이 패드를 벗어난 정도에 따라 불량으로 구분한다. (b)는 카메라로부터 들어온 영상에서 검사 범위를 제외한 배경을 제거한 영상이다. (c)는 배경이 제거된 후, 검사범위 내의 납을 추출한 영상이며, (d)는 거버 데이터의 검사 범위를 나타내었다. 그림 9의 검사범위는 모두 동일하다.



(a) 검출된 불량 납땜형상 (b) 불량 납땜형상의 표시
그림 10. XOR연산에 의한 불량추출

그림 9-(c)와 (d) 영상을 XOR연산하면, 그림 10-(a)와 같은 결과를 얻게 된다. 이렇게 얻어낸 4개의 불량 납땜형상을 (b)에 표시하였다.

4. 결 론

납땜 패턴의 불량유무를 판별하는 방법으로 우선, 카메라로부터 입력된 PCB 영상과 거버데이터 영상의 무게 중심점을 각각 추출한 후 중심점을 기초로 두 영상을 정합하였다. 다음으로, 매칭된 두 영상에 XOR 연산을 이용하여 일치되지 않는 화소들을 찾아냄으로써 불량인 납땜형상 패턴을 분류하였다. 이때 여기서 추출된 화소들은 납땜 패턴에서의 불량정도를 정량적으로 알 수 있으며, XOR 연산을 사용하므로써 검출시간을 줄일 수 있었다.

앞으로 연구되어야될 방향은 국부적인 PCB 검사방법이 아닌 PCB 전체를 실시간으로 검사하여 납땜 패턴의 불량유무를 판별하는 검사시스템을 설계하는 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1]Madhav Mognti, Fikret Ercal, "Automatic PCB Inspection Algorithms", *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.63, No.2, pp.287-313, 1996. 3
- [2]Francis K.H. Lau, Vincent W.S. Yeung, "A hierarchical evaluation of the solder paste printing process", *Journal of Materials Processing Technology*, 69, pp.79-89, 1996. 5
- [3]고광일, "PCB자동 조립장비의 기술동향", 제어,자동화,시스템공학회지 제2권 제1호, pp.25-30, 1996.1.
- [4]Rooger, P. Woods, "Spatial Transformation Models", Medical Image Registration, Academic Press, pp.465-490, 2000.
- [5]Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1993. 9
- [6]장동혁, "디지털 영상처리의 구현", PC어드밴스, 1999