

시각센서를 이용한 인쇄회로기판의 J-리드 납땜 검사에 관한 연구

유창목*, 차영엽*, 김철우**, 권대갑**, 윤한종***

A Study on J-lead Solder Joint Inspection of PCB Using Vision System

Chang-Mok Yu*, Young-Youp Cha*,
Cheol-Woo Kim**, Dae-Gap Gweon**, Han-Jong Yoon***

ABSTRACT

The components with J-lead, which are more integrated and smaller than ones with Gull-wing, are rapidly being used in electronic board such as the PCB, for they have the advantage of occupying a small space compared to the other components. However, the development of inspection system for these new components is not so rapid as component development. Component-inspection with J-lead using vision system is difficult because they are hidden from camera optical axis. X-ray inspection, which has the advantage of inspecting the inside of solder state, is used to J-lead inspection. However, it is high cost and dangerous by leaking out X-ray compared to vision system. Therefore, in this paper, we design vision system suited to J-lead inspection and then propose algorithm which have flexibility in mount and rand error.

Key Words : PCB inspection(PCB 검사), J-lead(J형 리드), J-lead optical system(J형 광학계)

1. 서 론

전자, 정보, 통신 기기의 고용량화 및 고기능화가 요구됨에 따라 이들 부품에 대한 고밀도화가 요구되고 있다. 특히, 전자, 정보, 통신 기기의 기본 소자인 인쇄회로기판(Printed Circuit Board : PCB)의 품질 및 회로의 정밀도가 제품의 성능에 결정적인 영향을 미치고 있다. 인쇄회로기판의 정확도 판정 및 수정을 위하여 선진 각국에

서는 자동 검사장치를 개발하여 제조공정에 투입하고 있고, 이 중에서 가장 핵심 기술인 화상 인식 기술을 원천적으로 보호하고 있으며, 첨단 기술의 제품인 경우 고가격화로 무기화하고 있으므로 국내에서도 컴퓨터 화상처리를 이용한 PCB의 결함추출 시스템의 연구는 반드시 확보되어야 할 기술임에 틀림이 없다.

표면 실장 검사 시스템은 인쇄 회로 기판에 있는 부품 상태와 납땜 상태를 자동으로 검사하는 장치로써, 부품

* 원광대학교 기계공학부
** 한국과학기술원 기계공학과
*** LG 전자 생산기술센터 기술개발연구소

상태 검사에서는 부품 무, 틀어짐, 극성 상이, 부품 섬, 부품 다름 등을 검사하고, 납땜 상태 검사에서는 과납, 정상, 미납, 무납 등을 검사하게 된다. 현재 이러한 납땜상태 검사에서는 부품과 기판의 패드를 연결시켜 주는 리드의 모양에 따라서 Gull-wing 리드와 J-리드로 구분할 수 있다. Gull-wing 리드의 경우는 리드가 부품의 바깥쪽으로 나와 있어서 납땜 검사시 육안으로도 가능하지만, J-리드의 경우는 리드가 부품 안쪽으로 들어가 있어서 목시 검사가 힘들 뿐 만 아니라, 검사할 때 PCB를 기울여야 하는 어려움을 안고 있다.

그러나, 기존의 Gull-wing 리드를 갖는 부품에 비해 J-리드를 갖는 부품이 고밀도화가 가능하다는 잇점으로 사용이 급증하고 있다. Gull-wing 리드 부품은 기존의 PCB에 광범위하게 사용되고 있으며, 이에 대한 검사도 국내·외에서 다단 조명을 이용한 방법¹, 칼라 조명을 이용한 방법², 열 유도를 이용한 방법³ 등 여러 가지 방법이 연구되어지고 있다. 그러나, J-리드 부품의 납땜 검사는 리드가 부품 안쪽으로 들어가 있어서 목시 검사가 힘들기 때문에 X-Ray를 이용한 검사⁴가 연구되고 있으나, 시스템 구성이 복잡하고, 고도의 정밀도를 요구하며, 많은 비용이 소요되고, 방사능의 유출로 인한 작업자의 안전문제 등의 이유로 비전 시스템을 이용한 검사보다는 상용화 면에서 뒤떨어지고 있다. 반면에, 비전 시스템을 이용한 J-리드 납땜검사를 구현할 경우에는 기존의 Gull-wing 리드 검사장치에 J-리드 대응 광학계를 추가 설치하고 검사 알고리즘을 수정함으로써 납땜 상태 검사를 할 수 있는 잇점이 있다.

본 논문은 비전 시스템을 이용한 PCB상의 J-리드 부품 검사 및 납땜 검사를 자동으로 하는 장치 개발을 목표로 하며, 다음과 같은 세 가지 사항에 중점을 두었다. 첫째, 카메라 광축과 일직선 상에서 형성되는 J-리드의 납땜을 검사하기 위하여 이에 알맞은 대응 광학계를 설계하고 전체 시스템을 구성한다. 둘째, PCB 제작시에 발생하는 랜드 위치오차 또는 SMD(Surface Mount Device) 공정에서 발생하는 장작오차에서도 능동적으로 J-리드 부품의 실제 납땜위치에 검사원도우를 설정하는 알고리즘을 Morphology Filter를 사용하여 제안한다. 마지막으로 J-리드 부품을 장착한 PCB 상에서 부품의 유·무, 부품의 이동 그리고, 틀어짐에 대한 부품검사와 납땜 상태를 검사할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

2. J-리드 검사 시스템

화상처리를 이용한 PCB 상의 부품과 납땜 자동 검사 장치에 필요한 주요 기술 중 하나가 검사 대상물체의 특성과 센서 특성을 이용한 시각 인식 장치 기술이다. 다른 센서들과 마찬가지로 비전 시스템으로부터 얻은 영상도 대상 물체의 특성과 광원의 종류와 모양 그리고, 조명 방법 등의 복잡한 상호 작용으로 많은 노이즈가 발생하게 되므로 영상 처리 시간을 무시할 수 없게 된다. 그러므로, 본 연구에서는 검사 대상 물체의 특성을 충분히 고려한 광학계로부터 양질의 영상을 얻으로써 전처리로부터 영상정보를 얻는 수고를 줄이고 검사 시간을 단축시킬 수 있도록 하였다.

비전 시스템을 이용하여 카메라 광축으로부터 숨겨진 J-리드 납땜을 검사하기 위한 전체 시스템 구성은 Fig.1 과 같다. 여기서 보면, 전체시스템은 CCD 카메라와 광학계의 조명부, 비전 보드의 영상 처리부, 모터 컨트롤러와 XY-Table의 위치 결정부, 그리고 각 부분을 통합하는 Host PC의 시스템 제어부로 이루어져 있고, 각부의 구성과 역할은 다음과 같다.

2.1. 조명부

Fig. 2는 J-리드 광학계를 보여주고 있다. 조명부는 양질의 J-리드 납땜 영상을 얻기 위하여 검사하고자 하는 납땜 표면에 조명이 조사되도록, 다음과 같은 구성 요소를 고려하여 광학계를 설계하였다.

① LED 조명

적색의 고휘도 LED 동축 조명을 사용한다. LED는 4×4 개의 정사각형 형태로 배열되어 있으며 경통 외벽에

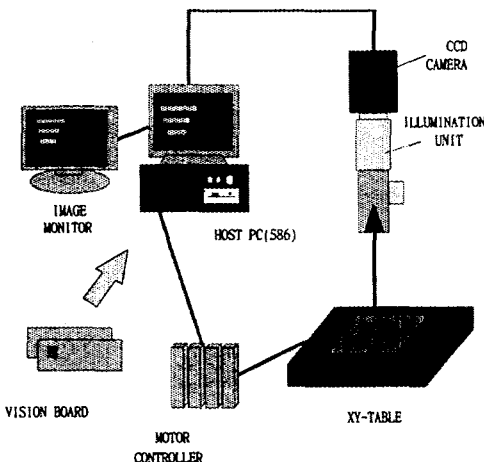


Fig. 1 J-리드 검사 시스템 구성도

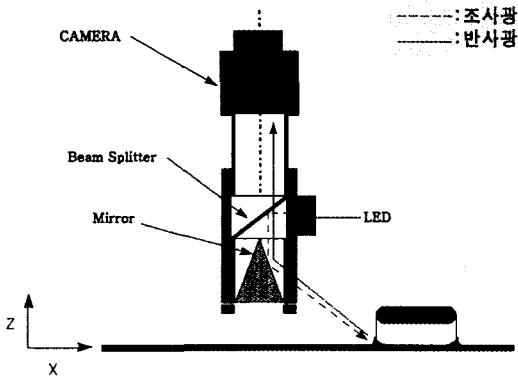


Fig. 2 J-리드 광학계

서 Beam Splitter로 투사된다.

② Beam Splitter

반투과성 특성을 갖는 Beam Splitter는 LED에서 조사되는 빛이 거울을 통하여 납땜 표면에 비춰지도록 하고, 동시에 납땜 표면에서 반사된 영상이 거울을 통하여 카메라의 CCD에 맞치게 한다.

③ Mirror

좌·우 납땜영역에 LED 조명을 비추고, 동시에 납땜 영상을 얻기 위하여 경통 하단부에 두 개의 거울(Mirror)을 설치하였다. 초기 조명부 설계에서는 좌우상하 4면의 영상을 동시에 얻을 수 있도록 거울을 4개 설치하였으나 간섭문제로 인하여 2개로 줄였다. 따라서 좌우상하의 4면에 J-리드가 있는 부품검사를 위하여 2개의 J-리드 광학계가 필요하다.

④ CCD 카메라

Beam Splitter를 통과한 납땜부분 영상을 얻기 위하여 TELI사의 CS8300 흑백 카메라를 사용하였다.

리드와 패드 사이에 있는 J-리드 납땜 표면은 난반사 성질은 거의 없고 전반사 성질을 가지며, 납의 형성은 표면 장력에 의하여 리드와 패드 사이에서 45°의 기울기로 형성된다. 이에 조명 또한, 납땜 표면 방향(x축과 45°)으로 조사 되도록 설계하였다.

2.2 영상 처리부

영상처리부는 CCD 카메라로부터 얻은 납땜 영상에서 유용한 정보를 얻기 위하여 전처리와 납땜 형상 추출을 하는 부분으로서 이스라엘 BarGold사의 IVP-550 영상 처리 보드를 사용한다. 이 보드는 TI사의 DSP 칩(TMS320C50 : 40MIPS)을 이용하므로 고속 영상처리

가 가능하고, 여러 카메라로부터 영상을 동시에 입력받고 처리(입력 : 9 : 출력 : 3)할 수 있으며, 영상 메모리는 최고 64 Frame까지 저장할 수 있다.

2.3 위치 결정부

PCB의 자동이송을 위하여 XY-Table을 사용하였다. 모터와 제어기는 Parker사의 25000 pulse/rev의 마이크로 스테핑 모터와 OEM650X를 사용하였다.

2.4 전체 시스템 제어부

검사 알고리즘을 구현하는 부분으로 586 PC를 이용하여 부품 상태 검사와 납땜상태 검사가 이루어진다. 이러한 전체 시스템 제어부는 검사에 필요한 데이터를 생성하고, 수정이 가능하게 하여 결과를 파일로 저장할 수 있도록 하였다.

3. 검사 알고리즘

J-리드 부품과 납땜 형상을 검사하기 위한 과정은 크게 세 단계로 나뉘어 진다. 첫 단계에서는 검사 알고리즘을 적용하기 위하여 PCB의 위치 데이터를 각 Frame별 영상 좌표계로 변환하는 준비 파일을 생성한다. 둘째 단계는 위치 결정부의 XY-Table을 구동시켜 검사하고자 하는 J-리드 위치까지 PCB를 이동시키고, 그 위치에서 카메라로부터 얻은 영상에서 특징값을 추출한 뒤, 첫 단계에서 생성된 부품의 교시좌표와 Morphology Filter를 사용하여 얻은 실제 부품 좌표의 차를 교정해 주는 알고리즘을 이용하여 검사 윈도우를 설정한다. 마지막 단계에서는 부품 검사와 납땜 상태 검사를 하게 된다. 부품검사는 부품의 유·무, 부품 이동 및 틀어짐, 부품 뒤집힘 등을 검사하고, 납 상태 검사에서는 리드와 패드 사이에 형성되는 납 양에 따라 무납, 미납, 정상, 과납, 브릿지 등을 검사한다.

3.1 검사 준비 파일

검사 알고리즘의 적용을 편리하게 하기 위하여 부품 데이터를 각 Frame 데이터로 변환하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 다음과 같은 파일들을 사용하였다.

- ① 부품 데이터 파일 : 부품의 외형 형상을 수록한 파일
- ② LIBRARY 파일 : 부품 데이터를 이용하여 각 부품검사에 필요한 기본적인 위치와 기준 값이 수록된 파일
- ③ CAD 파일 : PCB에 장착된 부품의 위치와 각

도를 수록한 파일

- ④ 1차 검사 파일: PCB 좌표표 기준을 하여 각 검사 위치를 수록한 파일
- ⑤ 2차 검사 파일: 각 Frame별로 생성된 1차 검사 파일을 영상좌표계로 변환된 데이터로 수록한 파일

3.2 Morphology Filter

Morphology Filter는 영상의 형태학적인 특성을 부분적으로 변환시키는 비선형 변환으로, 각 영상을 모두 집합(Set)으로 취급하여 영상의 유용한 정보를 추출한다. A와 B를 Z^2 내에서 $a=(a_1, a_2)$ 와 $b=(b_1, b_2)$ 라는 요소로 구성된 집합이라 하면, J-리드 검사에서 사용하는 기본적인 Mathematical Morphology Algorithm은 다음과 같다.

- Translation of A by $x=(x_1, x_2)$
 $(A)_x = \{c | c = a+x, \text{ for } A\}$
- Reflection of B
 $B' = \{x | x = -b, \text{ for } B\}$
- Complement of set A
 $A_c = \{x | x \notin A\}$
- Difference of two sets A and B
 $A - B = \{x | x \in A, x \notin B\} = A \cap B_c$

① Erosion

B에 의한 A의 Erosion은 B가 x만큼 Translation 되었을 때 A의 부분 집합이 되는 모든 점 x의 집합이다. 본 연구에서는 영상의 노이즈를 제거하는데 쓰인다.

있을 때 A의 부분 집합이 되는 모든 점 x의 집합이다. 본 연구에서는 영상의 노이즈를 제거하는데 쓰인다.

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\} \quad (1)$$

여기서, B를 Structuring Element라고 한다.

② Dilation

B에 의한 A의 Dilation은 $A \oplus B$ 로 나타낸다. Erosion으로 수축된 영상을 원래 크기로 복원한다.

$$A \oplus B = \{x | (B')_x \cap A \neq \{\}\} \quad (2)$$

③ Opening

일반적으로 외형선을 부드럽게 한다. B에 의해 A를 Erosion 한 결과를 B에 의해 Dilation한다.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (3)$$

④ Closing

작은 구멍과 함몰부를 채운다. B에 의해 A를 Dilation 한 결과를 B에 의해 Erosion 한다.

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (4)$$

Fig. 3은 J-리드 부품의 에지를 찾기 위해 Morphology

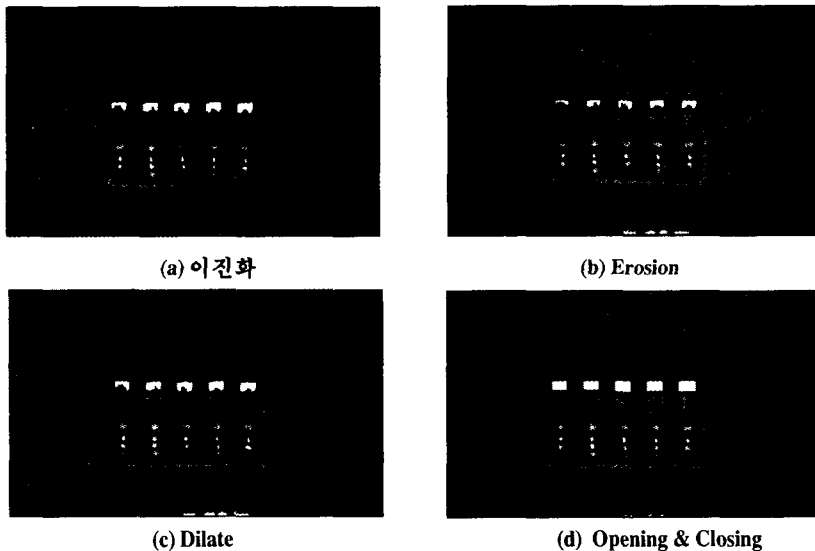


Fig. 3 J-리드에서의 Morphology Filter

Filter를 사용한 예로서 (a)는 Morphology Filter를 적용하기 위하여 영상을 적당한 문턱치로 이진화한 영상이고, (b)는 Erosion으로 영상에 나타난 노이즈를 제거한 결과이며, (c)는 Erosion으로 수축된 영상을 Dilate로 형상을 복원한 결과이며, (d)는 Opening과 Closing을 적용하여 외곽선을 부드럽게 만든 영상이다.

3.3 검사 윈도우 설정

본 연구에서 제안하는 부품 및 납땜 검사 윈도우 설정 알고리즘은 PCB 제작시에 발생하는 랜드 오차나, SMD 장착 공정에서 발생하는 장착오차로 인하여 실제 부품의 위치가 주어진 교시 데이터와 일치하지 않을 때 가장 작은 검사 윈도우로 정확한 납땜 위치를 찾아가는 알고리즘으로, 1차, 2차 검사 윈도우를 사용하게 된다. 1차 검사 윈도우는 J-리드 부품의 에지를 찾기 위한 검사 윈도우로서 Fig. 4와 같이 부품 주위를 탐색하여 부품 에지 부분을 설정하게 되며, 2차 검사 윈도우에서는 부품 에지를 찾은 1차 검사 윈도우를 리드의 중심으로 이동시킨다.

검사 윈도우 설정은 다음과 같이 7단계로 이루어진다.

- ① 준비 파일에서 생성된 교시좌표를 중심으로 검사 윈도우를 설정한다.
- ② 검사 윈도우에서 특징 값을 추출한다. 특징 값은 동일한 Class에 속하는 개체들의 값은 서로 유사하여야 하며, 다른 Class의 값과는 차이가 많아야한다. 조사되는 빛이 수평면과의 각도가 45°이므로 납땜 부분과 리드 상단의 구부러진 부분에서(45°) Highlight가 나타나게 된

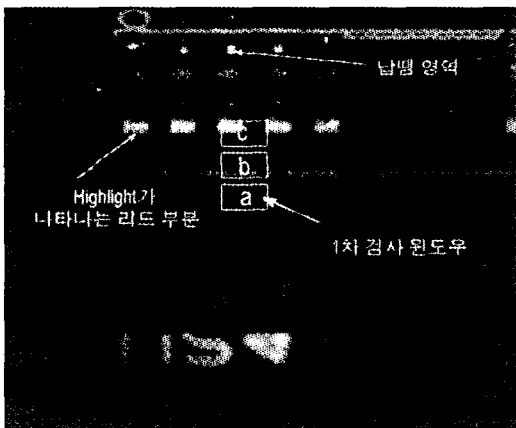


Fig. 4 1차 검사 윈도우 설정 순서

다(Fig. 4). 본 연구에서는 검사 윈도우 설정을 위한 특징 값으로 다음과 같은 두 가지 종류를 사용한다.

첫째로, 검사 윈도우 내에 평균 그레이 레벨값 F_{av} 을 사용한다.

$$F_{av} = \left[\sum_{l=0}^l \sum_{k=0}^k u(l,k) \right] / A_{total} \quad (5)$$

여기서, l 과 k 는 검사 윈도우의 폭과 높이의 픽셀 수를 나타내고, A_{total} 은 검사 윈도우의 총 픽셀 수를 나타내며, $u(l,k)$ 는 (l,k) 좌표에서 그레이 레벨 값을 나타낸다.

두 번째 특징 값으로는 검사 윈도우내의 Highlight 개수(T_{hi})를 사용한다.

$$T_{hi} = \sum_{l=0}^l \sum_{k=0}^k I u(l,k) \quad (6)$$

여기서, $Iu(l,k)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$Iu(l,k) = \begin{cases} 1, & u(l,k) > 200 \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

③ Fig. 4와 같이 처음에 설정한 검사 윈도우를 a라 가정한다. 그리고, 앞에서 제안한 특징 값들이 일정한 조건을 만족하지 못하면, 검사 윈도우 a에서 일정거리 만큼 떨어진 b로 검사 윈도우를 다시 설정하고 b도 검사 윈도우 조건을 만족하지 못하면, b에서 일정거리 만큼 떨어진 c로 검사 윈도우를 다시 설정하여 특징 값들이 일정조건을 만족하면 1차 검사 윈도우를 생성한다(검사 윈도우 설정 순서 : a → b → c). 만약, a, b, c 모두 검사 윈도우 조건을 만족하지 못하면 부품 무로 판정한다.

④ Fig. 4의 c에서와 같이 1차 검사 윈도우에서 부품의 에지를 찾은 후, 2차 검사 윈도우에서는 1차 검사 윈도우를 리드의 에지 중심으로 이동시키기 위해 1차 검사 윈도우 내를 평균 그레이 레벨 값(F_{av})으로 이진화 한다.

⑤ 1차 검사 윈도우 내의 리드 부분을 Morphology Filter를 사용하여 노이즈를 제거하고, 외곽선을 부드럽게 한다.(Fig. 3)

⑥ 1차 검사 윈도우 내에 포함되는 리드 부분의 면적 중심(x_{center} , y_{center})을 구한다.(Fig. 5(a))

⑦ 1차 검사 윈도우의 중심(f_{xc} , f_{yc})과 1차 검사 윈도우 내의 리드 부분의 에지 중심(x_{center} , y_{center})의 차를 구하여 여러 판정치(4픽셀)보다 작으면 2차 검

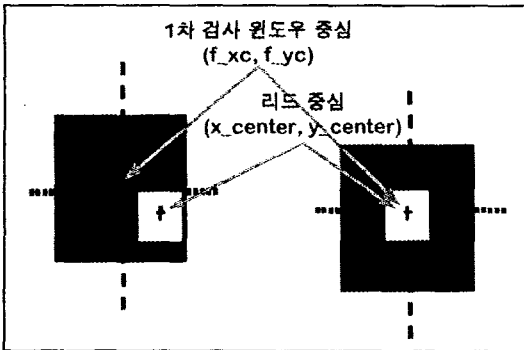
사 윈도우로 설정하고, 그렇지 않으면 Fig. 5(a)와 같이 1차 검사 윈도우의 중심을 리드의 면적 중심으로 변환하고 에러 판정치 이하가 될 때까지 단계 ④-⑥을 반복하면 Fig. 5(b)와 같이 리드 중심으로 2차 검사 윈도우를 설정할 수 있게 된다.

3.4 부품 검사 알고리즘

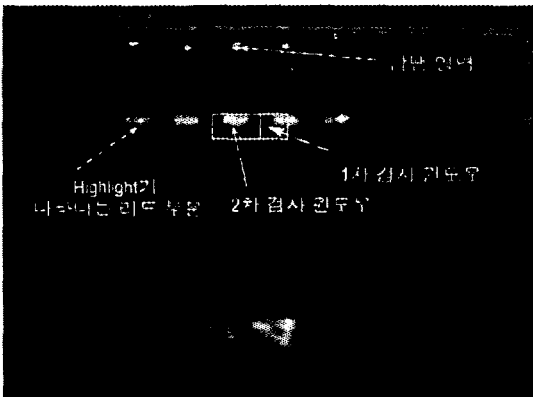
앞 절에서 제시한 1차, 2차 검사 윈도우 설정 방법으로 교시 데이터와 실제 리드 위치 사이의 오차를 보정하고 나면, 다음과 같은 부품 유·무, 이동 및 틀어짐, 뒤집힘 등의 부품 검사를 수행할 수 있다.

① 부품 유무

1차 검사 윈도우 내에서 평균 그레이 레벨(F_{av})과 Highlight 개수(T_{hi})로 유·무를 판별한다.



(a) 1차 검사 윈도우와 J-리드 중심



(b) 1차 검사 윈도우와 2차 검사 윈도우

Fig. 5 J-리드 검사 윈도우 설정

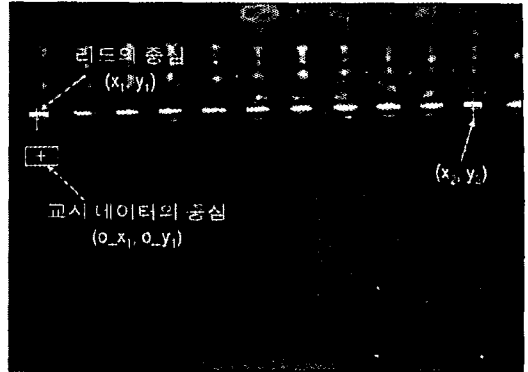


Fig. 6 이동 및 틀어진 부품의 위치 보정

② 부품 이동 및 틀어짐

주어진 교시 데이터로부터 1차, 2차 검사 윈도우가 설정되면 알고리즘을 이용하여 Fig. 6과 같이 부품의 첫 번째 리드 시작점(x_1, y_1)과 마지막 리드 시작점(x_2, y_2)을 검사하여 부품의 이동과 틀어짐을 판별한다. 부품의 이동 및 틀어짐의 경우 이동 보정과 틀어짐 보정을 구하고 두 번째 리드부터는 이를 보정값을 더하게 된다.

이동 보정: 검사 준비 파일로부터 첫 번째 리드에 생성된 교시 좌표(o_{x_1}, o_{y_1})와 검사 알고리즘을 적용하여 얻은 실좌표(x_1, y_1) 사이의 차이를 구하여 이동 보정값을 구한다.

$$Trans_x = o_{x_1} - x_1$$

$$Trans_y = o_{y_1} - y_1$$

(7)

틀어짐 보정: 첫 번째 리드(x_1, y_1)와 마지막 리드(x_2, y_2)의 기울어진 각도를 구하여 틀어짐 값을 구한다.

$$orien_{\theta} = \tan^{-1} \left(\frac{x_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)$$

(8)

③ 부품 뒤집힘

상·하단 J-리드 부분의 특징 값(F_{av}, T_{hi})으로 판별한다.

3.5 납땜 상태 검사 알고리즘

납땜 상태 검사에서도 부품 검사시 사용한 1차, 2차 검사 윈도우를 적용하고 이로부터 일정거리 만큼 떨어진 곳에 정확한 납땜 위치 검사 윈도우를 설정한다. Fig. 7은 네 가지 J-리드 납땜 형상을 보여주고 있다. 납땜 분류는 과납, 정상, 미납, 무납으로 분류하고, 다음과 같은 납땜

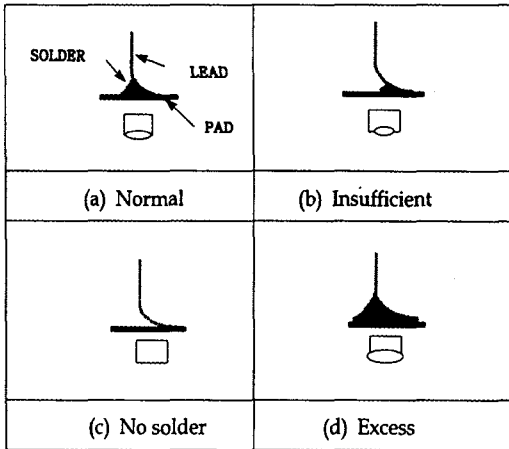


Fig. 7 J-리드 납땜 형상

점유율(drat)을 사용한다.

$$\text{drat}(\%) = (\text{solder_sum} \times 100) / \text{total_sum} \quad (9)$$

여기서, total_sum은 납땜 검사 윈도우의 총 픽셀 수 (10×10픽셀)를 나타내고, solder_sum은 납땜 검사 윈도우 내에서 평균 그레이 레벨 이상인 픽셀 수를 나타낸다.

4. 실험 결과

본 연구에서는 J-리드 부품 및 납땜 검사를 하기 위한 대응 광학계를 설계하였고, PCB 제작시에 발생하는 랜드 위치 오차와 SMD 장착 공정에서 발생하는 장착오차 등에 의해 실제 부품 및 납땜의 위치가 PCB의 교시 데이터와 일치하지 않을 경우에도 정확한 부품 위치와 납 형성 영역을 찾는 알고리즘 개발하였다.

4.1 J-리드 광학계

J-리드 납땜면의 위치와 반사 특성 그리고, 조명장치 특성을 고려하여 조명원은 고속 점멸이 가능하고 수명이 긴 LED를 사용하였다. Fig. 8은 본 연구에서 개발한 J-리드 광학계를 보여 주고 있다. Beam Splitter는 경통 상단에 설치되어 있고, 거울을 하단에 좌우로 설치하여 카메라를 기울이지 않고 J-리드 검사가 가능하도록 설계하였다. 이로부터 얻은 영상이 Fig. 9에서 보여진다.

Fig. 10에서는 J-리드 광학계로부터 얻은 영상에서 납땜 분류가 가능한지 확인하기 위하여 Fig. 9의 미납, 과납, 정상 그리고, 무납의 납땜 검사 윈도우 내에서 그레이 레벨 값을 3차원적으로 나타내고 있다. 결과적으로 본 연구에서 개발한 J-리드 광학계로부터 얻은 영상은 양질의 영상으로 과납, 정상, 미납, 무납의 그레이 레벨 분포의 구별이 가능함을 알 수 있다.



Fig. 8 J-리드 광학계 사진

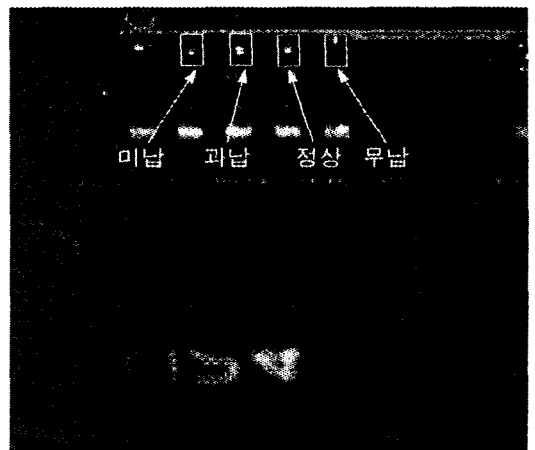


Fig. 9 J-리드 광학계로부터 얻은 Image

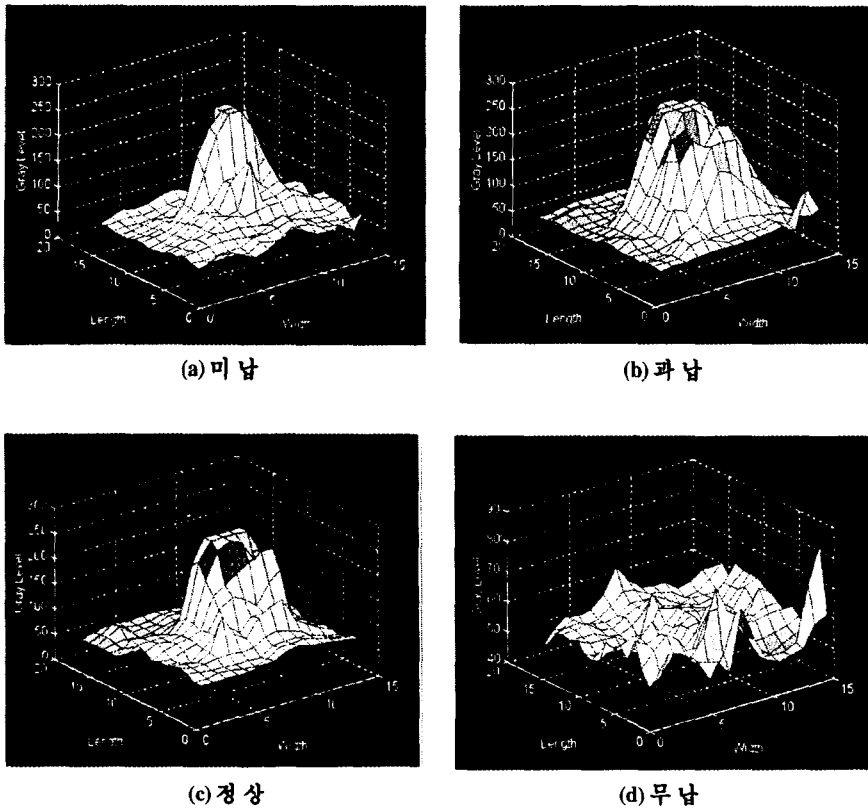


Fig. 10 3차원 영상

4.2 검사 윈도우 설정

PCB에서 주어지는 교시 데이터를 기준으로 검사를 하게 되면 실제 납땜영역과의 오차 때문에 그 신뢰성이 크게 떨어지므로 검사 윈도우를 실제 부품의 위치로 이동시키기 위해 앞에서 거론한 위치 보정 알고리즘을 사용하였다. Fig. 11에서와 같이 리드의 상단(부품쪽)과 하단(패드쪽 납땜영역)의 크기가 다르므로 부품을 검사하기 위한 윈도우와 납땜 형태를 검사하기 위한 윈도우를 크기가 다르게 하였다. 부품 검사에는 가로 30, 세로 24 픽셀(리드 폭 : 0.8mm)로 윈도우를 설정하였으며, 납땜 검사에서는 가로 10, 세로 10 픽셀(리드 폭 : 0.3mm)로 가능한 최소 크기의 윈도우로 노이즈 요소를 감소시켰다.

Fig. 11은 교시 데이터와 실제 부품 위치 사이에 오차가 있을 때 리드의 중심으로 검사 윈도우가 이동하는 것을 보여주고 있다. Fig. 11의 (a)는 검사 윈도우 내를 이진화한 영상이고, (b)는 Erode와 Dilate를 적용하여 노이즈를 제거하고 형상을 복원한 영상이며, (c)는 Open-

ing과 Closing으로 외곽선을 부드럽게한 영상이고, (d)는 리드 중심으로 검사 윈도우를 이동시킨 결과를 나타낸다. 본 연구에서 제안한 검사 윈도우 조건은 검사 윈도우 내의 평균 그레이 레벨 값이 기준치 이상($F_{av} > 100$)이어야 하고, Highlight 개수가 기준치 이상($T_h > 10$)이어야 한다.

본 연구에서 제시한 위치와 자세 보정 알고리즘을 적용한 결과 부품이 크게 이동된 Fig. 11의 경우도 리드 중심과 납땜중심으로 검사 윈도우가 이동되어 정확한 위치에서 검사할 수 있었다. 여기서 + 표시는 J-리드의 예지 중심을 나타낸다.

4.3 납 상태 검사

납 상태 검사에서도 리드의 이동과 틀어짐에 의해서 생길 수 있는 오차에 대하여 정확한 납땜 영역을 찾기 위해서 검사 윈도우를 부품 검사시에 적용한 알고리즘을 적용하여 생성하였다. Fig. 12는 납땜 면적중심으로 검사 윈

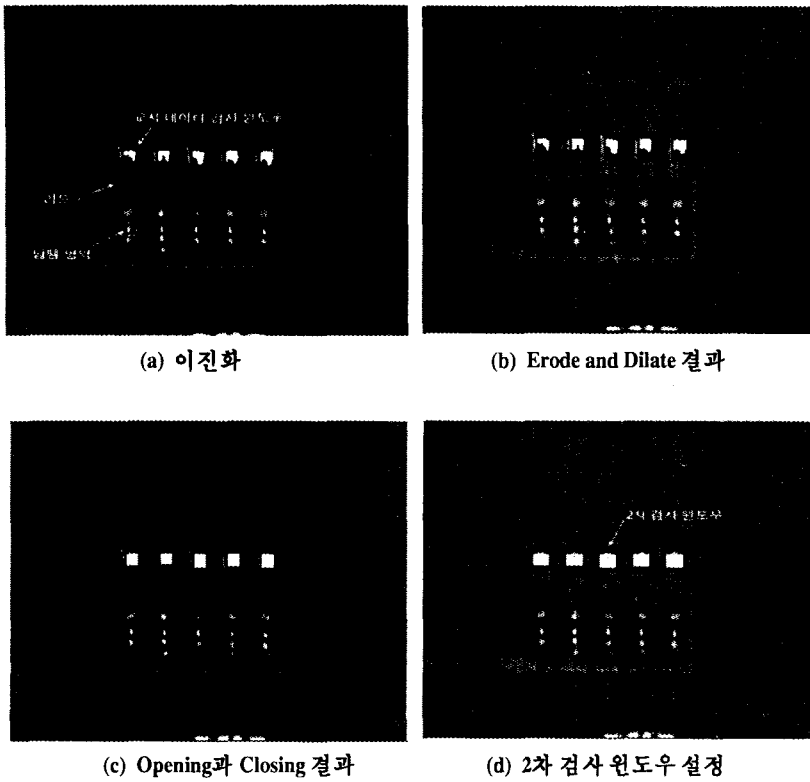


Fig. 11 J-리드검사 윈도우의 이동

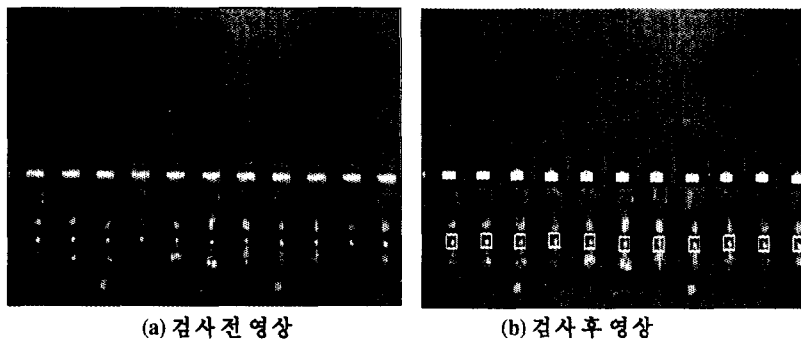


Fig. 12 납땜 검사 윈도우 설정

도구가 이동하여 정확한 납땜 위치를 찾은 결과를 보여주고 있다. 여기서 + 표시는 각 리드의 에지 중심을 나타낸다.

미납 : $2(\%) \leq drat < 35(\%)$,
 무납 : $drat < 2(\%)$

본 연구에서 이용한 납땜 분류 기준은 다음과 같다.

과납 : $drat \geq 95(\%)$,
 정상 : $35(\%) \leq drat < 95(\%)$

Gull-wing 리드를 갖는 부품은 과납인 경우 납땜이 리드 위로 타고 올라가므로 무납의 분류가 어려운 반면에 J-리드를 갖는 부품의 납땜은 수직인 리드에 형성되므로

Table 1 납땜 분류 결과

Sample	납땜 분류	drat(%)	분류 결과
1	과 납	92%	과납
2		94%	과납
3		91%	과납
4		91%	과납
5		97%	과납
6		98%	과납
7		95%	과납
8	정상	72%	정상
9		66%	정상
10		45%	정상
11		77%	정상
12		82%	정상
13		53%	정상
14		68%	정상
15		69%	정상
16		74%	정상
17	77%	정상	
18	미 납	12%	미납
19		16%	미납
20		20%	미납
21		18%	미납
22		9%	미납
23		13%	미납
24		14%	미납
25	무 납	0%	무납
26		0%	무납
27		0%	무납
28		0%	무납
29		0%	무납
30		0%	무납
31		0%	무납

모양이 단순하였다. 납상태 검사 실험에서 과납(7개), 정상(10개), 미납(7개), 무납(7개)을 검사한 결과 Table 1과 같이 모두 정확히 분류하였으며, 검사에 소요되는 시간은 100ms/pt로 아직 상용품에는 미치지 못하나, 추후 DSP 등의 Hardware 이용으로 단축시킬 수 있을 것으로 생각된다.

5. 결 론

본 연구에서는 PCB에서 사용이 급증하고 있는 J-리드 부품을 검사하기 위하여 전체 시스템을 구성하고, 큰 위치오차에 대해서도 정확한 부품 위치와 납땜 위치를 찾는 알고리즘을 개발하고, 그 성능을 평가하였다. 검사 원

도우 설정시 한 화소(납땜영역, 부품 에지)라도 검사 윈도우 내에 있게 되면 정확한 위치로 검사 윈도우를 이동시킬 수 있었으며, 이 알고리즘은 부품 검사시 좌·우로 검사 윈도우의 길이(30화소), 상·하로 검사 윈도우의 폭(24화소)만큼의 유연성을 가지므로 가로 90화소, 세로 72화소의 오차에서도 2차 검사 윈도우를 설정할 수 있는 능력을 가질 수 있으며, 납땜검사에서는 작은 검사 윈도우에서 검사가 이루어지므로 노이즈를 제거할 수 있었다.

향후 연구과제로는 다단의 조명을 사용할 수 있는 J-리드 광학계로 더 많은 특징값을 얻어 신뢰성을 향상시키고, 신경 회로망을 이용한 J-리드를 갖는 부품의 경로생성 및 납땜 분류가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Yuuji TAKAGI and Wilhelm BEUTEL, "Visual Inspection Machine for Solder Joint Using Tiered Illumination", SPIE Machine Vision Systems Integration in Industry, vol 1386, pp 21-29, 1990.
2. D.W. Capson, S.ENG, "A Tiered-Color Illumination Approach for Machine Inspection of Solder Joints", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.10, No.3, pp 387-393, MAY, 1988.
3. R. Vandezetti, A.C. Traub, "Thermal Energy as a Diagnostic" Senser Journal, Vol. 2, No. 3, pp.17-29, Mar. 1985.
4. John Adams, "X-ray Laminography Analysis of Ultra Fine pitch Solder Connections on Ultra-thin Boards". Intergrated Circuit Metrology, Inspection and Process Control V(SPIE) Vol. 1464, pp 484-497, 1991.
5. Rafel C. Gonzales, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992.