

PCB에 장착된 SMD의 부분영상을 이용한 리드의 최대 벗어난 양의 측정

Measurement of Maximum Deviation of Leads using Partial Image of SMD mounted on PCB

신 동 원, 유 준 호
(Dongwon Shin and Jun-Ho You)

Abstract : There are several types of defects of SMDs mounted on PCB, that is, missing components, misalignment, wrong parts and poor solder joints. This research study mainly focuses on measuring of deviation of SMD leads using the partial image of component, not using the full image. This processing based on the partial image has the advantage of the reduction in calculation time compared to the full image. Since position of lead is calculated with respect to pad, the accuracy of the system is not dependent on precise positioning stage. The grabbed image of gray scale is converted into binary format using a automatic threshold. After small fragments in the image is removed by a series of morphology operations such as opening and closing, the centroids of PCB pads and SMD leads is obtained together with labeling of blobs. Translational shift and rotational angle of SMD are succeedingly estimated using above information and chip data. The expression that can calculate the maximum deviation of leads with respect to PCB pads has been derived, and inferior mounting of SMD is judged by a given criterion. Some experiments have been executed to verify this measuring scheme.

Keywords : PCB, SMD, pad, lead, centroid, morphology, deviation of leads

I. 서론

최근들어 표면실장은 PCB에 전기부품을 연결하는데 많이 사용하는 기술로 관통구멍(through hole)을 사용하지 않고 회로기판상의 금속 패드위에 전기부품이 직접적으로 납땜이 되므로 표면실장부품은 DIP(Dual In-Line) 부품보다 외형적으로 치수가 작고 무게가 적다는 장점이 있다. 또한 부품의 리드 구멍이 없고 부품크기의 소형화와 더불어 PCB의 양면으로 장착이 가능하기 때문에 고밀도로 장착이 가능하고 PCB를 다층으로 하여 회로연결선의 효율을 높일 수 있고 더불어 전기적 속도가 빠르고 전력소모가 적다는 이점이 있다. 현재 많이 사용하는 표면실장부품(SMD)으로는 QFP(Quad Flat Package), PLCC(Plastic Leaded Chip Carrier), SOIC(Small Outline Integrated Circuit), 칩저항기, 칩축전기 등이 있다.

표면실장은 회로기판에 부품을 조립하는데 고속으로 집어 장착하는 자동화 작업에 적합한 기술이다. 그러나 핀의 개수가 많아지고 핀피치가 작아질수록 더욱 정교한 장착기술을 요하게 되므로 미소한 장착불량이라도 납의 브리지(bridge) 및 미납과 같은 불량을 초래하게 된다. PCB에 장착된 부품의 결함의 종류로는 부품의 유무검사, 극성검사, 정렬검사, 납땜의 불량검사 등이 있다. 상용화된 검사장치는 LED의 다단조명 또는 color조명을 이용하여 이와 같은 검사항목을 조사한다.

카메라를 이용한 SMD의 위치와 방향을 검사하는 연구는 크게 PCB에 장착하기 전에 하는 검사와 장착한 후

에 하는 검사로 분류할 수 있다[1]. 장착 전의 검사는 칩장착기가 칩의 위치 및 각도보정을 자동으로 할 수 있도록 하는 쪽으로 연구되어 왔다 [2]-[4]. Burel[5]은 기판의 footprint와 부품의 핀사이의 위치 및 각도 오차를 영상의 profile로부터 신경망을 이용하여 계산하였다. 그러나 이 방법은 입력과 출력의 값을 신경망을 통해 학습을 시켜야 한다는 단점이 있다. 장착 후의 검사는 칩장착기와는 별도의 검사장치에서 이루어지며 이에 대한 연구는 다음과 같다. Teoh[6]는 부품에 윈도우를 씌운 후 이의 히스토그램의 분포로써 부품의 유무 및 벗어남을 판별하는 방법을 이용하였다. 그러나 이는 얼만큼 벗어났는가의 정도를 알 수 없고 또한 기준이 되는 히스토그램을 일일이 저장하고 있어야 한다는 단점이 있다. Capson[7]은 SMD 전체의 영상으로부터 리드와 패드의 무게중심의 평균을 구한 후 이로부터 리드의 최대변위를 구하여 이로부터 불량을 판별하였는데 부품의 전체 영상을 대상으로 연산을 하여 계산시간이 오래 걸리고 칩저항이나 칩축전기와 같은 소형의 부품을 검사할 경우에 화면의 해상도가 저하되는 단점이 있다. 패드 바깥쪽에 벗어남 윈도우를 설정하여 리드의 벗어남을 검사하는 방법[8]은 이송장치가 지정된 위치로 정확히 이송하지 못하면 윈도우의 설정이 틀리게 된다. 즉 이송장치의 정밀도에 따라 그 성능이 좌우된다는 단점이 있다.

본 연구는 장착 후의 검사로 부품의 전체 영상을 획득하지 않고도 부품의 벗어난 양을 측정할 수 있고 패드를 기준으로 하여 리드가 벗어난 양의 최대치를 계산하는 알고리즘을 제시한다. 이러한 측정방법은 PCB의 패드를 기준으로 측정하기 때문에 이송장치의 정밀도에 의

접수일자 : 1998. 9. 23., 수정완료 : 1999. 6. 24

신동원 . 금오공과대학교 기계공학부

유준호 . 금오공과대학교 대학원

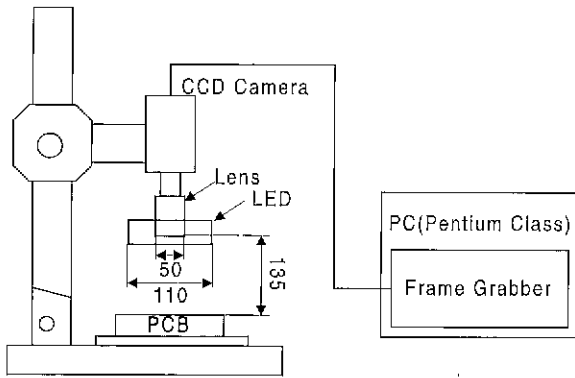


그림 1. 비전시스템의 구성도.
Fig. 1 The schematic diagram of vision system.

존하지 않는다는 장점이 있다. 또한 전체 영상이 아닌 부분 영상만으로 부품의 벗어난 양을 측정하기 때문에 계산시간에 있어서도 이점이 있다.

본문의 내용 구성은 다음과 같다. 2장에서는 영상해석 및 측정알고리즘에 대하여 기술하고 3장에서는 측정실험에 대하여 기술하고 4장은 결론에 대하여 기술한다.

II. 영상해석 및 측정알고리즘

그림 1은 본 연구에서 사용한 비전시스템의 개략도이다. 카메라의 유효화소수는 682(H)*492(V)이고 작업거리 (working distance)는 135mm이고 FOV(field of view)는 11*14mm*mm이다. 카메라로부터 입력된 표준 RS-170 video 신호는 PC(Intel Pentium 166MHz)에 설치된 Matrox frame grabber(Meteor)에 의해 8bit gray level의 640(H)*480(V)의 영상으로 변환된다. E.P.(engineering plastic) 재질의 외경11cm, 내경 5cm인 링형의 조명기구에는 최대 파장이 660nm인 LED가 원주방향으로 배열되어 있고 조명의 균일도를 높이기 위하여 확산판을 부착하였다. 여기서LED의 전력공급은 SMPS(switching mode power supply)로 하였다. 이러한 조명으로 백색용지에 조명을 투사하여 획득한 영상의 평균밝기는 247, 표준편차는 5의 값을 가진다.

이와 같은 장치로 획득한 QFP의 본체와 리드부 그리고 PCB의 패드부의 영상은 그림 2와 같다. 리드의 시작 부분과 끝부분, PCB 패드부분은 수직방향으로 들어오는 빛을 카메라 쪽으로 반사하여 다른 부분에 비하여 환하게 보인다. 리드의 구부러진 부분은 경사때문에 빛을 카메라 렌즈쪽으로 반사하지 못하므로 상대적으로 어둡게 나타난다. 본 연구에서는 획득한 영상을 횡방향 윈도우 W_h 와 종방향 윈도우 W_v 로 구분하여 영상처리를 한다. 영상처리시간의 단축을 위하여 윈도우 내에는 리드의 시작부분은 포함하지 않는다. 이후에 부품의 리드라 함은 리드의 끝부분만을 의미하는 것으로 한다.

검사 윈도우의 크기는 SMD 부품시방서에 나와 있는 리드의 크기, 피치 p, PCB의 패드의 크기를 고려하여 사용자가 검사할 패드(리드)의 개수를 지정하면 그에 맞는 횡방향과 종방향 윈도우가 만들어진다. 단, 그림 2에서와 같이 횡방향 윈도우의 경우에 상, 하, 좌측은 p, 우측은

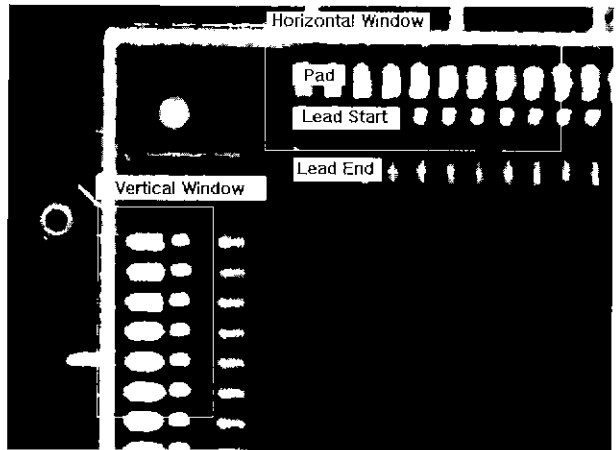


그림 2. PCB에 장착된 QFP 및 윈도우.
Fig. 2. QFP mounted on PCB and windows.

$p/2$ 만큼의 여유를 둔다 종방향 윈도우의 경우에는 상, 좌, 우측은 p, 하측은 $p/2$ 만큼의 여유를 둔다.

1. 영상분할

윈도우의 영상을 분할하기 전에 영상에 존재하는 노이즈를 제거하기 위하여 median filter를 사용한다. 이는 해당 픽셀주위의 3*3 크기의 픽셀 그룹에서 중간값을 택하여 해당 픽셀의 값으로 택하는 것이다. 다음에 영상분할을 위하여 임계치(threshold) 방법을 사용하였다[9]. 여러가지 임계치방법 중 분산법, 모드법, 반복적 방법을 사용한 결과 분산법은 22.31msec, 모드법은 0.12msec, 반복적 방법은 0.10msec의 연산시간이 소요되었고 임계치는 거의 유사하게 나왔다. 따라서 가장 연산시간이 작게 나오는 반복적 방법을 택하여 임계치를 자동으로 정하였다. 이어서 이러한 임계치를 사용하여 gray scale의 영상을 이진화하였다. 반복적 방법을 이용한 임계값 결정은 다음과 같이 행하였다.

- 1) 추정임계치 T를 임의로 결정한다.
- 2) T를 이용하여 히스토그램상에서 영상을 2개의 영역 R_1 과 R_2 으로 구분하고 영역 R_1 과 R_2 의 평균밝기값 m_1, m_2 를 구한다.
- 3) 새로운 임계치 $T = (m_1 + m_2)/2$ 를 구한다
- 4) 평균밝기값 m_1, m_2 가 변하지 않을 때까지 2와 3을 반복한다.

이진화한 영상중에 노이즈성격의 작은 조각들이 있을 수 있으므로 이를 제거하기 위하여 opening과 closing을 반복하여 실행한다. opening과 closing으로 인한 영상정보량의 손실을 최소화하기 위하여 각각 1회씩 수행하였다. opening은 erosion과 dilation의 연속 수행으로, closing은 dilation과 erosion의 연속 수행으로 이루어진다. 여기서 erosion과 dilation의 구성소(structuring element)는 3*3의 영행렬이고 erosion은 해당 픽셀의 이웃에서 구성소를 뺀 값 중 최소값을 해당 픽셀의 값으로 대치한다. dilation은 해당 픽셀의 이웃에 구성소를 더한 값 중 최대값을 해당 픽셀의 값으로 대치한다.

2. 레이블링(Labeling) 및 검사할 패드의 수의 결정

영상분할 후 이진화한 영상에는 리드부분과 패드부분

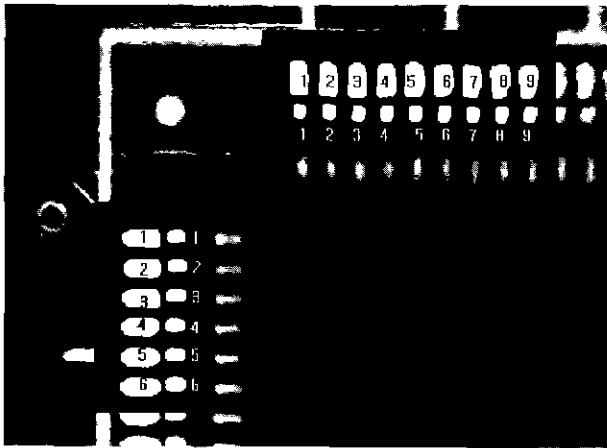


그림 3. 이진화된 영상의 잡음제거 및 레이블링.
Fig. 3. Noise removal and labeling of binarized image.

의 영역이 생긴다. 이것들 외에 조명조건 및 납 찌꺼기에 의한 미소 영역이 생길 수 있으므로 이러한 미소 영역에 해당하는 것들은 버린다. 또한 실크스크린 인쇄에 의한 하얀 선이 윈도우 내에 있을 가능성이 있으므로 길이와 폭의 비가 큰 영역은 버린다. 이어 8-connectivity에 의해 연결된 영역에 대하여 레이블링을 행한다. 이는 그림 3과 같이 횡방향 윈도우에서는 횡방향으로 번호를 매기고 종방향 윈도우에 대해서는 종방향으로 번호를 매긴다.

여기서, 주의 할 점은 소자의 각도나 위치벗어남에 따라 윈도우에 의해 패드(리드)영상의 일부분이 잘려나갈 수 있다는 점이다. 이렇게 일부분이 잘려나간 것의 면적이 패드(리드)의 원래면적(시방서에서 구할 수 있음)의 90% 미만이면 패드(리드)는 레이블링 단계에서 그에 해당하는 리드(패드)와 같이 제외된다. 따라서 최종적으로 윈도우내에서 검사할 패드(리드)의 개수 n_h, n_v 는 윈도우내에서 온전한 패드(리드)영상의 개수를 나타낸다. 이러한 검사할 패드(리드)의 개수가 2개이상만 되면 본 연구의 측정알고리즘이 적용가능하다.

3. 부품의 전체화면을 이용한 부품의 회전각도 및 평행 이동량의 계산

부품의 회전이동량 β 와 평행이동량 P 가 있다면 카메라가 QFP의 전체영상을 획득했을 때 그림 4에서와 같이 PCB 패드에 대하여 부품의 리드가 어긋나게 위치하게 된다(그림 7 참조). 그림 4에서 PCB의 패드부와 부품리드부의 무게중심을 까만 원으로 도시하였고 윈도우가 부품의 상부와 좌측부를 다루므로 상부와 좌측부의 패드와 리드의 무게중심만을 도시하였다.

실제로 이 무게중심들은 그림 4처럼 일렬로 잘 정렬되어 있지 않고 약간의 오차를 갖고 정렬되어 있으나 편의상 그림과 같이 표시한다. X_A-Y_A frame은 영상기준좌표계이고 이를 기준으로 상측 패드부의 무게중심의 평균을 M_{ph} , 상측 리드부의 무게중심의 평균을 M_{lh} 라 하고 좌측 패드부의 무게중심의 평균을 M_{pv} , 좌측 리드부의 무게중심의 평균을 M_{lv} 라 놓는다. 그림 4에서 α 는 패드

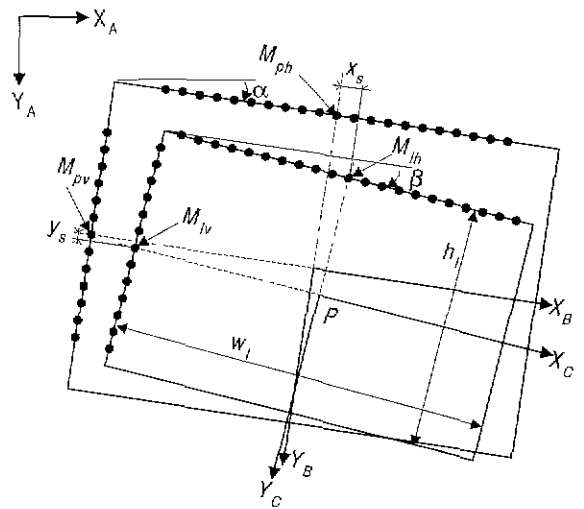


그림 4. 부품의 전체화면에서 리드와 패드의 무게 중심.
Fig. 4. Centroids of leads and pads in the full image of the component.

부가 영상기준좌표계에 대하여 기울어진 각도이고 β 는 리드부가 패드부에 대하여 상대적으로 기울어진 각도로 부품이 패드부에 대하여 상대적으로 기울어진 양을 의미한다. Hough transform[10]을 통하여 상측 패드부의 무게중심을 지나는 직선의 X_A 축에 대한 기울기와 좌측 패드부의 무게중심을 지나는 직선의 Y_A 축에 대한 기울기를 구한 후 이들의 평균을 내면 각도 α 를 구할 수 있다. 상측 리드부의 무게중심을 지나는 직선의 X_B 축에 대한 기울기와 좌측 리드부의 무게중심을 지나는 직선의 Y_B 축에 대한 기울기의 평균으로 각도 β 를 구할 수 있다.

M_{ph} 에서 수직방향의 점선 직선과 M_{pv} 에서 수평방향의 점선 직선간의 교점이 전체 패드부의 중심이 되고 이를 원점으로 X_B-Y_B frame을 구성하고 이를 패드좌표계로 한다. M_{lh} 에서 수직방향의 점선 직선과 M_{lv} 에서 수평방향의 점선 직선간의 교점을 P 라 하고 이를 리드좌표계 X_C-Y_C frame의 원점으로 한다. 리드의 무게중심과 반대편 리드의 무게중심간의 종방향 거리를 h_1 , 횡방향 거리를 w_1 로 놓는다. 패드좌표계에 대한 M_{ph} 와 M_{lh} 간의 수평 거리 x_s 와 M_{pv} 와 M_{lv} 간의 수직거리 y_s 가 주어진다면 그림 4에서 기하학적인 관계를 이용하여 패드좌표계에 대한 점 P 의 위치를 다음과 같이 구할 수 있다. 여기서 β 는 상기에서 구한 값을 사용하고 h_1, w_1 은 칩의 시방서에서 얻거나 측정하여 구할 수 있다.

$$P = \{P_x, P_y\} = \left\{ x_s - \frac{h_1}{2} \sin \beta, y_s + \frac{w_1}{2} \sin \beta \right\}^T \quad (1)$$

여기서, 점 P 의 값은 부품의 중심이 패드좌표계에 대하여 평행이동한 양을 의미한다. 이와 같은 방법으로 패드 좌표계에 대한 부품의 평행이동량 P 와 부품의 회전각도 β 를 구하기 위해서는 부품전체의 넓은 영상을 획득하여야 된다. 실제적으로 영상검사에서서는 QFP말고도 칩 저항기 및 칩축전기 등의 소형의 부품을 검사해야 하

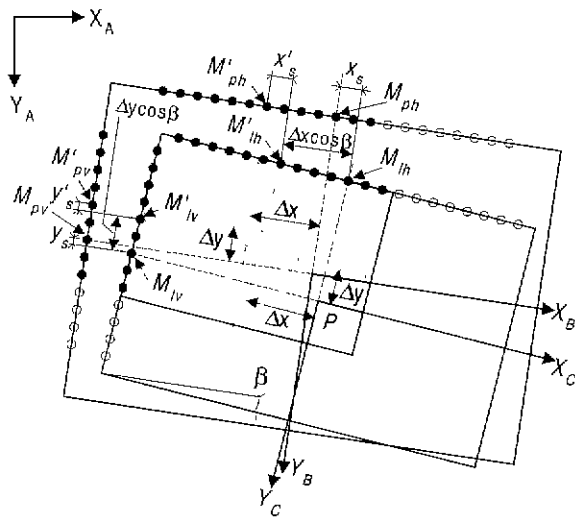


그림 5. 부품의 부분화면에서 리드와 패드의 무게 중심.

Fig. 5. Centroids of leads and pads in the partial image of the component.

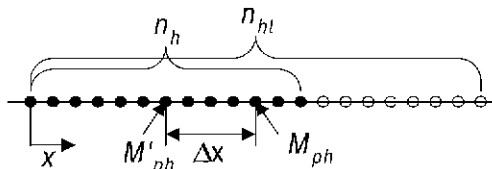


그림 6. M_ph와 M'_ph간의 거리 Δx.
Fig. 6. Distance Δx between M_ph and M'_ph.

므로 영상의 범위가 너무 넓으면 해상도가 떨어지므로 검사의 정밀도가 떨어진다. 따라서 QFP의 전체 영상이 아닌 부분 영상을 획득하여 이로부터 P의 값을 추정하는 과정이 필요하다 하겠다.

4. 부품의 부분화면을 이용한 부품의 회전각도 및 평행 이동량의 계산

카메라가 QFP의 한 모서리부분의 영상을 획득했을 때 윈도우에 잡힌 PCB의 패드부와 부품의 리드부를 까만 원으로 표시하고 윈도우에 들어가지 않은 부분은 흰색의 원으로 표시하면 그림 5와 같다.

이후의 영상처리는 전체의 패드 및 리드에 대하여 하는 것이 아니라 윈도우내의 까만 원의 패드 및 리드에 대하여 적용한다. 상측 패드부의 무게중심의 평균을 M'_ph, 상측 리드부의 무게중심의 평균을 M_ph라 하고 좌측 패드부의 무게중심의 평균을 M'_pv, 좌측 리드부의 무게중심의 평균을 M_pv라 놓는다. 패드부의 기울어진 각도 α와 β는 2.3절과 동일한 방법으로 구한다.

M_ph와 M'_ph간의 거리 Δx는 그림 6과 같이 구할 수 있다. 즉 편피치를 p라 하고 윈도우내의 패드의 개수를 n_h, 상측 변의 패드의 전체 개수를 n_hl라 하면 M_ph의 위치는 (n_h-1)p/2이고 M'_ph의 위치는 (n_hl-1)p/2이므로 Δx = (n_hl-n_h)p/2이다. M_pv와 M'_pv간의 거리 Δy도 윈도우내의 패드의 개수를 n_v, 좌측 변의 패드의 전체 개수를 n_vl라 하면 같은 방법으로 Δy = (n_vl-n_v)p/2와 같이 구할 수

있다. 상측 리드부의 M_ph와 M'_ph간의 거리는 상측 패드부와 동일한 Δx이고 좌측 리드부의 M_pv와 M'_pv간의 거리는 좌측 패드부와 동일한 Δy가 된다. 이는 패드와 리드가 동일한 피치 간격으로 동일한 개수로 배열되기 때문이다.

패드좌표계 XB-YB frame에 대한 M'_ph와 M_ph간의 수평거리를 x'_s라 하고 M'_pv와 M_pv간의 수직거리를 y'_s로 놓고, 그림 5의 기하학적인 관계를 이용하면 다음과 같은 식을 얻는다.

$$\begin{aligned} x_s + \Delta x &= x'_s + \Delta x \cos \beta \\ y_s + \Delta y &= y'_s + \Delta y \cos \beta \end{aligned} \quad (2)$$

이를 정리하면 x'_s와 y'_s, n_hl와 n_h, n_h와 n_v가 주어질 때 x_s와 y_s를 구할 수 있는 식을 다음과 같이 얻는다.

$$\begin{aligned} x_s &= x'_s + \frac{n_{hl} - n_h}{2} p (\cos \beta - 1) \\ y_s &= y'_s + \frac{n_v - n_{vl}}{2} p (\cos \beta - 1) \end{aligned} \quad (3)$$

이 식을 (1)에 대입하면 점 P의 값을 부품의 부분화면으로부터 구할 수 있다.

5 패드에 대한 리드의 최대벗어난 양

이러한 이동이 있을 경우와 없을 경우의 리드의 위부분의 리드가 패드좌표계를 기준으로 β의 회전이동과 P의 평행이동이 없는 경우와 있는 경우를 그림 7에 도시하였다.

치의 차이를 모든 리드에 대하여 계산하여 이러한 차이값 중 최대 값이 기준량을 벗어나면 주어진 부품은 장착불량으로 간주한다.

그림 7(a)에서와 같이 side 1의 리드에 대하여 고려하면 이동이 없을 경우의 패드좌표계 XB-YB frame에 대한 각 리드의 위치는 다음과 같다.

$${}^B P_h^{(i)} = \left\{ -\frac{(n_h - 1)p}{2} + (i - 1)p, -\frac{h_i}{2} \right\}^T \quad (i = 1, 2, \dots, n_h) \quad (4)$$

그림 7(b)에서와 같이 side 1의 리드에서 β의 회전이동과 P의 평행이동이 있을 경우의 패드좌표계에 대한 각 리드의 위치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} {}^B \bar{P}_h^{(i)} &= Rot(\beta) {}^B P_h^{(i)} + P \quad (i = 1, \dots, n_h) \\ \text{where} \\ Rot(\beta) &= \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix}, P = \{P_x, P_y\} \end{aligned} \quad (5)$$

양 경우의 각 리드의 위치의 차이 Δ⁽ⁱ⁾는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta^{(i)} &= \begin{Bmatrix} \Delta x_i^{(i)} \\ \Delta y_i^{(i)} \end{Bmatrix} = \left| {}^B \bar{P}_h^{(i)} - {}^B P_h^{(i)} \right| \\ &= \left\| \begin{Bmatrix} -\left\{ \frac{(n_h - 1)p}{2} + (i - 1)p \right\} (\cos \beta - 1) + \frac{h_i}{2} \sin \beta + P_x \\ \left\{ \frac{(n_h - 1)p}{2} + (i - 1)p \right\} \sin \beta - \frac{h_i}{2} (\cos \beta - 1) + P_y \end{Bmatrix} \right\| \end{aligned} \quad (6) \end{aligned}$$

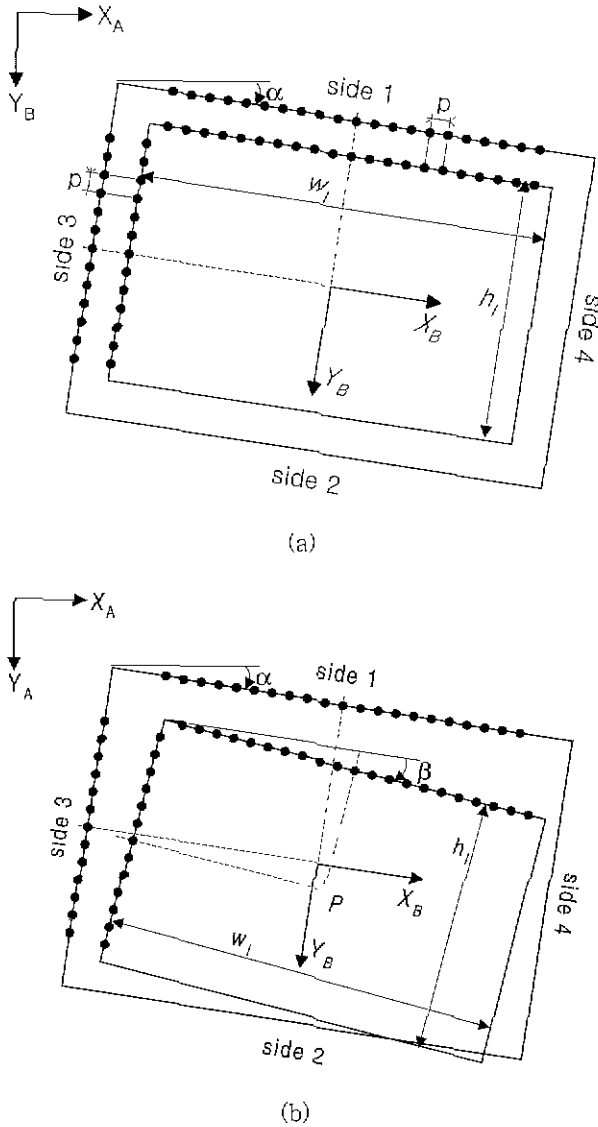


그림 7. 좌표계에서 리드와 패드의 위치. (a) 리드가 패드좌표계를 기준으로 이동이 없는 경우, (b) 리드가 패드좌표계를 기준으로 이동이 있는 경우.

Fig. 7 Positions of leads and pads in coordinate systems. (a) When leads are not moved wrt pad frame, (b) When leads are moved wrt pad frame.

여기서 $\Delta x_i^{(1)}$ 과 $\Delta y_i^{(1)}$ 는 i 에 대하여 선형적으로 변하므로 최대값은 i 가 1 또는 n_{hi} 에서 생긴다. 따라서 $\Delta x_i^{(1)}$ 과 $\Delta y_i^{(1)}$ 의 최대값을 각각 $\Delta x_{max}^{(1)}$ 과 $\Delta y_{max}^{(1)}$ 라 하면 다음과 같다.

$$\Delta x_{max}^{(1)} = \max \left\{ \begin{aligned} &-\frac{(n_{hi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) + \frac{h_l}{2}\sin\beta + P_x \\ &\frac{(n_{hi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) + \frac{h_l}{2}\sin\beta + P_x \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta y_{max}^{(1)} = \max \left\{ \begin{aligned} &-\frac{(n_{hi}-1)p}{2}\sin\beta - \frac{h_l}{2}(\cos\beta-1) + P_y \\ &\frac{(n_{hi}-1)p}{2}\sin\beta - \frac{h_l}{2}(\cos\beta-1) + P_y \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

이상의 과정을 나머지 side 2, side 3, side 4에 대하여도 적용하여 각 side에서 리드의 x방향의 최대 벗어난 양과 y방향의 최대 벗어난 양을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta x_{max}^{(2)} = \max \left\{ \begin{aligned} &-\frac{(n_{hi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) - \frac{h_l}{2}\sin\beta + P_x \\ &\frac{(n_{hi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) - \frac{h_l}{2}\sin\beta + P_x \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta y_{max}^{(2)} = \max \left\{ \begin{aligned} &-\frac{(n_{hi}-1)p}{2}\sin\beta + \frac{h_l}{2}(\cos\beta-1) + P_y \\ &\frac{(n_{hi}-1)p}{2}\sin\beta + \frac{h_l}{2}(\cos\beta-1) + P_y \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta x_{max}^{(3)} = \max \left\{ \begin{aligned} &-\frac{(n_{wi}-1)p}{2}\sin\beta - \frac{w_l}{2}(\cos\beta-1) + P_x \\ &\frac{(n_{wi}-1)p}{2}\sin\beta - \frac{w_l}{2}(\cos\beta-1) + P_x \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta y_{max}^{(3)} = \max \left\{ \begin{aligned} &-\frac{(n_{wi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) - \frac{w_l}{2}\sin\beta + P_y \\ &\frac{(n_{wi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) - \frac{w_l}{2}\sin\beta + P_y \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta x_{max}^{(4)} = \max \left\{ \begin{aligned} &-\frac{(n_{wi}-1)p}{2}\sin\beta + \frac{w_l}{2}(\cos\beta-1) + P_x \\ &\frac{(n_{wi}-1)p}{2}\sin\beta + \frac{w_l}{2}(\cos\beta-1) + P_x \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta y_{max}^{(4)} = \max \left\{ \begin{aligned} &-\frac{(n_{wi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) + \frac{w_l}{2}\sin\beta + P_y \\ &\frac{(n_{wi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) + \frac{w_l}{2}\sin\beta + P_y \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

이를 이용하여 부품의 모든 side에서 리드의 x방향의 최대 벗어난 양과 y방향의 최대 벗어난 양을 구하면 다음과 같다.

$$\Delta x_{max}^{all} = \max \left\{ \begin{aligned} &\Delta x_{max}^{(1)} \\ &\Delta x_{max}^{(2)} \\ &\Delta x_{max}^{(3)} \\ &\Delta x_{max}^{(4)} \end{aligned} \right\} \approx \max \left\{ \begin{aligned} &\left| \frac{(n_{hi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) \right| + \left| \frac{h_l}{2}\sin\beta \right| + |P_x| \\ &\left| \frac{(n_{wi}-1)p}{2}\sin\beta \right| + \left| \frac{w_l}{2}(\cos\beta-1) \right| + |P_x| \end{aligned} \right\}$$

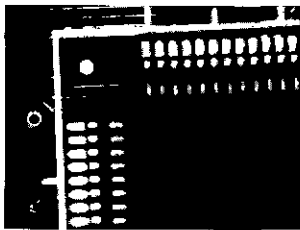
$$\Delta y_{max}^{all} = \max \left\{ \begin{aligned} &\Delta y_{max}^{(1)} \\ &\Delta y_{max}^{(2)} \\ &\Delta y_{max}^{(3)} \\ &\Delta y_{max}^{(4)} \end{aligned} \right\} \approx \max \left\{ \begin{aligned} &\left| \frac{(n_{hi}-1)p}{2}\sin\beta \right| + \left| \frac{h_l}{2}(\cos\beta-1) \right| + |P_y| \\ &\left| \frac{(n_{wi}-1)p}{2}(\cos\beta-1) \right| + \left| \frac{w_l}{2}\sin\beta \right| + |P_y| \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

이와 같이 구한 부품전체에서의 리드의 최대 벗어난 양을 이용하여 다음과 같은 장착불량조건을 설정한다. 만약 이 조건 중 하나라도 만족하지 않으면 장착불량으로 간주한다.

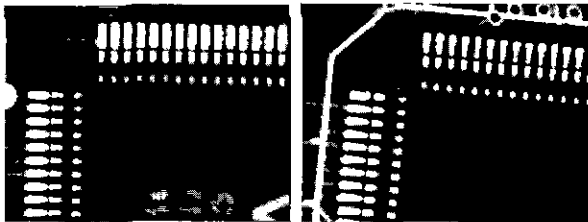
$$\Delta x_{max}^{all} < \frac{p}{3}; \Delta y_{max}^{all} < \frac{p}{3} \quad (10)$$

III. 측정실험

그림 8은 실험에서 사용한 PCB에 장착된 3개의 칩의 영상이다. 실험의 목적을 위하여 부품을 약간 기울여 부



(a) ALI M1445



(b) ViBRA CT2504

(c) ALI M1431

그림 8. PCB에 장착된 칩의 영상.
Fig. 8. Images of chips mounted on PCB.

표 1. Chip data(단위 : [mm]).
Table 1. Chip data (unit : [mm]).

Chip	Pitch (p)	수평방향		수직방향	
		Width (w _l)	핀수 (n _{ht})	Height (h _v)	핀수 (n _{vt})
M1445	0.63	30.7	40	30.7	40
CT2504	0.62	16.4	20	22.5	30
M1431	0.63	16.5	20	22.6	30

품의 부분 영상을 획득하였다. 횡방향과 종방향으로 밝혀 나타나는 부분이 PCB의 패드와 부품의 리드에 해당한다. 표 1에는 이러한 칩들의 mechanical data로 피치의 길이, 횡방향의 길이 w_l, 횡방향의 전체 핀수 n_{ht}, 종방향의 길이 h_v, 종방향의 전체 핀수 n_{vt}를 표시하였다. 정밀한 측정실험을 위하여 카메라보정은 0.1mm의 정밀도를 가지고 크기가 10mm인 Nikon의 calibration 자를 이용하였다. 여기서 영상의 한 픽셀당 resolution은 0.022mm이다. 전체적인 측정알고리즘은 Visual C++로 구현하였다.

그림 8(a)에서 횡방향 윈도우 W_h내의 패드의 개수 n_h는 11개이고, 종방향 윈도우 W_v내의 패드의 개수 n_v는 7개이다. 그림 8(b)에서는 각각 14개와 9개이고 그림 8(c)에서는 각각 10개와 9개이다. 이러한 횡방향과 종방향 윈도우의 영상에 대하여 표 1의 데이터를 본 연구의 측정 알고리즘에 적용하여 부품의 회전각도 및 평행이동량과 리드의 최대 벗어난 양을 계산하면 그 결과는 표 2과 같다. 표에서와 같이 부품 3개 모두 (10)의 조건을 만족하므로 장착양호로 간주한다.

Hough변환을 사용하여 직선의 각도를 구할 경우 각도정밀도를 0.1도로 하여 프로그램을 수행하였다. 전체 프로그램 수행시간은 고려해야 할 패드(리드)의 수와 비례하는데 상기의 경우 영상을 획득하는 시간을 포함하여

표 2. 칩의 이동량에 대한 결과(단위 : [degree], [mm]).

Table 2. Results for movement of chip (units : [degree], [mm]).

Chip	α	β	P _x	P _y	Δx_{max}^{all}	Δy_{max}^{all}
M1445	-2.5	0.35	-0.060	0.039	0.154	0.133
CT2504	1.4	-0.45	0.090	-0.087	0.179	0.152
M1431	5.1	0.55	-0.092	0.054	0.200	0.130

대략 500msec정도가 소요되었다.

IV. 결론

본 연구는 PCB에 장착된 SMD의 부분영상을 이용하여 PCB 패드에 대한 SMD의 리드의 최대 벗어난 양을 측정하는 알고리즘을 제시하였다. SMD 전체 화면을 이용하여 벗어난 양을 계산하는 기존의 방식은 화면의 해상도가 떨어지고 계산시간이 오래걸리는 반면 제안한 방식은 화면의 해상도를 높일 수 있으며 계산시간이 적게 걸리는 장점이 있다. 또한 패드 위치에 대하여 상대적으로 리드의 벗어난 양을 측정하므로 이 방식은 PCB 보드의 위치이송의 정밀도에 의존하지 않는다는 장점이 있다. 본 연구의 알고리즘은 QFP 외에도 PLCC, SOIC와 같은 부품에도 적용할 수 있다.

CCD 카메라를 통하여 획득한 화면은 횡방향 윈도우와 종방향 윈도우내의 영상에 대하여 자동임계치를 사용하여 이진화한 후 영상분할을 행하였다. 이진화 한 영상의 노이즈를 morphology를 통하여 제거하고 레이블링을 거쳐 리드부와 패드부를 구분하였다. 리드와 패드의 무게중심의 정보를 이용하여 부품의 평행이동량과 회전각도를 구하였으며, 이를 통하여 리드의 최대벗어난 양을 계산하여 장착불량을 판정하였다. 최종적으로 비전실험을 통하여 상기의 알고리즘의 성능을 확인하였다.

참고문헌

- [1] S. Hata, "Vision system for PCB manufacturing in Japan," *IECON'90*, pp. 792-797, 1990.
- [2] 권준식, 최수중, "SMD의 위치와 방향 계산 및 검사알고리즘 : 형태학적 방법과 Hough 변환방법의 비교." 전자공학회논문집, 제32권, B편 제1호, pp. 73-84, 1995.
- [3] 정홍규, 박대홍, "SMD 및 PCB의 방향과 위치탐지." 전자공학회논문집, 제31권, B편 제3호, pp. 281-291, 1994
- [4] 차국찬, 박일수, 최수중, "SMT에서 정합 및 부품검사 알고리즘의 실시간 처리에 관한 연구," 전자공학회논문집, 제29호, B편 제1호, pp. 76-84, 1995.
- [5] G. Burel, F. Bernard and W. J. Venema, "Vision feedback for SMD placement using neural networks," *Proc. of 1995 IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, pp. 1491-1596, 1995.
- [6] E. K. Teoh, D. P. Mital, B. W. Lee and L. K. Wee, "Automated visual inspection of surface mount PCBs," *IECON'90*, pp. 576-580, 1990.

- [7] D. W. Capson and R. M. C. Tsang, "An experimental vision system for SMD component placement inspection," *IECON'90*, pp. 815-820, 1990.
- [8] *Chip Placement Checker CPC-1000 User's Manual*, Sony Minokamo Corp., 1996.

- [9] J. R. Parker, *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, John Wiley & Sons, 1997.
- [10] P. V. C. Hough, "Methods and means for recognizing complex patterns," U.S. Patent 3,069,654.



신 동 원

1989년 서울대학교 기계설계학과 졸업. 1991년 서울대학교 대학원 기계설계학과 졸업(석사). 1996년 서울대학교 대학원 기계설계학과 졸업(박사). 1996-1997년 삼성전자 자동화연구소 전임연구원. 1997년-현재 금오

공과대학교 조교수. 관심분야는 PCB 비전검사, 자기베어링 제어, 견인제어.



유 준 호

1998년 금오공과대학교 기계공학과 졸업. 1998년-현재 금오공과대학교 대학원 기계공학과 석사과정. 관심분야는 image processing, 자동제어.