

☒ 연구논문

영상처리 기법을 이용한 SMD 장착위치 및 방향 생성에 관한 연구
A study on the generation of SMD mounting position and orientation utilizing image processing technique

구 영 모*
 Koo, Young Mo

Abstract

In this paper, an algorithm to generate the mounting position and orientation of SMD is proposed. For the proposed algorithm, we used the image captured from PCB and utilized image processing technique. Pre-processing technique, threshold level determination method, divided recognition of the SMD pattern on a PCB, calculating mounting position and orientation are related topics of this research. All of the related topics were reviewed and the results of this research were obtained from applying the algorithm to the real Surface Mounting Machine(model:MCU1/CPM) made by Samsung Electronics Co.

1. 서론

전자제품의 경박단소화 추세에 부응하기 위한 전자부품의 소형화는 인쇄회로기판의 표면에 구멍을 내지않고 부품을 인쇄회로기판의 표면에 직접 부착할 수 있는 표면실장부품(SMD ; Surface Mounting Device)을 탄생시켰으며, SMD의 표면실장과 관련된 다양한 표면실장기술(SMT ; Surface Mounting Technology)의 개발과 함께 인쇄회로기판 위에 SMD를 자동으로 부착해주는 표면실장기(Chip Moulder)가 등장하게 되었다.[1]-[3]

1970년대 초부터는 전자제품생산 현장에서 제품 및 부품의 자동정렬, 분류, 검사 등 광범위한 작업에 영상처리기법을 도입하기 시작하였는데[4] 이 기법을 표면실장기에 의한 SMD장착 결과 검사에 응용한 이후[5] SMD의 위치 및 방향을 효과적으로 검사하기 위한 연구가 여러방면에서 시도되고 있다.[6]-[9]

본 연구에서는 표면실장기에 기 부착된 카메라를 사용하여 PCB상의 SMD장착용 패턴을 촬상해서 영상처리기법에 의한 SMD의 장착위치 및 방향을 자동생성하는 방법을 제시하고자 한다. 이를 위하여 최소자승법을 이용한 직선 근사화(Line Fitting) 방법[10]을 사용하였으며, 획득된 영상의 전처리 기법, PCB상의 SMD 장착패턴을 주변 패턴과 구분하기 위한 임계값(threshold) 자동설정 방법[11][12], 위치정도를 높이기 위한 SMD장착 패턴의 분할인식 방법, SMD 장착위치 및 방향 결정방법 등을 고찰하였다.

현재 표면실장기의 장착좌표 입력에 사용되고 있는 방법은 크게 세가지로 분류할 수 있는데 첫째는 PCB상의 장착좌표를 작업자가 직접 측정기(자, 버니어 캘리퍼스 등)로 측정하여 입력하는 방법, 둘째는 PCB 제작용 CAD data를 이용하여 직접 표면실장기에 파일상태로 입력하는 방법, 셋째는 본 연구에서 제안하는 방법과 같이 표면실장기가 PCB상의 부품위치 인식마크 혹은 부품패턴자체를 인식하여 장착좌표를 생성하는 방법이다. 이상의 세가지 방법중 장착

*유한대학 전자과

좌표 입력에 소요되는 시간의 관점에서 가장 적절하다고 생각되는 것은 PCB 제작용 CAD data를 직접 파일상태로 입력받아 사용하는 방법이다. 그러나, 모든종류의 CAD 소프트웨어를 사용해서 작성된 CAD data를 입력받아 사용할 수 있는 표면실장기는 현실적으로 구할 수 없다는 점과 CAD 데이터의 기준원점과 표면실장기의 기계적 원점이 항상 일치하지 않을 수 있다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 회피하기 위한 방법의 한가지로 생각되는 것이 표면실장기가 직접 PCB상의 부품위치 인식마크 혹은 부품패턴자체를 인식하여 장착위치 좌표 및 방향을 스스로 생성하는 방법이다.

본 연구에서는 이를 위해 별도의 부품장착위치 인식마크가 표시되어 있지 않은 PCB에서 PCB상의 SMD부품 패턴 자체를 표면실장기에 부착되어있는 기존의 카메라로 직접 인식하여 장착위치 좌표와 방향을 스스로 생성하도록 하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 성능을 검토하기 위하여 삼성전자에서 자체개발한 표면실장기(MCU1/CPM)에 본 방법을 이식하여 실제 PCB기판에 인쇄되어 있는 동일한 위치의 SMD부품패턴을 촬상한 후 장착위치 좌표와 방향을 생성하도록 하였으며 이를 수회 반복하여 반복정도를 제시하였다.

2. 연구방법

2.1 SMD 장착 좌표값 과 방향

SMD 장착 좌표값이란 카메라가 있는 표면실장기에서 콘베이어 기준원점에 대하여 장착대상 부품을 흡착한 헤드에 있는 노즐중심의 평면좌표값(x,y)으로 정의하며, 부품의 증앙을 흡착한 경우 이 노즐중심이 장착좌표값이 된다. 따라서 카메라로 PCB상의 부품패턴을 직접 촬상한 경우에는 이 값을 스스로 생성할 수 있어야 한다. 그리고 장착 방향은 장착좌표값과 함께 부품장착시 요구되는 값으로 X축 Robot을 기준으로 시계반대방향 각도값(deg.)으로 표현한다. 장착 좌표값과 함께 장착 방향도 카메라로 PCB상의 부품패턴을 직접 촬상한 경우에는 스스로 생성할 수 있어야 한다.

표면실장기가 PCB의 패턴에 표면실장부품(SMD)을 장착시 PCB위의 부품패턴을 카메라로 촬상후 헤드가 이동해야 하는 장착점의 목표위치 데이터를 자동으로 생성하도록 하는 기능을 카메라 티칭 기능이라 하며 이는 표면실장기의 PCB기판 마크 인식 카메라를 이용하여 표면실장부품의 장착좌표값을 자동티칭 하므로써 작업자가 수동조작으로 장착좌표 데이터를 입력하는 방법에 소요되는 시간 및 장착좌표 데이터의 오차량을 최소화 할 수 있게 한다. 이와같은 카메라 티칭의 대상이 되는 표면실장부품에는 표면실장기에 사용되는 모든 SMD가 포함되며 그중 대표적인 부품으로는 QFP(Quad Flat Package)형 IC, SOP형 IC, Chip부품 등을 예로 들 수 있다.

2.2 시스템 구성

본 연구에 사용된 표면실장기(MCU1/CPM)의 구성은 그림1과 같다. 그림1에서는 특히 중요한 관심부분인 카메라 및 조명장치부분의 상태를 자세히 표현하였다. 흑백CCD 카메라로는 $\frac{1}{3}$ "크기의 CCD를 사용하는 SONY(사)의 XC77 을 사용하였으며 영상처리기법을 이용하기 위하여 삼성전자에서 자체개발한 흑백 영상처리 보드(FARA MVB-02)를 사용하였고 조명에는 적색 LED를 광원으로 하는 낙사조명방식을 사용하였으며 렌즈의 F.O.V(Field of View)는 10.6 mm×8mm(H×V)로 고정하였다. 그림1에서 헤드중심과 CCD촬상화면 중심간의 거리는 일정하며 이 거리를 정확히 측정하기 위한 여러 방법들이 존재할 수 있지만 본 연구의 주제와는 다르므로 다루지 않는다.

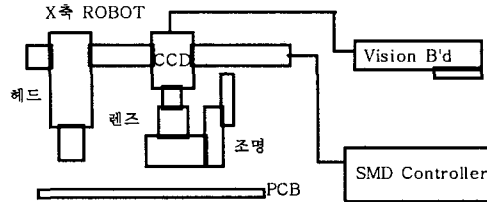


그림1 시스템구성도

2.3 SMD형상별 장착좌표 기준

PCB상공에서 부품패턴을 보았을때의 SMD형상별 PCB패턴의 형태 및 장착위치 그리고 conveyor 기준점을 그림2에 표현하였다.

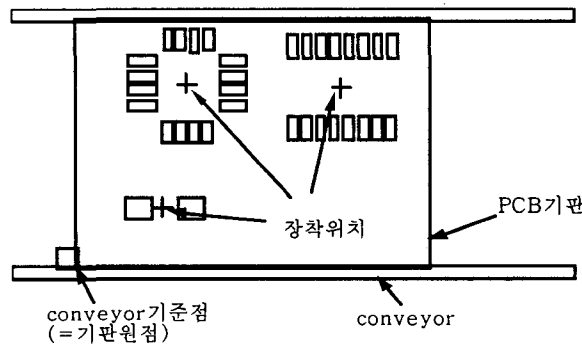


그림2 장착위치 및 기준점

그림2의 십자선위치를 찾기 위하여 사용한 영상처리 기법에 관한 문제와 이로부터 장착 좌표값과 방향을 구할 수 있음을 보이는 문제가 본 연구의 연구주제다. 본 연구에서는 대표적인 표면실장 대상 부품인 QFP(Quad Flat Package)형 IC, SOP형 IC, chip부품에 대하여 각각 고찰 하였다.

2.4 영상처리 개요

표면실장 대상부품에 공통적으로 사용한 방법은 체인코딩에 의하여 PCB패턴을 주변부위와 구분하고, 직선근사화 방법으로 패턴의 중심을 통과하는 직선을 구한후 이 직선들의 교점을 이용하여 장착좌표를 구하는 방법이다. 본 연구에서 목표로 하는 반복위치 정확도(repeatability)는 $\pm 0.05\text{mm}$ 이며 QFP IC의 경우 편간격(pitch)이 $0.3\text{mm} \sim 1\text{mm}$ 범위의 값을 가지므로 렌즈의 FOV를 $10.6\text{mm} \times 8\text{mm}(H \times V)$ 로 고정하였다. 그리고 렌즈의 FOV가 대상 QFP IC의 패턴 전체의 크기보다 작으므로 하나의 QFP IC에 대한 장착좌표를 구하기 위해 네 모서리를 각각 촬상하여 여기서 구한 정보를 가지고 목표로 하는 장착좌표값을 생성하는 분할인식에 의한 방법을 사용하였다. 본 연구에서 제안한 영상처리 기법은 그림3에서 보인바와 같이 전처리 단계와 주처리 단계로 구성된다. 전처리 단계는 대상부품의 종류에 관계없이 공통적으로 처리되어야 하는 단계이며 주처리단계는 대상부품의 종류에 따라 달라지는 단계이다.

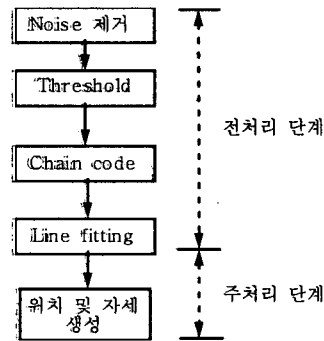


그림3. 제안된 영상처리 흐름도

2.5 Noise 제거

PCB상의 유효패턴을 주변의 패턴이 없는 부분과 적절히 구분하기 위해서는 패턴의 표면 위에 존재하는 이물질에 의한 점(dot) 노이즈를 제거하여야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 형태학적 영상처리(Morphological image processing) 기법으로 사용되는 Closing 기법을 사용하였다. 이 방법은 Dilation에 의해 백색영역 확대 효과를 준 뒤 Erosion으로 백색영역을 다시 축소하여 본래의 관심영역에 존재하는 불필요한 점노이즈를 제거하는 기법이다. 본 연구의 경우 유효패턴이 주변배경에 비해 밝게 표현되므로 이와같은 closing 기법을 선택하였다.

2.6 부동 임계값(Floating threshold)

점(dot) 노이즈가 제거된 유효패턴의 길이방향 중심선을 찾기 위하여 유효패턴의 경계선을 찾기 위한 체인코딩을 사용할 필요가 있다. 이를 위해서는 다치화 혹은 이치화의 기준이 되는 임계값(Threshold level)이 요구된다. PCB위의 부품 패턴이 가지는 특성은 유효패턴과 주변배경이 대상부품마다 또는 대상부품의 모서리마다 복잡한 형상을 띠고 있다는 점이다. 따라서 동일한 부품에 대하여 일정한 이치화레벨을 사용하는 경우 부분적으로 유효한 패턴의 형상과 동일한 경계선을 찾지 못하는 경우가 발생하여 시스템의 신뢰성을 크게 손상시킬 수 있다. 본 연구에서는 이를 방지하기 위하여 임계값을 스스로 결정할 수 있도록 하는 방법을 사용하였다. 임계값 결정방법은 관심영역에서의 히스토그램을 분석하여 유효한 패턴을 주변부위와 구분하는 방법이다. 유효패턴의 중심을 사용자가 마우스를 통해 지정하면 지정된 좌표를 기준으로 하여 일정영역에 대한 히스토그램을 구할 수 있다. 구해진 히스토그램에서 볼 수 있는 국부최소점들이 임계값으로 사용될 수 있는 후보 임계값 집합이다. 본 연구에서는 PCB위의 패턴을 대상 영상으로 하고 있다. 따라서, 조명에 반사되어 실제보다 밝게 표현될 수 있는 부분을 고려한다면 가장 밝은 국부최소점을 임계값으로 사용하기 보다는 두번째로 밝은 국부최소점을 임계값으로 사용하는 것이 유효한 패턴의 경계선을 찾는 적절한 방법이다. 그림4에 히스토그램의 예, 후보 임계값, 그리고 자동 결정된 임계값을 나타내었다.

그림4에 보이는 것과 유사한 부드러운 히스토그램을 얻기 위하여 최초 획득한 히스토그램을 인접한 graylevel에 대한 평균값으로 평활화 할 필요가 있다.

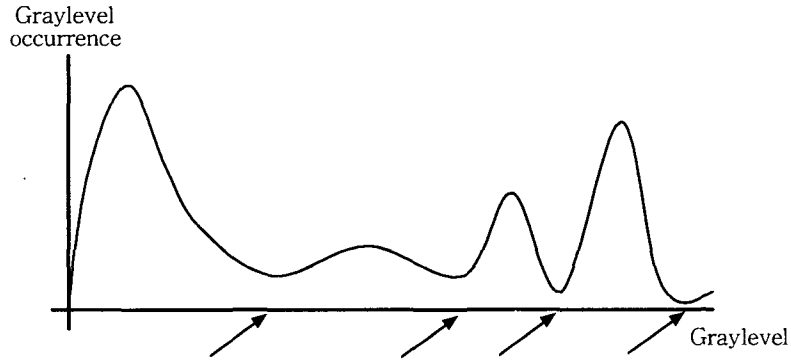


그림4 국부최소점 탐색 예

2.7 직선 근사화(Line fitting)

본 연구에서는 유효패턴을 작은 간격으로 절단하여 단면의 중심점 들의 집합을 통과하는 직선에 가장 근사한 직선의 방정식을 길이방향 중심선의 방정식으로 사용하였다. 직선근사화 기법에는 여러 종류의 것이 있으나 본 연구에서는 그중 가장 일반적인 형태인 최소제곱법 (Least Square Method)을 사용하였다. 유효패턴 단면의 중심점 집합에 의해 근사화된 직선의 방정식이 길이방향 중심선의 방정식과 최소의 오차를 가지도록 하기 위해서는 절단면이 길이 방향 중심선과 수직을 이루어야 한다. 이를 위해 위의 근사화작업을 반복해서 수행하여야 하며 이경우 근사화된 직선의 기울기와 수직을 이루는 방향을 새로운 절단면으로 갱신하는 작업이 병행되어야 한다. 그림5에서 이러한 과정을 간략히 표현하였다.

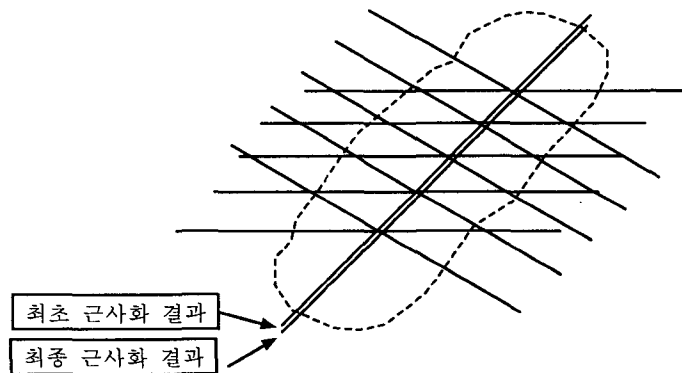


그림5 길이방향 중심선 탐색 예

2.8 QFP IC의 위치 및 자세 생성

QFP IC의 경우 그림5와 동일한 방법으로 그림6의 영역 I,II,III,IV의 네 모서리에 대하여 각각 2개의 직선방정식을 도출하여 총 8개의 직선의 방정식 ①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧을 생성시킬 수 있으며 각 직선의 방정식은 식(1)과 같이 기울기가 a_i , 절편이 b_i 인 직선의 방정식으로 나타낼 수 있다. 이와같이 구한 8개의 직선을 단일 평면위에 표현하면 그림6과 같다.

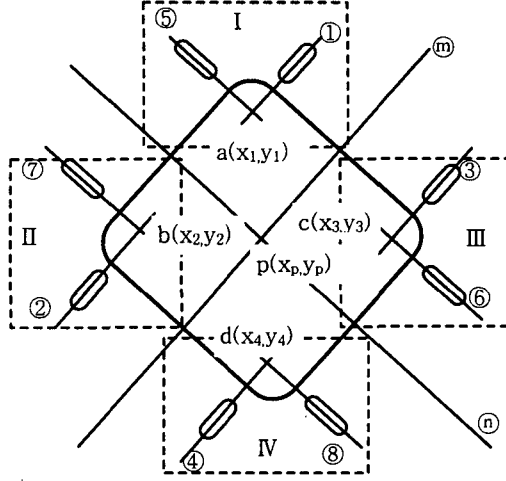


그림6 QFP IC의 중심선 생성 결과

$$y = a_i x + b_i, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 \text{ for each } \textcircled{1}, \textcircled{2}, \textcircled{3}, \textcircled{4}, \textcircled{5}, \textcircled{6}, \textcircled{7}, \textcircled{8} \quad (1)$$

그림6의 결과로부터 QFP IC의 장착좌표 및 방향을 생성하기 위하여 동일방향의 두 면에서 생성된 네 직선의 기울기와 절편을 이용하였다. 이때, 직선① 및 직선⑤의 교점 $a(x_1, y_1)$ 와 직선③ 및 직선⑥의 교점 $c(x_3, y_3)$ 의 중점을 지나고 기울기가 네 직선 ①, ②, ③, ④의 평균값을 가지는 새로운 직선 ㉓은 식(2)로, 직선① 및 직선⑤의 교점 $a(x_1, y_1)$ 와 직선② 및 직선⑦의 교점 $b(x_2, y_2)$ 의 중점을 지나고 기울기가 네 직선 ⑤, ⑥, ⑦, ⑧의 평균값을 가지는 새로운 직선 ㉔은 식(3)으로 표시할 수 있다.

$$y = \left(\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 a_i \right) \left\{ x - \left(\frac{-1}{2} \right) \left(\frac{b_3 - b_6}{a_3 - a_6} + \frac{b_1 - b_5}{a_1 - a_5} \right) \right\} + \frac{1}{2} \left(b_1 - a_1 \frac{b_1 - b_5}{a_1 - a_5} + b_3 - a_3 \frac{b_3 - b_6}{a_3 - a_6} \right) \quad (2)$$

$$y = \left(\frac{1}{4} \sum_{i=5}^8 a_i \right) \left\{ x - \left(\frac{-1}{2} \right) \left(\frac{b_2 - b_7}{a_2 - a_7} + \frac{b_1 - b_5}{a_1 - a_5} \right) \right\} + \frac{1}{2} \left(b_1 - a_1 \frac{b_1 - b_5}{a_1 - a_5} + b_2 - a_2 \frac{b_2 - b_7}{a_2 - a_7} \right) \quad (3)$$

마지막으로 직선㉓과 직선㉔의 교점을 구하면 식(2), 식(3)으로부터 장착점 $p(x_p, y_p)$ 의 x, y 좌표값과 방향 θ 를 식(4), 식(5)로 결정할 수 있다. 이때 방향 θ 는 식(5)에서와 같이 새로운 직선㉓의 기울기와 직선㉔의 기울기값에 -1을 곱한값의 평균값에 역삼각함수를 적용하여 결정하였다.

$$x_p = \frac{B_2 - B_1}{A_1 - A_2}, \quad y_p = A_1 \frac{B_2 - B_1}{A_1 - A_2} + B_1 \quad (4)$$

여기서, $A_1 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 a_i, \quad A_2 = \frac{1}{4} \sum_{i=5}^8 a_i$

$$B_1 = \frac{A_1}{2} \left(\frac{b_3 - b_6}{a_3 - a_6} + \frac{b_1 - b_5}{a_1 - a_5} \right) + \frac{1}{2} \left(b_1 - a_1 \frac{b_1 - b_5}{a_1 - a_5} + b_3 - a_3 \frac{b_3 - b_6}{a_3 - a_6} \right)$$

$$B_2 = \frac{A_2}{2} \left(\frac{b_2 - b_7}{a_2 - a_7} + \frac{b_1 - b_5}{a_1 - a_5} \right) + \frac{1}{2} \left(b_1 - a_1 \frac{b_1 - b_5}{a_1 - a_5} + b_2 - a_2 \frac{b_2 - b_7}{a_2 - a_7} \right)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{A_1 - A_2}{2} \right) \tag{5}$$

여기서, A_1, A_2 는 식(4)에서의 값과 동일

2.9 SOP IC의 위치 및 자세 생성

SOP IC의 경우 그림5에서와 동일한 방법으로 그림7의 세 모서리에 대하여 각각 1개의 직선방정식을 도출하여 총 3개의 직선 ①,②,③에 대한 직선방정식을 생성시킬 수 있으며 각 직선의 방정식은 식(6)과 같이 기울기가 a_i , 절편이 b_i 인 직선의 방정식으로 나타낼 수 있다. 이와같이 구한 3개의 직선을 단일 평면위에 표현하면 그림 7과 같다.

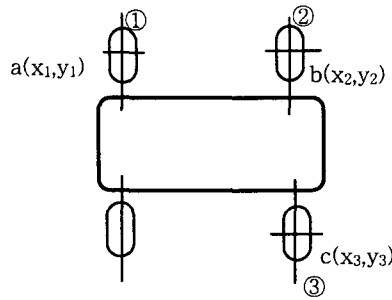


그림7 SOP IC의 중심선 생성 결과

$$y = a_i x + b_i, i = 1, 2, 3 \text{ for each } \textcircled{1}, \textcircled{2}, \textcircled{3} \tag{6}$$

그림7의 결과로부터 SOP IC의 장착좌표 및 방향을 생성하기 위하여 식(6)의 각 직선과 해당하는 패턴 각각의 무게중심 $a_c(x_{1c}, y_{1c}), b_c(x_{2c}, y_{2c}), c_c(x_{3c}, y_{3c})$ 를 지나면서 방금 생성된 각 직선과 직교하는 직선과의 교점 $a(x_1, y_1), b(x_2, y_2), c(x_3, y_3)$ 를 구한다. 이때 새로운 세 교점 $a(x_1, y_1), b(x_2, y_2), c(x_3, y_3)$ 는 식 (7)로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{a_1 x_{1c} + y_{1c} - b_1}{2 a_1}, & y_1 &= \frac{1}{2} (a_1 x_{1c} + y_{1c} + b_1) \\ x_2 &= \frac{a_2 x_{2c} + y_{2c} - b_2}{2 a_2}, & y_2 &= \frac{1}{2} (a_2 x_{2c} + y_{2c} + b_2) \\ x_3 &= \frac{a_3 x_{3c} + y_{3c} - b_3}{2 a_3}, & y_3 &= \frac{1}{2} (a_3 x_{3c} + y_{3c} + b_3) \end{aligned} \tag{7}$$

두 교점 $a(x_1, y_1), b(x_2, y_2)$ 의 x방향 중심점과 두 교점 $b(x_2, y_2), c(x_3, y_3)$ 의 y방향 중심점에서 식(8)과 같이 장착점 $p(x_p, y_p)$ 의 좌표값 x_p, y_p 를, 그리고 식(9)에서 방향 θ 를 결정할 수 있다. 이때 방향 θ 는 식(9)에서와 같이 세 직선 ①,②,③의 기울기를 평균한 값에 역삼각함수를 적용하여 결정하였다.

$$x_p = \frac{1}{2} \left(\frac{a_1 x_{1c} + y_{1c} - b_1}{2 a_1} + \frac{a_2 x_{2c} + y_{2c} - b_2}{2 a_2} \right) \tag{8}$$

$$y_p = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2} (a_2 x_{2c} + y_{2c} + b_2) + \frac{1}{2} (a_3 x_{3c} + y_{3c} + b_3) \right\}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} \right) \tag{9}$$

2.10 Chip IC의 위치 및 자세 쟁성

Chip IC의 경우는 그림7에서 두 직선 ①,②만이 생성된 경우에 해당하며 2.9절 에서와 같이 두개의 유효한 패턴 각각의 무게중심 $a_c(x_{1c}, y_{1c})$, $b_c(x_{2c}, y_{2c})$ 를 지나고 방금 생성된 두 직선 ①,②와 직교하는 직선과의 교점 $a(x_1, y_1)$, $b(x_2, y_2)$ 를 구한다. 두개의 새로운 교점 $a(x_1, y_1)$, $b(x_2, y_2)$ 의 x방향 중심점에서 장착점 $p(x_p, y_p)$ 의 좌표값 x_p 를, 그리고 무게중심 $a_c(x_{1c}, y_{1c})$, $b_c(x_{2c}, y_{2c})$ 의 y방향 중심점에서 장착점 $p(x_p, y_p)$ 의 좌표값 y_p 를 결정할 수 있으며 두 직선의 기울기를 평균한 값에 역삼각함수를 적용하여 장착점의 방향을 결정할 수 있었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 장착좌표 반복 정확도

본 연구에서는 카메라에 의한 PCB패턴의 직접인식 후 영상처리 기법을 이용하여 SMD 장 착위치 및 방향을 생성하는 방법을 제안한다. 따라서 이 방법의 성능을 측정하고 표면실장기에 의 적용가능성을 검토하기 위하여 두가지 실험을 하였다. 먼저 삼성전자(주)에서 개발한 표면 실장기(MCU1/CPM)에 본 방법에 의한 장착좌표 및 방향 자동생성 기능을 이식한 후, 음향기 기 메인기판에 인쇄되어있는 핀간격 0.8mm인 80핀짜리 QFP IC 패턴의 장착점 $p(x_p, y_p)$ 의 좌표 값 x_p, y_p 와 방향 θ 를 생성하도록 하였다. 이때 장착점 좌표값은 그림2의 기판원점을 원점으로 하였을때 원점으로 부터의 거리를 mm단위로 환산한 값으로 나타내었으며 방향 θ 는 ° (deg) 단위로 환산한 값을 나타내었다. 동일한 QFP IC 패턴에 대하여 30회 반복측정한 결과와 이 값 들의 반복정도(3σ 값)를 표1에 나타내었다.

표1. 동일한 QFP IC에 30회 적용한 결과

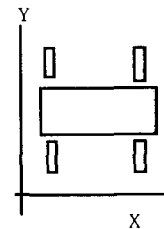
횟수	항목	교점좌표값		방향
		x_p (mm)	y_p (mm)	θ · (deg)
1		77.24	37.78	225.48
2		77.24	37.77	225.41
3		77.24	37.76	225.37
4		77.23	37.77	225.35
5		77.24	37.77	225.50
...	
27		77.23	37.75	225.39
28		77.23	37.78	225.54
29		77.23	37.75	225.39
30		77.22	37.77	225.38
반복정도 (3σ 값)		0.028	0.029	0.151

표1의 결과에 의하면 Noise제거, 부동 임계값, 직선근사화 등의 모든 오차가 포함된 최종 반복정도 값이 본 반복측정의 한계값으로 표현되었으며 x, y방향 최대값은 0.029mm 이었다. 표 1에서 x_p , y_p 값은 편의상 소수점이하 2자리 까지만 표시 하였으며 반복정도 계산시에는 소수 점이하 세자리수 까지 포함된 값을 사용하였다. 이 결과는 2.4절에서 제시한 목표 장착위치 오차범위 $\pm 0.05\text{mm}$ 이내에 들어가는 것으로 본 연구에서 제안하는 방법의 적용가능성을 확인할 수 있었다.

이번에는 VTR 메인기판에 인쇄되어있는 핀간격 0.8mm인 20핀짜리 SOP IC 패턴에 대하여 위에서와 동일한 실험을 하였다. 그러나 반복실험 횟수는 SOP IC 패턴에 대하여 10회 반복측정 하도록 하였으며 반복정도를 구한 결과를 표1에서와 같은 형식으로 표2에 나타내었다. SOP IC의 경우 방향이 0도인 패턴을 가지는 시료를 가지고 있었던 이유로 방향은 기록하지 않았다. 표2의 결과에 의하면 Noise제거, 자동 이치화, 직선근사화 등의 모든 오차가 포함된 최종 반복정도 오차가 y방향 최대값은 0.117mm로 목표로 하는 장착위치 오차범위 $\pm 0.05\text{mm}$ 를 벗어남을 알 수 있다. 그러나 표2의 우변에 있는 그림에서 볼 수 있듯이 이 경우 y방향은 SOP IC의 다리방향과 일치하는 방향으로 허용오차 범위가 2.4절의 목표 허용오차 범위보다 큰 값을 가질 수 있으므로 x방향 오차가 목표 허용오차 범위 이내라면 이는 충분히 받아들일 수 있는 결과이다. 이러한 결과는 장착좌표를 생성하는 과정에서 SOP IC의 경우는 세 모서리만을 이용하였기 때문이라고 볼 수 있다.

표 2. 동일한 SOP IC에 10회 적용한 결과

항목 횟수	교점좌표값	
	$x_p(\text{mm})$	$y_p(\text{mm})$
1	231.81	39.87
2	231.81	39.81
3	231.80	39.90
...
8	231.79	39.92
9	231.81	39.87
10	231.79	39.82
반복정도 (3σ 값)	0.030	0.117



3.2 장착좌표 입력시간

서론에서 언급한 바 있는 세가지 장착좌표 입력 방식 각각에 따른 작업내용과 소요시간을 표3에 나타내었다.

표3 장착좌표 입력 소요 시간

	입력방식	소요 시간	작업내용
1	작업자 측정(수동)	?	PCB위의 부품 중심위치 측정후 입력하는 작업을 약 10회 반복함.
2	CAD data이용	?	기관원점과 표면실장기의 원점이 동일하면 2회, 다른경우에는 5회 반복작업
3	제안된 방식	3분	카메라 수동이동부터 중심위치, 방향 자동생성완료까지 소요된 시간

표3에서 제안된 방식 이외의 방식에 대한 소요시간은 작업내용으로 보아 추정할 수 있겠으나 측정방법에 따라 소요시간이 달라지는 경우가 있으므로 기록하지 않았으며 제안된 방법의 경우는 작업내용 칸에 기록한 바와 같은 기준으로 소요시간을 측정한 결과이다. 표3의 작업내용을 비교하면 쉽게 알 수 있듯이 제안된 방법을 사용하는 경우에 소요되는 시간이 다른 방법들 보다 짧아지며 작업내용도 단순해지는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 카메라가 부착된 표면실장기에서 빠른 시간내에 SMD장착 위치 및 방향을 정확하게 입력시킬 수 있도록 하는 방법을 제안하였다. 이를 위해 카메라로 PCB상의 SMD장착용 패턴을 직접 촬상해서 영상처리기법에 의한 SMD의 장착위치 및 방향을 자동생성 하도록 하였다. 획득된 영상의 전처리 기법, PCB상의 SMD장착용 패턴을 주변 패턴과 구분하기 위한 임계값(threshold) 자동설정 방법, 위치정도를 높이기 위한 SMD장착용 패턴의 분할인식 방법 등의 영상처리 기법을 사용하였으며, SMD 장착위치 및 방향을 결정하기 위하여 최소자승법을 이용한 직선 근사화(Line Fitting)이후 목표 좌표값과 방향을 결정할 수 있는 수식을 유도하였다. 마지막으로 본 연구에서 제안한 알고리즘을 실제 표면실장기에 이식하여 반복오차를 검토하였으며 장착좌표 입력에 소요되는 시간의 관점에서 소요시간을 측정하여 실제 시스템에의 적용 가능성을 확보하였다.

본 연구에서 제안한 방법이 장착좌표 입력방법으로 가장 적절한 결과를 가져옴을 알 수 있었으나, 반복정도의 측면에서 일부 단점도 나타나고 있으므로 향후에는 좀더 많은 실제 적용결과를 검토하고 지속적인 반복정도 성능개선이 필요하다고 생각한다. 또한 분할인식이 아닌 일괄인식에 의한 방법 혹은 카메라가 아닌 다른 인식장치를 사용하는 방법 등이 향후 검토되어야 할 과제라고 생각한다.

5. 참고문헌

[1] Jun-Sik Kwon and Jong-Soo Choi, "Application Algorithms of Mathematical Morphology for SMT", Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, vol. 2094, Iss pt.1, pp.171-182, 1993.

[2] Boden P. J., "Surface Mount Technology - A Study of Safety Considerations : Silver Migration and Adhesive Flammability" IEEE Transactions on Components, Packaging

- and Manufacturing Technology, vol. 17, Iss 1, pp.83-90, Feb. 1994.
- [3] Endo T., "Highly Densed Highly Efficient SMD Placement Technology", Robot, Iss 97, pp.85-88, March 1994.
 - [4] Bum-Jae You, Young-Seok Oh and Zeungnam Bien, "A Vision System for an Automatic Assembly Machine of Electronic Components", IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 37, No. 5, pp.349-357, Oct. 1990
 - [5] Teoh E. K., Mital D. P., Lee B. W., Wee L. K., "An Intelligent Vision System for Inspection of SMDs", IEEE International Workshop on Emerging Technologies and Factory Automation, pp.598-602, 1994.
 - [6] Hong Kyu Chung and Rae-Hong Park. "Orientation and Position Detection of Surface-Mounted Devices and Printed Circuit Boards using the High Precision Fuzzy Hough Transform", Optical Engineering, vol. 33, Iss 6, pp.2079-2082, June 1994.
 - [7] Honda T., Yamamula H., Ueda S., Kawabata M., Ninomiya T., "Automated Visual Inspection System for Electronic Devices Mounted on PCB using Light-Section Method", Proceedings of IAPR Workshop on Machine Vision Applications, pp.575-578, 1995.
 - [8] Duin R. P. W. and Hoet E. T. G., "SMD Position Measurement by a Kohonen Network Compared with Image Processing ", Proceedings of the 6th International Conference on Computer Analysis of Image and Patterns, CAIP '95, pp.606-611, 1995.
 - [9] Gandy G. W., "Report on Automatic Vision Inspection of SMD PCB's", Proceedings of the Technical Program, NEPCON WEST '95, pp.1557-1562, vol. 3, Mar. 1995.
 - [10] Behzad Kamgar-Parsi, Behrooz Kamgar-Parsi and Nathan S. Netanyahu, "A Nonparametric Method for Fitting a Straight Line to a Noisy Image", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 11, No. 9, pp.998-1000, Sep. 1989
 - [11] 김태균, 최형진, 화상 처리 기초, 정익사, 서울, 1994
 - [12] Henning Bassmann, and Philipp W. Besslich; Ad Oculus Digital Image Processing, International Thomson Publishing, London, 1995