

# 칩 마운터에의 FIC 부품 인식에 관한 연구

## A Study on the Inspection Algorithm of FIC Device in Chip Mounter

류 경, 문윤식, 김경민, 박귀태

(Kyoung Lyou, Yun-Shik Moon, Kyoung-Min Kim and Gwi-Tae Park)

**Abstract** : When a device is mounted on the PCB, it is impossible to have zero defects due to many unpredictable problems. Among these problems, devices with bent corner leads due to mis-handling and which are not placed at a given point measured along the axis are principal problem in SMT(Surface Mounting Technology). It is obvious that given the complexity of the inspection task, the efficiency of a human inspection is questionable. Thus, new technologies for inspection of SMD(Surface Mounting Device) should be explored. An example of such technologies is the Automated Visual Inspection(AVI), wherein the vision system plays a key role to correct this problem. In implementing vision system, high-speed and high-precision are indispensable for practical purposes.

In this paper, a new algorithm based on the Radon transform which uses a projection technique to inspect the FIC(Flat Integrated Circuit) device is proposed. The proposed algorithm is compared with other algorithms by measuring the position error(center and angle) and the processing time for the device image, characterized by line scan camera.

**Keywords** : SMD recognition, Radon transform, projection

### I. 서론

생산 시스템의 자동화에 따라 공장에서는 좀더 많은 기술을 요구하게 되었고 이에 따라 많은 연구가 이루어졌다. 최근 들어 정확도를 높이기 위해 기존의 방법 대신 비전(vision) 기술이 많이 사용되어 여러 분야에서 응용되고 있다. 이에 따라 기판에 부품을 자동으로 장착하는 표면 실장 기술(surface mounting technology)에 있어 리드의 수가 많아지고 리드 간격이 더욱 좁아져 종전의 방법 대신 비전 기술이 필요하게 되었다. 표면 실장 기술은 표면 실장 부품의 처리속도 및 정밀성을 요구하게 되어 비전 시스템의 속도와 정밀도는 전체 공정에 있어 중요한 영향을 미친다.

일반적으로 표면 실장 기술에 있어 부품의 중심과 방향을 구하는 알고리즘은 모멘트를 이용한 방법[2], Hough 변환을 이용한 방법[7], 템플레이트 매칭을 이용한 방법[9], 수리 형태학을 이용한 방법[10] 등이 있다. 본 논문에서는 부품의 자동 장착시 발생하는 위치 및 방향 오차를 구하는 방법을 제안하여 다른 알고리즘과 비교해 보았다. 기존에 있는 방법으로는 0차 모멘트와 1차 모멘트를 이용하여 위치 오차를, 2차 모멘트를 이용하여 방향오차를 구하는 방법이 있으며 허프(Hough) 변환을 통해 방향오차를 계산하여 이를 통해 위치 오차를 구하는 방법이 있다. 또 리드가 없는 각형 소자인 경우 템플레이트 매칭 방법이 제안되었고 수리 형태학을 이용한 위

치 오차와 방향 오차를 구하는 방법 등도 제안되었다.

표면 실장 부품(surface mount device)에는 여러 가지가 있으나 본 논문에서는 리드가 존재하는 FIC(Flat Integrated Circuit) 부품으로 한정하였다. 이는 FIC 부품의 리드 수가 많고 리드 간격이 조밀하여 정밀도를 요구하고 있으며, 기존의 부품들도 PCB 표면 위에 리드 삽입을 위한 구멍을 만들 필요가 없는 FIC 형태의 부품으로 바뀌어 가고 있기 때문이다[8]. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 기존의 FIC 인식 알고리즘에 대해 살펴보고, 다음으로 제안된 라돈 변환을 이용한 부품의 검사 방법에 대해 기술하였으며, 이를 서로 비교 실험하여 고찰해 보았다.

### II. 기존의 FIC 인식 알고리즘

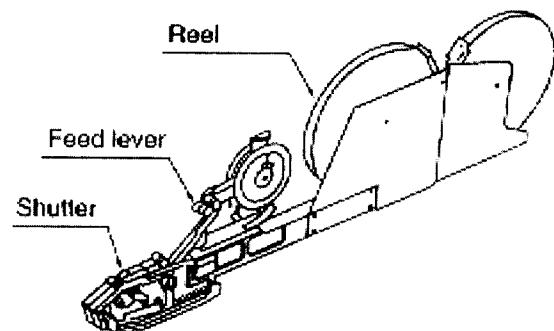


그림 1. 카세트.  
Fig. 1. Cassette.

부품은 칩 마운터 내에서 그림 1과 같은 카세트에 담겨져 있다가 진공 노즐에 흡착되어 기판 위의 실장될 위치

접수일자 : 1997. 6. 17., 수정완료 : 1998. 5. 14.

박귀태 : 고려대학교 전기·전자·전파공학부,

서울대학교 ERC-ACI 연구위원

류 경, 문윤식 : 고려대학교 전기·전자·전파공학부

김경민 : 국립여수대학교 전기공학부

로 이동한다. 진공 노즐에 부품이 정확히 흡착이 되지 못하고 부품의 방향 및 위치 오차가 발생함에 따라 기관에 실장할 때 이를 보정해 주어야 한다. 이 오차를 보정하기 위하여 그림 2와 같이 진공 노즐이 카세트에서 부품을 흡착한 후 기관 위로 이동할 때 밑에 카메라를 부착하여 부품에 위치 및 방향 오차를 보정하는 방법이 널리 사용되고 있다. 이때 카메라에서 취득한 영상을 처리하여 부품의 위치 및 방향 오차를 판독할 수 있다.

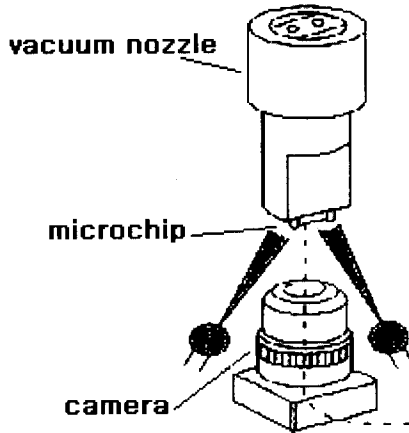


그림 2. 진공 노즐.  
Fig. 2. Vacuum nozzle.

1. 모멘트를 이용한 방법[5]

디지털 영상  $f(x, y)$ 에 있어서 모멘트는 다음과 같이 정의된다.

$$m_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j f(x, y) \quad (1)$$

모멘트는 영상의 계조치를 질량으로 간주함으로써 물리적으로 해석을 할 수 있다. 즉, 0차 모멘트  $m_{00}$ 는 영상  $f(x, y)$ 의 전체 질량을 의미하며, 이는 이치 영상의 경우 영상 내의 대상체의 면적이 된다. 그리고 1차 모멘트  $m_{10}$ 와  $m_{01}$ 은 영상의 무게 중심에 대한 정보를 제공한다. 또한 2차 모멘트  $m_{20}$ 와  $m_{02}$ 는 각각 x 및 y축에 대한 영상의 관성 모멘트를 의미한다. 영상의 무게 중심  $\bar{x}$  및  $\bar{y}$ 는 0차 모멘트와 1차 모멘트를 이용해서 다음 식으로 구해진다.

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (3)$$

물체의 비틀어진 정도는 대상체에 대하여 모멘트를 통하여 주축의 방향을 검사함으로써 알 수 있으며, 무게 중심을 이용하여 다음과 같은 중심 모멘트(central moment)가 정의된다.

$$\mu_{ij} = \sum_x \sum_y (x-\bar{x})^i (y-\bar{y})^j f(x, y) \quad (4)$$

이 중심 모멘트는 물체의 특징을 구하는데 유용하게 사

용될 수 있는데, 이 값은 앞에서 설명한 모멘트를 이용하여 다음과 같이 쉽게 계산될 수 있다. 대상체의 장축의 각도(orientation of major axis)는 수평축 기준으로 다음과 같이 계산된다.

$$\theta = -\tan^{-1} \left( \frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02} + \sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2}} \right) \quad (5)$$

이 장축의 각도가 곧 부품의 비틀어진 각도가 된다.

2. 허프(Hough) 변환을 이용한 방법[7]

허프 변환을 통해  $(x, y)$  좌표계의 모든 점을  $(\rho, \theta)$  좌표계로 옮긴 후 그 누적치를 계산하면 영상에 있어 각도 성분을 추출할 수가 있다.  $(x, y)$  좌표계상의 직선은 변위-각  $(\rho, \theta)$  파라미터를 이용하여 표현할 수 있다. 여기서  $\rho$ 는  $(x, y)$  좌표계상의 원점에서 직선에 그은 수선을 길이이고  $\theta$ 는 이 수선과 x 축과 이루는 각을 나타낸다.  $(x, y)$  좌표계상의 직선  $y = ax + b$ 는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$y = ax + b = -\frac{\cos \theta}{\sin \theta} x + \frac{\rho}{\sin \theta} \quad (6)$$

이러한 방법으로  $(x, y)$  좌표계상의 모든 점을 허프 변환을 통해  $(\rho, \theta)$  좌표계로 바꾼 후 그 결과 값을 누적 배열에 저장하는데 이 누적 배열에 저장된 값을 소트(sort)하여 가장 큰 값이 영상에 있는 직선의 기울기와 거리가 된다.

허프 변환은 계산량이 많기 때문에 영상의 모든 점을 계산하면 상당한 시간이 걸린다는 단점이 있다. 그러므로 이를 보완하기 위해 영상의 부품에 있어 특징점을 추출한 후에 이 특징점만을 허프 변환을 통해 부품의 각도와 무게 중심을 계산하는 방법이 제안되었다. 이러한 특징점을 구하는 데에는 여러 가지 방법이 있을 수 있겠으나 본 논문에서는 간단한 방법으로 특징점들을 구해 위치 및 방향 오차를 알아낸 후 이 결과를 다른 방법으로 구한 결과와 비교해 보았다. 부품의 특징점은 부품의 리드에서 구하였다. 그림 3에서처럼 먼저 경계선 추적으로 부품의 경계선을 구한 다음 이 경계선의 정보로부터 리드의 위치를 판별하여 특징점들을 추출하였다. 일단 특징점을 추출한 후에 데이터량을 줄이기 위해 바깥쪽 리드의 특징점들을 제거하였다.

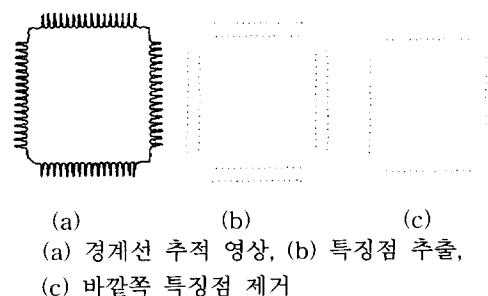


그림 3. 실험 결과.  
Fig. 3. Result of experiments.

위의 영상을 얻은 후에 이 영상을 허프 변환을 통해 부품의 비틀어진 각도를 구하였다. 부품의 무게 중심은 허프 변환을 통해 나온 데이터를 가지고 4개의 직선의 방정식을 구한 후에 이 직선들로부터 중심을 구하였다.

3. 십자 템플레이트(Cross template)를 이용한 방법[9]

리드가 없는 각형 소자는 십자 템플레이트를 이용하여 중심과 방향을 구할 수 있다. 십자 템플레이트는 아래 그림 4와 같이 4개의 팔과 그 중심이 물체 내부에 놓이게 된다. 양팔의 교점은 cross point라고 부르며 특히 이 양팔의 길이가 같을 때를 cross center라 한다.

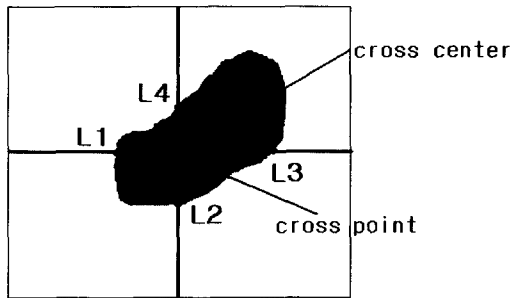


그림 4. 교차점과 교차중심점.  
Fig. 4. Cross point and cross center.

일반적인 영상인 경우에는 cross center와 중심이 일치하지 않지만 FIC 부품과 같이 형태가 직사각형인 경우 cross center와 중심은 같은 값을 가진다. 십자 템플레이트를 이용한 방법은 초기에 cross point가 부품의 내부에 존재해야만 한다. Cross point가 부품의 내부에 존재한다고 가정했을 때 다음의 식에 의해 cross point  $(X_p(k), Y_p(k))$ 는 cross center로 수렴한다.

Loop : DO

$$X_p(k) = X_p(k-1) + (L_3(k) - L_1(k)) / 2$$

$$Y_p(k) = Y_p(k-1) + (L_2(k) - L_4(k)) / 2$$

Until

$$|L_3(k) - L_1(k)| < \epsilon \text{ and } |L_2(k) - L_4(k)| < \epsilon$$

$\epsilon$  : 양자화나 잡음의 영향을 고려한 한계치.  
 $k$  : Iteration number.

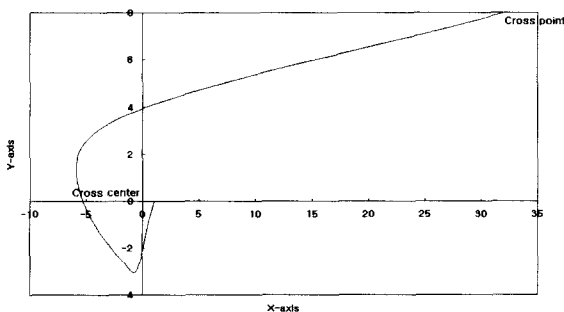


그림 5. 교차중심으로의 수렴 과정.  
Fig. 5. Approach to the cross point.

먼저 영상의 중심을 cross point로 잡은 후 위 식을 반복적으로 계산하면 cross point는 cross center로 수렴해

간다. 여기에서 영상의 중심이 부품 내부에 존재해야만 한다. Cross point가 cross center로 수렴해 가는 과정은 그림 5와 같다.

방향은 그림 6과 같이 막대 십자 템플레이트 방법을 이용하여 그 평균값을 구할 수 있으며 부품과 막대 십자 템플레이트와 만나는 점들의 기울기의 평균으로 부품의 기울어진 정도를 판별한다.

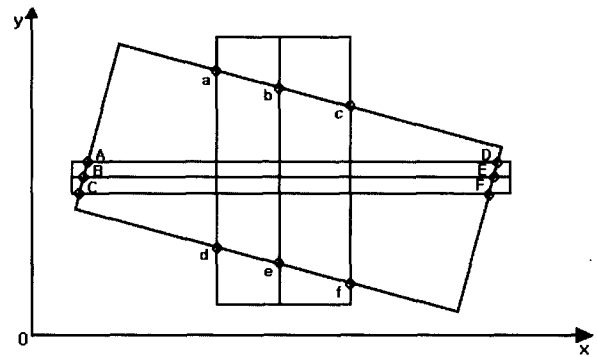


그림 6. 막대 십자 템플레이트.  
Fig. 6. Bar cross template.

4. 수리 형태학(Morphology)을 이용한 방법[10]

수리 형태학을 이용해 부품의 중심과 비틀어진 각도를 결정할 수 있다. 팽창(Dilation)과 수축(Erosion)을 실시해 부품의 리드를 제거한 다음 형태학적 골격(skeleton)을 이용해 부품의 네 모서리를 구한 후 이 모서리로부터 부품의 중심과 각도를 결정하였다. 사용되어지는 정의들은 다음과 같다.

팽창 :  $X \oplus B = \{d \in E^2 : d = x + b \text{ for every } x \in X \text{ and } b \in B\}$  (7)

수축 :  $X \ominus B = \{d \in E^2 : d + b \in X \text{ for every } b \in B\}$  (8)

Opening :  $X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$  (9)

형태학적 골격 :  $S(X) = \bigcup_{n=0}^{n_{max}} [(X \ominus nG) / (X \ominus nG)_G]$  (10)

$X \ominus nG$  : nth iteration  
 $(X \ominus nG)_G = (X \ominus G) \ominus G \ominus \dots \ominus G$

: opening of  $(X \ominus nG)$   
/: 집합의 차  
위의 정의들을 이용하여 부품의 상태를 검사하는 순서는 다음과 같다.

- (1) Opening을 통해 리드 없는 영상을 얻는다.
- (2) 영상의 형태학적 골격을 통해 부품의 코너점을 찾는다.
- (3) 이 코너점으로부터 부품의 무게 중심과 비틀어진 각도를 검사한다.

Opening을 통해 리드 없는 영상을 얻을 때 사용되어지는 구성소는 그림 7과 같은 5×5 마스크이다.

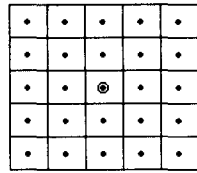


그림 7. Opening의 구성소.  
Fig. 7. Structuring element of opening.

위의 마스크를 영상에 적용하여 opening 연산을 하면 리드가 제거된 부품의 영상을 얻을 수가 있으며 이 영상으로부터 형태학적 골격을 통해 코너점을 추출할 수가 있다. 형태학적 골격을 구할 때 구성소는 그림 8과 같은 rhombus 구성소이다.

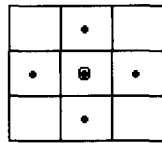


그림 8. Rhombus 구성소.  
Fig. 8. Structuring element of rhombus.

형태학적 골격은 다음과 같이 다시 나눌 수 있다.

$$S(X) = \bigcup_{n=0}^{n_{max}} S_n(X) \quad (11)$$

$$S_n(X) = (X \ominus nG) / (X \ominus nG)_C \quad (12)$$

이때 부품의 모서리점은 집합  $S_0(X)$ 로부터 구할 수 있다.

$$Corner\ Point = \{x | x \in S_0(X)\} \quad (13)$$

이 코너점으로부터 부품의 무게 중심과 방향을 계산하였다.

### III. 라돈(Radon) 변환을 이용한 부품의 검사

#### 1. 방향 조사

본 논문에서는 수축과 라돈 변환을 이용하여 부품의 방향과 중심을 구하는 방법을 제안하였다. 먼저 방향은 수축 기법을 이용하여 부품의 경계선을 추출하였으며 수축은 앞절에서 설명하였고 이를 부품의 일부에만 적용하여 부품 경계선의 일부를 추출하였다. 이 경계선으로부터 부품의 방향을 구하였다. 수축의 구성소는 그림 9와 같다.

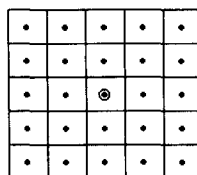


그림 9. 수축의 구성소.  
Fig. 9. Structuring element of erosion.

부품의 방향을 구하는 플로우 차트는 그림 10과 같고 순서는 다음과 같다.

1) 영상을 래스터 주사하면서 부품을 만나면 다음의 과

정을 시작한다.

2) 해당 화소에 수축을 실시하여 결과 값이 0(object)인지를 검사한다. 0이면 다음의 과정을 수행한다. 결과 값이 255이면 다음 화소를 계속 검사한다.

3) 값을 버퍼에 저장한 후 다음 라인으로 되돌아가서 1번의 과정을 다시 시작한다.

4) 버퍼의 크기가 일정 값을 넘으면 검사를 종료한다.

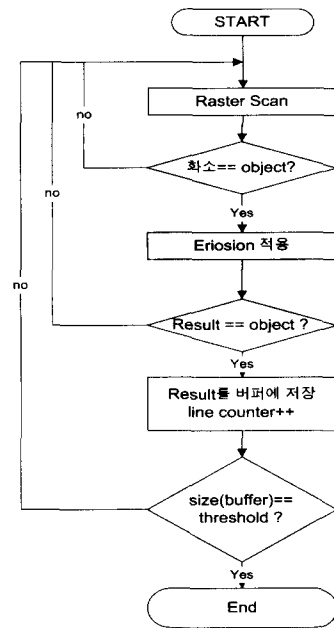
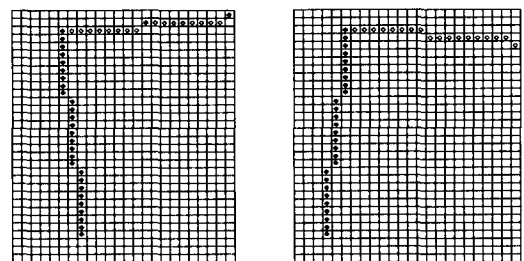


그림 10. 부품의 방향 조사.  
Fig. 10. Detection of direction.

위의 과정을 거치면 부품의 방향에 따라 다음의 두 가지 경우가 성립하며 그림 11은 버퍼에 저장된 값을 보여준다.



(a) 부품이 반시계방향으로 기운 경우,  
(b) 부품이 시계방향으로 기운 경우

그림 11. 수축 결과.  
Fig. 11. Result of erosion.

그림 11의 (a) 경우에는 버퍼에 저장된 값이 동일한 경계선을 나타내고 있지 않다. 그러므로 버퍼에 저장된 값 사이의 거리를 비교하여 일정 거리 미만이 될 때 이 점을 기준점으로 잡은 후 이 기준점부터 시작하여 버퍼에 저장된 값들의 평균 기울기를 구하였다.

#### 2. Radon 변환

$f(x, y)$ 의 Radon 변환은 그림 12에서처럼  $\theta$ 와  $p$ 로 정의되는 선분의 선적분을 의미한다.

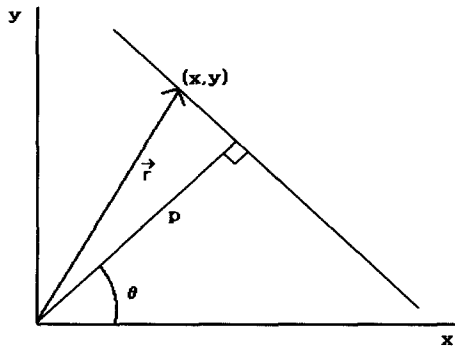


그림 12. 라돈 변환을 정의하기 위한 좌표계.  
Fig. 12. Coordinates used to define the Radon transform.

$$g(p, \theta) \equiv R(f) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\vec{r}) dl \quad (14)$$

여기서  $\vec{r} = (x, y)$

$R(\cdot)$  : Radon transform operator

Delta 함수를 이용하면 다음과 같다.

$$g(p, \theta) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - p) dx dy, \quad -\infty < p < \infty, 0 \leq \theta < \pi \quad (15)$$

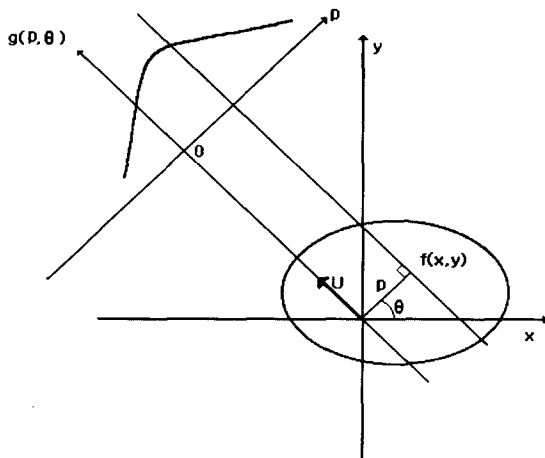


그림 13. p축으로의 투영.  
Fig. 13. Projection to the p axis.

회전된 좌표계 시스템  $(p, u)$ 에서는 다음과 같다.

$$p = x \cos \theta + y \sin \theta, \quad u = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (16)$$

즉,

$$x = p \cos \theta - u \sin \theta, \quad y = p \sin \theta + u \cos \theta \quad (17)$$

그러므로 위의 식은 다음과 같이 표현된다.

$$g(p, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} f(p \cos \theta - u \sin \theta, p \sin \theta + u \cos \theta) du, \quad -\infty < p < \infty, 0 \leq \theta < \pi, \quad (18)$$

Radon 변환은  $(x, y)$  좌표계에 있는 점들은  $g(p, \theta)$  좌표계의 점들로 사상시킨다. 구한  $\theta$ 를 가지고 Radon 변환을 통해  $g(p, \theta)$ 를 구한 후  $g(p, \theta)$ 로부터 부품 및 리드의 위치를 판별하였다. 투영은 p축과 u축으로의 2가

지를 이용하였다.

$$g(p, \theta) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - p) dx dy, \quad -\infty < p < \infty, 0 \leq \theta < \pi \quad (19)$$

$$g(u, \theta) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(-x \sin \theta + y \cos \theta - u) dx dy, \quad -\infty < u < \infty, 0 \leq \theta < \pi \quad (20)$$

앞절에서의 수축을 부품에 적용하면 그림 14에서 나타낸  $p_{ref}$ 의 위치가 부품의 경계선이 된다. 즉  $p_{ref}$ 의 바깥쪽 부분이 수축으로 인해 잘려 나가게 된다. 이렇게 구한 위치를 통해 리드의 위치를 판별하였다. 리드 위치 판별의 기준값은 그림 15에서 나타내는 것처럼  $g(p_{ref}, \theta)$ 로 선택하였다.

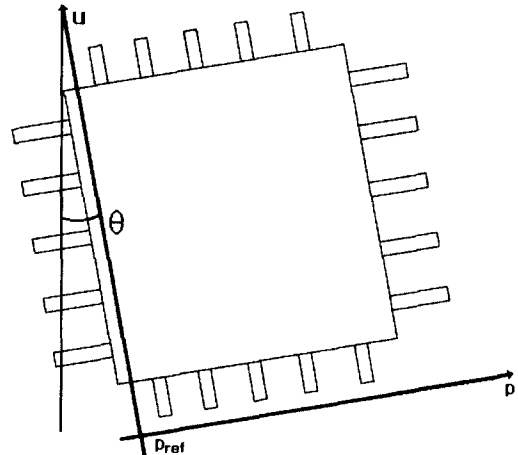


그림 14. p축으로의 기준점 설정.  
Fig. 14. Determination of reference point to the p axis.



그림 15.  $g(p_{ref}, \theta)$  설정.  
Fig. 15. Determination of  $g(p_{ref}, \theta)$ .

부품 본체의 위치를 그림 16에서처럼  $p_{min}$ 과  $p_{max}$ 라고 할 때 이 값은 다음과 같이 결정하였다.

$$g(p_i, \theta) < t g(p_{ref}, \theta) \quad (21)$$

$$g(p_j, \theta) < t g(p_{ref}, \theta) \quad (22)$$

여기서  $i < p_{ref}, j > p_{ref}$ ,

$t=0.7$  : threshold value

$$p_{min} = \max(p_i) \quad (23)$$

$$p_{max} = \min(p_j) \quad (24)$$

여기서  $t$  값은 실험적으로 정하였다.

p 축으로의 부품의 중심을  $p_{mean}$ 이라 하면

$$p_{mean} = \frac{p_{max} + p_{min}}{2} \quad (25)$$

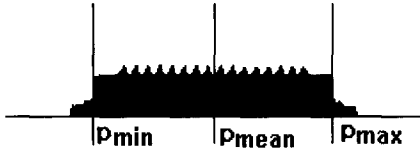


그림 16. p축으로의 부품의 중심 계산.  
Fig. 16. Calculation of center to the p axis.

u축으로 부품의 중심을 검사할 때 기준값  $g(u_{ref}, \theta)$  을 구할 때는 p의 범위를 다음과 같이 제한하였다.

$$p_{min} < p < p_{max} \quad (26)$$

이렇게 p의 범위를 제한하면 u축으로의 투영은 그림 17에서처럼 p축과 평행한 리드를 제외하게 된다.

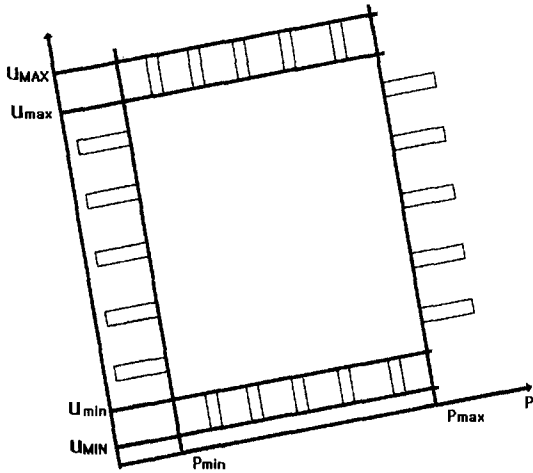


그림 17. u축으로의 투영.  
Fig. 17. Projection to the u axis.

u축으로 리드 위치 판별을 위한 기준값인  $u_{ref}$ 는 그림 18에서처럼 다음과 같이 결정하였다.



그림 18. u축으로의 기준값 설정.  
Fig. 18. Determination of reference point to the u axis.

$$u_{MAX} = \max\{u \mid g(u, \theta) \neq 0\} \quad (27)$$

$$u_{MIN} = \min\{u \mid g(u, \theta) \neq 0\} \quad (28)$$

$$u_{ref} = \frac{u_{MAX} + u_{MIN}}{2} \quad (29)$$

그림 19와 같이 부품 본체의 위치  $u_{min}$ 과  $u_{max}$ 의 결정은 다음과 같다.

$$g(u_i, \theta) < tg(u_{ref}, \theta) \quad (30)$$

$$g(u_j, \theta) < tg(u_{ref}, \theta) \quad (31)$$

여기서  $i < u_{ref}, j > u_{ref}, t=0.7$

$$u_{min} = \max(u_i) \quad (32)$$

$$u_{max} = \min(u_j) \quad (33)$$

부품의 중심을  $u_{mean}$ 이라 하면

$$u_{mean} = \frac{u_{max} + u_{min}}{2} \quad (34)$$

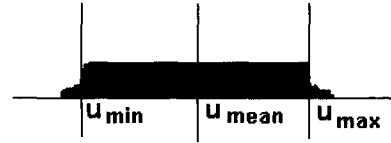


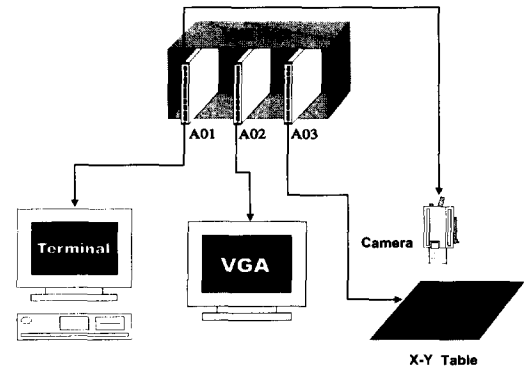
그림 19. u 축으로의 부품의 중심 계산.  
Fig. 19. Calculation of center to the u axis.

마지막으로 x, y 좌표계에서의 중심  $x_{mean}, y_{mean}$ 은 다음과 같이 계산한다.

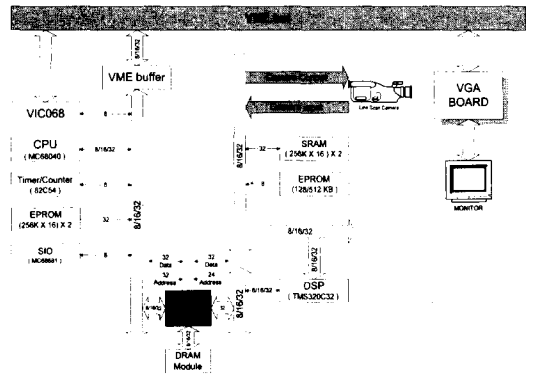
$$x_{mean} = p_{mean} \cos \theta - u_{mean} \sin \theta \quad (35)$$

$$y_{mean} = p_{mean} \sin \theta + u_{mean} \cos \theta \quad (36)$$

#### IV. 실험 및 결과



(a)



(b)

그림 20. (a) 영상처리를 위한 전체블록도, (b) 영상 처리 보드.

Fig. 20. (a) The total block diagram for image processing, (b) Image processing board.

본 논문에서는 기존의 방법과 제안된 방법을 비교하였다. 모든 방법은 일단 이치화를 거친 후에 각각의 방법

을 적용하였다. 각각의 방법에 대하여 중심과 방향을 구하여 처리 속도를 비교하기 위해 먼저 486DX4-100에서 시뮬레이션을 하였고 이 결과를 그림 20(a)와 같이 실험 환경을 구성하고 그림 20(b)과 같이 실제로 제작한 보드에 적용하여 결과를 비교하였다[14].

영상 처리 보드는 카메라에서 입력된 데이터를 처리하는 DSP 부분과 보드의 전체적인 제어를 담당하는 MC68040 부분으로 되어있다. 또 영상 처리 보드는 산업계의 표준인 VME 버스를 이용하여 외부로 데이터를 쉽게 주고받을 수 있다. 영상 처리 보드는 DSP와 MC68040이 DRAM을 서로 공유하는 구조로 되어 있다. 먼저 카메라로부터 영상 데이터를 입력받은 후 DSP는 DRAM에 저장한 후 데이터를 처리하여 부품의 중심과 방향을 계산하고 이 데이터는 VME 버스를 통해 VGA 보드로 이동하여 화면에 출력하게 된다. MC68040은 보드의 전체적인 제어를 담당하게 된다. 계산되어진 결과는 VME 버스를 통해 이를 요구하는 다른 보드로 이동하게 된다. 카메라는 라인 스캔 카메라를 이용하였다. 라인 스캔 카메라는 DSP가 제어하여 카메라로부터 1라인의 데이터를 받아들인 후 FIFO를 통해 DRAM으로 이동한다. 기존은 CCD 카메라는 진공 노즐이 부품을 흡착한 후에 영상을 얻기 위해서 진공 노즐이 카메라 위치에서 정지하여야 한다. 그러나 라인 스캔 카메라는 진공 노즐이 정지할 필요가 없이 움직이는 상태에서 영상을 취득하기 때문에 장착 시간을 절약할 수가 있다. 실험 결과는 표 1과 표 2와 같다.

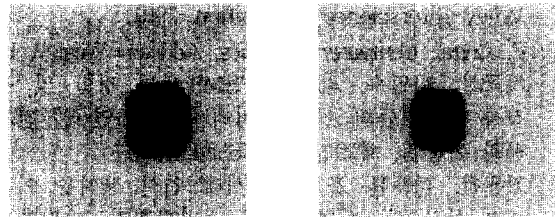
실험에서 템플레이트를 이용한 방법은 먼저 부품의 리드를 제거해야만 적용할 수 있기 때문에 수축을 이용하여 리드를 제거한 후에 적용하였다.

표 1. 영상 1의 실험 결과 (실제 각도 1.67).  
Table. 1. Result of experiment of image 1 (real angle 1.67).

방법	중심	각도	DX4-100	DSP
모멘트	(322, 262)	(- 0.91 °)	1.32 sec	0.72 sec
허프 변환	(322, 262)	(- 2.55 °)	2.36 sec	2.34 sec
템플레이트 매칭	(322, 262)	(- 1.46 °)	2.47 sec	5.36 sec
수리 형태학	(322, 262)	(- 1.66 °)	4.71 sec	9.71 sec
프로젝션	(322, 262)	(- 1.44 °)	1.50 sec	1.88 sec

표 2. 영상 2의 실험 결과 (실제 각도 1.71).  
Table. 2. Result of experiment of image 2 (real angle 1.71).

방법	중심	각도	DX4-100	DSP
모멘트	(258, 260)	(1.11 °)	1.31 sec	0.84 sec
허프 변환	(258, 260)	(1.90 °)	2.36 sec	2.38 sec
템플레이트 매칭	(258, 260)	(1.44 °)	2.41 sec	5.58 sec
수리 형태학	(258, 260)	(1.77 °)	4.75 sec	9.98 sec
프로젝션	(258, 260)	(1.46 °)	1.50 sec	2.08 sec



(a) 영상 1 (b) 영상 2  
그림 21. 실험 영상.  
Fig. 21. Test image.

V. 결론

이상으로 FIC 부품을 실장할 때 중심과 각도를 각 방법을 통해 비교해 보았다. 각 방법에 있어 중심은 모두 같은 값이 나왔으나 각도에 있어 약간씩 차이가 났는데 이는 조명의 영향으로 이치화 처리시 정확한 영상을 얻을 수 없기 때문이다. 각 방법에 있어 시간을 비교해 보면 모멘트가 가장 빠른 것을 알 수 있으나 이 방법은 리드의 위치를 알 수가 없어 리드의 위치 판별을 위한 다른 알고리즘이 필요하며 영상이 정확히 대칭이 되지 않는다면 각도에 있어 오차가 상대적으로 많이 발생한다. 허프 변환을 이용한 방법은 처리 시간에 있어 불리하고 허프 변환을 위해서는 누적 배열을 저장할 메모리가 필요하다. 템플레이트 매칭 방법은 리드가 없는 부품에 적용 가능하나 리드가 존재하는 부품에 대해서는 먼저 리드를 제거하기 위해서는 다른 방법을 적용해야 한다. 수리 형태학을 이용한 방법은 시간 면에서 가장 불리함을 알 수 있다. 제안된 방법은 모멘트를 이용한 방법을 제외하면 처리 시간이 가장 적게 걸렸으며 실제로 적용시 리드의 위치를 판별하여 리드의 불량을 검사해야 하기 때문에 모멘트를 이용한 방법은 추가로 리드의 위치를 판별하는 알고리즘이 필요하게 된다.

제안된 방법의 단점은 모폴로지를 통해서 리드 다리를 없앤 후 라돈 변환을 적용하여야 하기 때문에 모폴로지를 적용한 결과 리드 다리를 없애지 않으면 안된다. 그러므로 모폴로지 마스크 잘 선택해야 한다. 그리고 모폴로지 적용후 각도를 구하는데 있어 모폴로지 적용이 제대로 되지 않으면 각도에 있어 에러가 발생한다 추후 조명의 영향에 대한 연구가 필요하며 리드 검사에 대한 상세한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] C. R. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992.  
[2] R. Jain, B. G. Schunck and R. Kasturi, *Machine Vision*, McGraw-Hill, 1995.  
[3] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1989.  
[4] M. Sonka, V. Hlavac and R. Boyle, *Image Processing, Analysis and Machine Vision*, Champman & Hall, 1993.  
[5] W. K. Pratt, *Digital Image Processing*, A

Wiley-Interscience Publication, 1991.

[6] E. Angel, *Computer Graphics*, Addison-Wesley, 1990.  
 [7] 차국찬, 박일수, 최중수, "SMT에서 정합 및 부품 검사 알고리즘의 실시간 처리에 관한 연구," 전자공학회 논문집, 제29권, pp. 76-84, 1992.  
 [8] 조용철, 김종현, 조형석, "시각 인식 장치를 이용한 표면 실장 시스템의 개발," 전기학회지, 제40권, pp. 87-95, 1991.  
 [9] 고국원, 박원식, 조형석, "생산 시스템 자동화 분야에서의 시각 인식 장치," 제어·자동화·시스템 공학회지, 제2권, pp. 38-49, 1996.  
 [10] 이상찬, 권준식, 장태규, 최중수, "수학적 형태론에 의한 SMD 위치 및 불량 검색," 제5회 신호처리 합

동 학술대회 논문집, vol. 5, no. 1, pp. 617-621, 1992. 9.

[11] 최진형, Vector segmentation을 이용한 SMD 불량 검색 알고리즘, 경북대학교 석사학위논문, 1995.  
 [12] 조영혁, SMD 자동 장착을 위한 시각 시스템에서의 각도 및 위치 검출, 경북대학교 석사학위논문, 1995.  
 [13] 이상찬, 수리 형태학을 이용한 SMD의 위치 및 불량 검색, 중앙대학교 석사학위논문, 1993.  
 [14] 류 경, 김경민, 박귀태, "라인스캔 카메라 인터페이스를 갖는 실시간 영상 전처리 시스템의 개발," 제어·자동화·시스템 공학회지, 제3권 제6호, pp. 626-631, 1997. 12.



**류 경**

1988년, 1990년 고려대학교 전기공학과 학사, 석사학위. 1990년~1995년 (주)LG전자 연구원. 1996년~현재 고려대학교 전기·전자·전파공학부 박사과정. 관심분야는 컴퓨터 비전, 유전자 및 신경회로망, 시스템설계.



**문 윤 식**

1995년, 1997년 고려대학교 전기공학과 학사, 석사학위. 1997년~현재 (주)삼성항공 연구원. 관심분야는 컴퓨터 비전, 영상처리.



**김 경 민**

1988년 고려대 전기공학과 졸업. 동대학원 석사(1991), 동대학원 박사(1996). 1997~현재 국립 여수대학교 전임강사. 관심분야는 컴퓨터 비전, 퍼지 및 신경회로망, 스테레오 비전.



**박 귀 태**

1975년, 1977년, 1981년 고려대학교 전기공학과 학사, 석사, 박사학위. 1975년~1978년 한국원자력연구소 연구원. 1978년~1981년 광운대학교 전기공학과조교수. 1981년~현재 고려대학교 전기·전자·전파공학부 교수. 주요관심분야는 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경망이론 및 지능 제어.