

SMD 부품검사를 위한 영상처리 알고리즘

° 김봉준*, 공성학*, 김홍록*, 서일홍*
 * 한양대학교 전자전기제어계측공학과

(+82-31-408-5802; FAX: 82-31-408-5803; E-mail: ihsuh@hanyang.ac.kr)

A Study on Vision inspection Algorithm for SMD parts

° Bong Joon Kim*, Sung Hak Kong*, Hong Rok Kim*, Il Hong Suh*

* School of Electrical Engineering and Computer Science, Hanyang University,

(+82-31-408-5802; FAX: 82-31-408-5803; E-mail: ihsuh@hanyang.ac.kr)

Abstract - 전자제품의 소형화 및 고기능화 추세에 따라 부품의 크기가 작아지고, PCB 회로의 고집적화가 이루어지면서 생산 장비의 고속성, 정밀성 등의 필요성이 대두되고 있다. 소형 부품 조립에 있어 대표적인 SMD 장착 장비인 칩마운터의 경우 시스템의 고속성, 정밀성을 향상시키기 위해서 부품검사를 담당하는 고속의 영상 처리 알고리즘이 필수적이다. 개발업체간의 특수성으로 인해 공개적으로 논의되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 실제 칩마운터에 적용되는 사양을 기준으로 영상처리를 이용한 부품 외형 검사를 통해 위치 및 각도 오차를 계산하는 알고리즘을 제안하였으며, 제시된 알고리즘의 신뢰성 및 유효성을 확인하기 위한 부품 검사 실험을 수행하였다. 아울러, 본 논문에서는 부품검사방법의 정밀도를 높이기 위하여 부화소(subpixel)를 고려한 검사방법을 적용하였다.

않고 있기 때문에 각각의 방법에 대한 상대적인 비교만이 연구되어지고 있다[8,9,10]. 이에 본 연구에서는 실제 칩마운터에 적용되는 사양을 기준으로 영상처리를 이용한 부품 외형 검사를 통해 부품의 위치 및 각도 오차를 계산하는 알고리즘을 제안하였으며, 제시된 알고리즘의 신뢰성 및 유효성을 확인하기 위해 기존의 제시된 방법과 본 연구에서 제안한 부품 검사 알고리즘을 1608/2012 저항에 적용하여 성능을 비교 분석하였다. 아울러, 본 논문에서는 부품검사방법의 정밀도를 높이기 위하여 부화소(subpixel)를 고려한 검사방법을 적용하였다.

1. 서 론

SMD 장착 장비중 시스템의 고속성, 정밀성을 요하는 대표적인 장비인 칩마운터의 경우 성능 향상을 위하여 부품검사를 담당하는 고속의 영상 처리 알고리즘이 필수적이다. 개발업체간의 특수성으로 인해 공개적으로 논의되고 있지 않다. 이에 많은 부품 외형검사 알고리즘들이 제안되고 있다. 기존의 제안된 부품검사 알고리즘으로는 모멘트[2]를 이용한 방법, Line Fitting[3]을 이용한 방법, 형태학적 방법을 이용한 방법[1,2], 허프변환을 이용한 방법[1,2]등이 있으며, 각 부품검사방법들은 다음과 같은 특징을 갖는다.

- (1) 모멘트를 이용한 방법 : 가장 일반적인 방법으로 면적을 이용하여 중심점을 구하는 방법이다. 그러나 면적을 이용하기 때문에 조명의 변화에 따른 대상체의 외형 변화에 민감한 반응을 보이는 특징이 있다.
- (2) 직선 근사화 방법 : 대상체의 영상 외곽선에 대한 보조선을 이용하여 중심점과 회전각도를 구하는 방법이다. 보조선의 개수가 정확도에 많은 영향을 미치며, 근사화 회수가 많다.
- (3) 형태학적 방법 : 이미지 처리 영역의 모든 픽셀에 Dialation과 Erosion의 3×3 마스크를 이용하여 외곽선을 정렬한 후 중심점과 회전각도를 계산하는 방법으로 많은 수행시간이 요구된다.
- (4) 허프변환 : 대상체 영역의 에지 처리 후 각 픽셀에 대하여 특징을 찾고자 하는 도형 방정식으로 표현된 변환식을 이용하여 파라미터 값을 계산한 후, 그 값에 대해 파라미터 영역에 대응되는 픽셀들의 값을 하나씩 증가시켜, 누적된 값이 가장 큰 픽셀의 파라미터 값이 도형방정식의 파라미터로 선택하는 방법이다. 형태학적인 방법과 마찬가지로 하나의 픽셀에 대하여 상관하는 모든 경우를 계산하기 때문에 많은 계산시간이 요구된다.

그러나, 실제 생산라인에 적용되고있는 기준이 공개되지

2. SMD 부품 영상처리 방법

2.1 A Vision System Setup

본 연구의 Vision system 구성은 표 1과 같다.

표 1. 시스템 구성

Vision System 구성	
Main PC	Pentium II 350
Camera	SONY XC-75
Frame Grabber	Eltec PC_EYE1
검사수행 부품	1608/2012 저항
실험 기준 모델	CP-45FV (SAMSUNG TECKWIN)

2.2 실험 가정

부품 외형 검사과정은 다음의 두 가지로 구성된다. 반도체 부품이 카메라 CCD소자에 착상되어 Frame Grabber메모리에 전달되는 부분과, Frame Grabber의 메모리로부터 Computer 응용프로그램의 메모리에 복사되어 부품의 위치 및 각도를 계산하는 부분으로 그림 1과 같다.

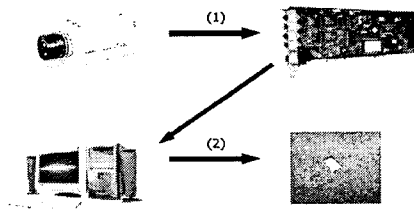


그림 1. 부품 검사 과정

본 논문에서는 정확한 실험을 위하여 다음과 같은 가정을 설정하였다.

- 1. 영상으로부터 얻어진 극점과 극점사이는 직선이다.
- 2. 외부로부터의 조명간섭은 없다.
- 4. 조명과 대상체는 수직이다.
- 5. F.O.V.(Field Of View) :
 $34.375 \times 39.58 \mu\text{m}/\text{pixel} (H \times V)$

6. 이미지 처리 영역: 전체 영역(640×480 pixel) 중 작업영역(100×100 pixel)으로 설정한다.
 7. 허용 반복정도 오차 : 1/4 pixel
 8. 최대 영상처리 시간 : 33msec
- CP-45FV의 부품 장착시간은 1608을 기준으로 0.195sec로 정의되며 [7], 장착시간의 1/3 (70msec)을 영상처리 시간으로 할당한다. 제공된 시간은 6개의 부품을 동시에 PICK UP/DOWN 하는 과정이므로 부품 1개당 소요시간은 11.2 msec로 계산할 수 있다. 본 실험에서는 Frame Grabber에 영상이 저장된 후 다음 영상이 저장되기까지인 33msec를 영상처리 기준시간으로 정의하였다.

2.3 검사 알고리즘

칩마운터 비전의 경우 고속성과 정확성을 요구하기 때문에, 조명의 변화에 대한 강인성과, 최적화된 영상 처리 알고리즘이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 그림 2와 같은 6단계의 부품검사 알고리즘을 제안하였다.

본 알고리즘의 입력 이미지는 Otsu 알고리즘[1]을 이용한 이진화한 영상이 사용되며, 각 단계별 알고리즘은 반복 실행시간 측정 실험 결과로 최적화 하였다. 그리고, 기존의 제안된 부품검사 방법 또한 반복 수행 시간 측정 실험을 수행하였다.

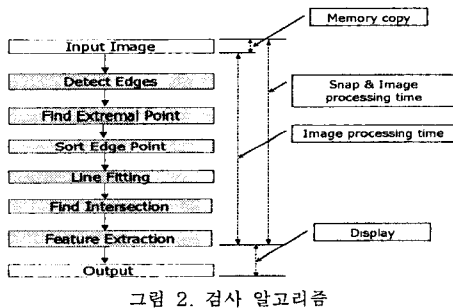


그림 2. 검사 알고리즘

2.4 에지 검출

일반적인 에지 검출 알고리즘으로는 Roberts, Prewit, Sobel, Canny 등이 있다[1]. 그러나 기존의 에지 검출 방법들은 3×3 마스크를 이미지 처리 영역에 반복 사용하며, 에지 검출 후 세선화 작업을 수행하기 때문에 고속성을 요구하는 마운터 비전에는 적합하지 못하다. 따라서 본 연구에서는 그림 3의 1×4 형태의 에지 검출 마스크를 이용한 에지 검출 방법을 제안하였다.

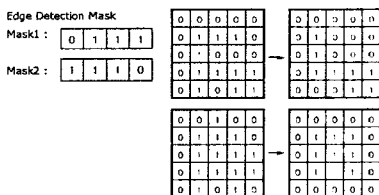


그림 3. 에지 검출 마스크

그림 3의 마스크는 대상체의 에지 검출 및 이미지 영역 내의 노이즈를 제거시킨다.

2.5 중심점

실험 과정에서 외부의 조명간섭을 제외시켰다. 그러나 LED 조명 자체의 특성으로 인한, 조명왜곡이 발생된다. 따라서 본 논문에서는 그림 4의 알고리즘을 통해 조명변화에 대해 강한 중심점 검사방법을 제안하였다.

- (1) 이진화 영상으로부터 외곽선 추출 후 극점추출.
- (2) 극점을 기준으로 영상을 8개의 영역으로 분류.

- (3) 분류한 영역에 대한 정렬작업.
- (4) 각 정렬된 영역의 직선 근사화[6].
- (5) 근사화된 직선들의 교점 계산
- (6) 교점의 중점을 지나는 직선사이의 교점을 중심으로 정의하였다.

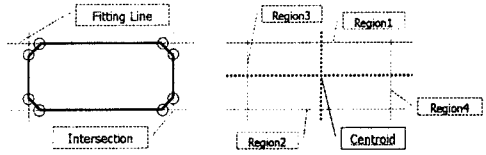


그림 4. 중심점

2.6 회전각도

본 실험에서는 두 가지 회전각도 계산방법을 적용하였다. 그림 5의 방법과 그림 6의 방법을 비교하여 기준각도에 근접한 결과를 보이는 방법을 선택하였다.

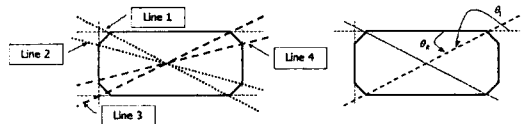


그림 5. 극점을 이용한 각도 검출

- (1) 외곽 선을 추출로 얻어진 서로 마주보는 극점을 지나는 직선을 [LINE 1, LINE 2]와 [LINE3, LINE4]의 두 부분으로 구분한다.
- (2) 구분된 두 직선 중 길이가 긴 직선을 계산.
- (3) 선택된 두 직선이 기준 축과 이루는 외각의 평균을 회전각도로 정의하였다[2].

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{r_1 - r_{m1}}{-(c_1 - c_{m1})} \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{r_2 - r_{m2}}{-(c_2 - c_{m2})}$$

$$\text{if } (\theta_i < -90^\circ) \quad \theta_R = \tan^{-1} \frac{r_1 - r_{m1}}{-(c_1 - c_{m1})} + 90^\circ$$

$$\text{else} \quad \theta_R = \tan^{-1} \frac{r_1 - r_{m1}}{-(c_1 - c_{m1})}$$

-
- (1) 전체 기울임 방향을 결정
 - (2) 극점중 P2, P3, P1, P4를 결정
 - (3) 각 점들의 중점을 지나는 직선을 구한다.
 - (3) 기준 축과 직선이 이루는 사이각을 회전각도로 정의[8].

그림 6. 중심선을 이용한 각도 검출

2.7 부화소(Subpixel)

반도체 부품은 가공단계에서부터 발생하는 표면상의 노이즈와 일정한 높이를 갖고 있으므로, 부품검사 과정에서 조명에 대한 모서리 부분의 난반사가 발생된다. 그리고 카메라 렌즈의 굴절 현상으로 왜곡된 영상이 저장되게 된다. 일반 이미지 처리 방법에서 사용하는 방법은 메모리 상에 저장된 픽셀의 위치를 정수형의 Index형태로 처리하기 때문에 데이터의 손실을 피할 수가 없다. 따라서, 이러한 왜곡을 최소화하기 위하여 부화소 개념을 도입하여 실수연산을 수행한다.

3. 실험

본 논문에서는 부품 외형 검사의 반복 신뢰도와 영상처리 시간에 대한 두 가지 실험을 수행하였다. 반복 신뢰도의 실험구간은 영상취득에서부터 부품의 위치 및 각도 오차를 구하는 구간으로 정하였으며, 반복 신뢰도 측정에서는 수행시간은 고려되지 않았다. 영상처리 시간에 대한 반복실험구간은 영상취득 후 부품의 위치 및 각도 오차를 구하는 구간으로 정의하였다. 각 실험의 반복도 측정할 수

는 300회, 수행시간 실험의 반복횟수는 500회를 수행하였다.

3.1 실험 영상

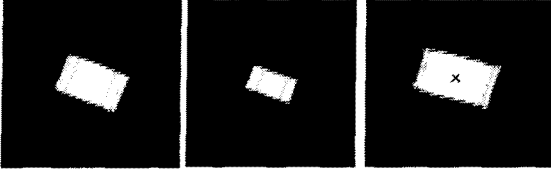


그림 7. 이미지 데이터 (2012/1608)

그림 7은 실험에 사용된 이미지와 부품 검사 결과 중심점과 극점을 찾은 결과를 보여주고 있다.

3.2 실험 결과

본 실험에 대한 결과를 반복 신뢰도, 영상처리시간, 회전각도에 대하여 다음과 같이 정리하였다.

표 2. 수행시간

	실험영상 I (1608)	실험영상 II (2012)
Time	msec	msec
Method	영상처리 기준 시간 (33 msec)	
Edge	18.8662	19.1234
Moment	19.2776	19.2694
Line Fitting	19.3884	19.4752
Morphology	27.3638	27.6826

표 3. 반복 신뢰도

Method	실험영상I (1608)		실험영상II (2012)	
	Pixel Row	Column	Row	Column
	반복도 오차			
Edge	0.0780	0.2186	0.1023	0.1296
Moment	0.3616	0.2191	0.693	0.8406
Line Fitting	0.5	0.2263	1.0833	0.359
Morphology	0.5	0.0	0.0	0.5

표 4. 회전각도

실험영상 II (2012)	
Angle	-16 °
각도 오차	
Edge	0.5 °
Moment	0.5 °
Line Fitting	1.2 °
Morphology	2.2 °

영상처리 속도 실험결과 본 논문에서 가정한 이미지 처리 기준시간에 모든 실험 방법이 만족함을 보이고 있으며, 그 중 제안된 에지 방법이 기존 부품 검색 방법에 비하여 월등한 성능을 보임을 알 수 있다. 표 5는 에지 방법 처리 시간을 기준으로한 기타 방법과의 수행시간 차이를 나타낸 것이다.

표 5. 수행시간 차이

	실험영상 I (1608)	실험영상 II (2012)
	영상처리 시간 (Edge Method)	
Moment	- 0.4114	- 0.146
Line Fitting	- 0.5222	- 0.3518
Morphology	- 8.4976	- 8.5592

반복 신뢰도의 경우 에지 방법은 중심점을 계산하는 과정에서 면적을 사용하지 않는다. 그리고 극점을 기준으로 직선화 작업을 수행하므로, 조명의 변화에 강한 성질을 갖게 된다. 그러나 모멘트 방법의 경우 중심점을 구하는

과정에서 면적을 이용하기 때문에, 조명의 변화에 따른 대상체의 외형 변화에 민감한 반응을 보인다. 직선 근사화 방법의 경우도 영상의 외곽에 대한 직선화 작업을 수행하게 되므로, 모멘트 방법과 마찬가지로 조명 변화에 대한 민감한 반응을 보이게 된다. 형태학적 방법의 경우 정수형 Index간격으로 작업이 이루어지기 때문에 1/2pixel 오차가 발생되었다. 표 6은 반복도 오차 기준에 대한 각 부품 검사 방법의 여유 정도를 보여주고 있다.

표 6. 반복 신뢰도 오차

	실험영상 I (1608)		실험영상 II (2012)	
	반복 신뢰도 기준 (1/4 pixel)			
Edge	- 0.172	- 0.0314	- 0.148	- 0.120
Moment	- 0.116	- 0.0309	+ 0.449	+ 0.591
Line Fitting	+ 0.25	- 0.0237	+ 0.833	+ 0.109
Morphology	+ 0.25	0.0	0.0	+ 0.25

회전각도 측정 실험결과 극점을 이용한 각도 검출방법이 중심선을 이용한 각도 검출 방법에 비하여 기준 각도에 만족함을 확인하였으며, 본 실험에서 제안한 에지를 이용한 부품검사 방법에는 극점을 이용한 각도 검출방법이 적용되었다.

4. 결론

본 논문에서는 영상처리 시스템을 이용하여 반복실험을 통한 기존의 영상처리 방법과 제시된 영상처리 알고리즘 간의 성능을 비교하였으며, 실험 결과를 통해 제시된 부품검사 알고리즘의 유효성을 증명하였다. 본 실험은 영상처리 과정이 PC에서 이루어지기 때문에, PC의 성능이 실험결과에 많은 영향을 미친다. 따라서, PC의 연산속도가 빨라진다면 본 실험결과 또한 향상될 것으로 생각된다. 본 연구는 외부의 조명간섭 및 진동을 배제한 최적 조건하에서 이루어졌기 때문에, 실제 칩마운터에 적용했을 경우 이상과 같은 결과를 얻지 못할 것이다. 추후 과제로서, 본 논문에서 제안한 부품검사 방법의 알고리즘 보안을 통해 CP-45FV의 영상처리 시간을 만족할 수 있도록 하고, 안전성을 높이며, QFP와 같은 다양한 부품에 적용할 수 있도록 알고리즘의 확장이 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Linda. G. Shaping & Georange C. Stockman, "COMPUTER VISION", 2001
- [2] Robert M. Haralick & Linda G. Shapiro, "COMPUTER AND ROBOT VISION", Vol. 1, 1992
- [3] J. R. Parker, "PRACTICAL COMPUTER VISION USING C", 1995
- [4] Harley R. Myler & Arthur R. Weeks, "Computer Imaging Receipes in C", 1993
- [5] Winncy Y.Du, Stephen L. Dickerson, "Passive Component Inspection Using Machine Vision", International Conference on Multichip Modules and High Density Packaging, 1998
- [6] Rober C Frye, "Passive Components in Electronic Application", Microcircuits & Electronic Packaging, Vol. 19, No. 4, pp. 483-490, 1996
- [7] SAMSUNG TECHWIN, "High Speed Component Placer CP Series(CP-45FV) Operations Manual", 2000
- [8] 권춘직, 최중수, "Positioning and Inspection of SMD: Comparison of Morphological Method and Hough Transform Method" 전자공학회 논문지, 제 32권, 1995
- [9] 류경, 김영기, "A Study on the Real Time Inspection Algorithm of FIC Device in Chip Mounter", KACC, October 1997
- [10] 구영모, 송경섭, 신기범, "A Study on the generation of SMD mounting position and orientation utilizing image processing technique", KACC, October 1996.