

## SMT에서 정합 및 부품검사 알고리즘의 실시간 처리에 관한 연구

## (A Study on The Real-Time Processing of The Position Matching and Inspection Algorithm in SMT)

車 國 贊\*, 朴 一 秀\*, 崔 宗 秀\*

(Guk Chan Cha, Il Su Park, and Jong Soo Choi)

## 要 約

SMT 자동화시 정밀도 및 고속성을 보장하기 위해서 시각 시스템을 사용하는 것은 필수적이다. 시각 시스템의 역할은 부품 장착의 최종 단계에서 PCB와 SMD 간의 위치를 정합시키며 부품의 불량 여부를 검사하는 것이다. 이를 구현하는 데는 실시간 처리와 고정밀도의 보장이 핵심이다. 이를 위해, 본 논문에서는 위치 정합 및 부품 검색 알고리즘을 제안하고, 실시간 처리를 위해 모토롤라사의 DSP56001을 이용하여 이것을 구현하였다. 실험결과 정합에 있어서는 x, y 방향으로 0.1mm이내의 평균 오차, 수행 시간에 있어서는 300msec 이내의 시간이 소요되었다. 따라서 SMT 자동화용 시각 시스템의 핵심인 고속, 고정밀 처리를 실현할 수 있었다.

## Abstract

The vision system is essential for SMT(Surface Mounting Technology) automation. The system plays the role of matching the positions between SMD and PCB, and inspecting SMD in the final stage of mounting. Real-time processing and high-precision are indispensable for practical purpose. In this paper, a new algorithm for position matching and inspection of SMD is proposed, and which is implemented on the DSP board using DSP board using DSP5600. Experimental results show mean matching error within 0.1 mm in the direction of x,y and execution time within 300msec. Therefore, we could attain high-speed and high-precision of the vision system for SMT automation.

## I. 서 론

전자 기술의 발전에 따라 전자제품은 보다 소형, 경량화되는 추세이다. 이는 반도체 소자의 고기능화, 고집적화 뿐만 아니라 PCB(printed circuit board)

의 표면 위에 부품의 집적도를 높이는 것에 의존한다.<sup>[1]</sup> 그리하여 최근의 소자들은 SMD(surface mount device)로 많이 제작되고 있다.

SMD의 사용 비율은 1990년을 기준으로 하여 40%를 넘고 있으며 SMT(surface mounting technology)에 대한 관심이 더욱 많아지고 있다. SMT란 표면 실장 기술이라고 하며, PCB의 표면 위에 여러 가지 종류의 SMD를 자동으로 장착, 접착, 검색하는 일련의 기술을 의미한다. SMD가 삼입형의 대치품 이상으로 다양해지고, 핀 간격 등이 세밀해 짐에 따

\*正會員, 中央大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Chungang Univ.)

接受日字: 1991年 8月 20日

(※ 본 연구는 제어계측 신기술연구센터(ERC)의 연구비 지원에 의해 이루어졌음.)

라 SMT 또한 복잡적이고 다기능한 것으로 발전되고 있다.<sup>2)</sup>

따라서 SMT에서 가장 중요한 핵심은 고속성과 정밀도를 유지시키는 기술이다. 여기서 고속성은 영상 처리 과정에서 소요되는 계산량을 줄임으로써 유지될 수 있으며, 이는 적절한 하드웨어를 구성함으로써 완성될 수 있다. 또한 정밀도란 PCB의 지정된 위치에 SMD를 얼마나 정확히 장착할 수 있는냐는 것이다.

한편 수치 제어로 부품을 장착하던 SMT에서는 제반 정보를 최종적으로 보정하는 과정이 없었다. 그러나 SMD의 핀 수가 늘어남에 따라 오차가 일반 수치 제어에 허용되는 한계를 벗어나기 때문에 시각 시스템(vision system)의 도입이 필수적이며, 실제로 제품에 응용되고 있다.<sup>3)4)5)6)</sup> SMT에서 시각 시스템의 역할은 주로 기관의 배선, 구멍(hole) 및 부품의 불량검색 그리고 SMD를 장착하기전 장착 위치에 대한 오차를 최종적으로 보정하는 것이다. 따라서 본 논문에서는 불량검색 및 위치 보정시의 고속성과 정밀도를 향상시키기 위한 알고리즘을 제안한다.

즉 이는 로봇의 end-effector에 달린 진공 흡착된 SMD의 영상을 시각 시스템에 의하여 취득하고, SMD의 중심과 방향을 구한 후 입력된 좌표의 오차를 보정하는 과정과 SMD의 불량 여부에 중요한 핀의 검색 과정에 대한 알고리즘이다.

또한, 기존의 제품이나 논문에서 사용된 영상은 적외선 LED와 같은 특수 조명하에서 취득되는 경우<sup>7)</sup>와 일반 조명하에서 취득하여 에지 첨예도(edge sharpness)<sup>8)</sup>를 얻는 경우가 있다. 전자는 조명의 상태나 외부 조건이 문제시될 수 있고, 후자는 영상 상태에 대한 사전 정보가 많이 필요하다. 그래서 본 논문에서는 조명을 뒤쪽에서 비추어 그림자만을 취득하는 후방 조명(back lighting) 방식을 사용하여 2차 영상을 얻고, 이에 맞는 알고리즘을 제안한다.

모든 알고리즘은 모토롤라사의 20MHz DSP56001을 사용한 DSP보드<sup>9)</sup>에 적합하게 작성된다. 계산량을 줄이기 위하여 윤곽선 탐색(contour following) 및 코너점 검출에 의한 특징점 추출의 과정을 거친 후 hough변환(hough transform)을 사용하여 중심 및 방향 추출을 한다. 여기서 얻은 방향 정보로 핀 검색을 하므로 프로그램은 단순화 된다. 실험 결과 평균 0.1mm이내의 오차와 300msec 정도의 알고리즘 수행 시간이 소요되어 정밀도와 실시간 처리에서 알고리즘의 신뢰성을 확인했다.

본 논문의 구성은 I의 서론에 이어 II에서는 오차를 보정하는 정합 알고리즘에 대해 설명하고, III에

서는 핀 검색 알고리즘에 대하여 논한다. 그리고 IV에서는 하드웨어 구성 및 영상 취득 과정에 대해 설명하고, V에서는 실험결과를 제시한다.

## II. 정합 알고리즘

정합 알고리즘의 목적은 로봇의 end-effector에 흡착되어 있는 SMD를 시각 시스템으로 취득한 후, SMD의 중심과 방향을 구하고 기관의 실장될 위치와의 거리 및 회전 각도를 보정하는 것이다. 이는 SMT의 구현시 최종 단계에서 필요로 하게 되는 과정이다.

정확한 정합을 위해서는 여러 가지 조건이 만족되어야 한다. 우선 입력 정보에 큰 영향을 미치는 카메라의 보정(calibration)이 필요하고, 또 SMD장착용 로봇에 대한 정밀도와 신뢰성이 요구된다. 그리고 장착될 기관의 위치와 SMD에 대한 정확한 정보를 가지고 있는 것도 중요하다. 그러나 위의 조건이 완전히 해결되었거나 오차가 무시할 만큼 작다고 해도 SMD 자체의 불량이나 진공 흡착기에 흡착될 때 발생하는 미끄러짐 등 때문에, 최종 장착전에 다시 한번 정합할 필요성이 있다. 이 경우 시각 시스템을 이용하는 것이 효과적이는데 이것은 SMT에 상당한 유연성(flexibility)을 제공해줄 수 있다. 그림 1에 시각 시스템을 갖춘 SMT 장비의 전체적인 처리 과정을 나타내었다.

이 과정을 개략적으로 설명하면 제한된 환경 아래서 SMD의 영상을 취득한다. 이 영상을 문턱화(thresholding)에 의하여 2차화한 후, 에지 검출(edge detection)과 윤곽선 탐색(contour following)을 수행하여 SMD의 외형에 대한 정보를 파악한다. 이 정보로부터 특징점 추출(feature extraction) 과정을 거쳐 오목한 점들을 찾아낸다. 최종 단계로 찾아낸 점들에 Hough 변환을 실행하여 직선화 한다. 여기서 구해진 직선은 SMD의 외형을 나타내게 되는데 이로부터 직선의 교점을 이용하여 중심과 방향을 구한다. 다음 1, 2, 3, 4절에서 각 과정을 구체적으로 설명하기로 하겠다.

### 1. 에지 검출 및 윤곽선 탐색<sup>9)10)</sup>

에지 검출은 문턱화한 후 얻은 2차 영상에 대하여 라플라시안 연산자를 적용하였다. 그리고 윤곽선 탐색은 SMD의 에지를 구성하는 점의 좌표를 모두 구하는 과정이다. 윤곽선 탐색은 체인 코드를 이용하는 단순한 알고리즘을 적용하였는데, 이는 마치 방안에 있는 사람이 오른손을 벽에 대고 방안을 일주하

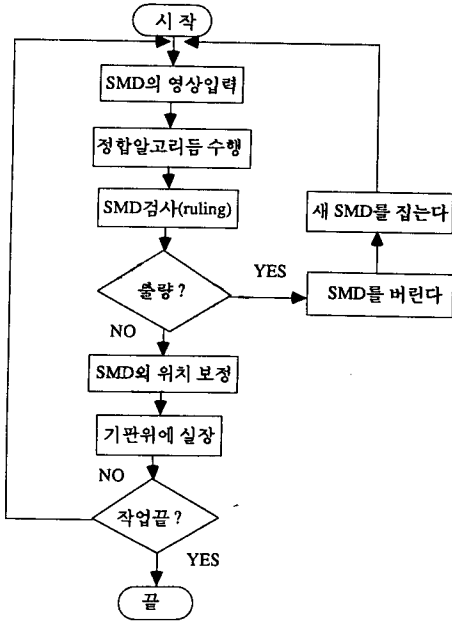


그림 1. SMT에서 실장 과정의 흐름도  
Fig. 1. Flow chart of mounting process in SMT.

는 방식과 같다. 즉 우선 외각의 한점을 시작점으로 하여 현재점의 방향을 체인 코드에 의하여 정하고, 그 방향을 기준으로 하여 우측으로 90도 되는 방향부터 차례로 좌측으로 회전하면서 외각점들의 좌표, 즉 그림2에서 1과 2의 좌표를 얻는다. 이렇게 하여 검사할 점이 다시 시작점으로 돌아오면 프로그램은 종료된다.

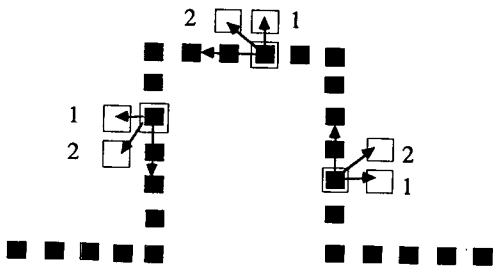


그림 2. 윤곽선 탐색 방법  
Fig. 2. Method of contour following.

2. 특징점 추출<sup>[11]</sup>

Hough 변환시에 윤곽선의 모든 점을 대상으로 할 경우, 많은 계산량으로 시간적 손실이 많을 뿐만 아

니라 정확도 또한 떨어진다. 따라서 본 논문에서는 SMD의 특징점이라고 할 수 있는 오목한 점과 볼록한 점만을 이용하게 된다. 특징점 추출 과정은 이들 오목한 점과 볼록한 점을 찾아내는 과정이다.

본 논문에서 사용한 방법은 분할 방법 (splitting method)이며 알고리즘은 다음과 같다 (그림3).

[과정 1] 윤곽선 탐색에서 구한 윤곽선 상의 시작점 S와 또 다른 한 점 M(전체 점들의 중간점)을 지나는 식(1)과 같은 직선 L을 구한다.

[과정 2] S와 M사이에 있는 윤곽선 상의 모든 점과 직선 L간의 최단거리 d를 식(2)로 구하고, 그 최대값이 임계치를 넘으면 특징점으로 한다. 임계치는 실험 환경에 따라서 경험적으로 정해질 수 있는데 본 연구에서는 118로 하였다.

[과정 3] 특징점이 존재하면 특징점과 시작점 사이에 과정 1,2를 반복하고, 만약 특징점이 존재하지 않으면, S와 M간의 간격을 넓혀 작은 두 점에 대하여 과정 1,2를 역시 반복하여 모든 특징점을 구한다.

$$ax+by+c=0 \tag{1}$$

$$d = \frac{|ax_n+by_n+c|}{\sqrt{a^2+b^2}} \tag{2}$$

이렇게 하여 찾은 점 중에서 다시 오목한 점만을 추출한다. 대개 오목한 점이나 영역을 찾는 방법은 곡률 (curvature)을 이용하는 것인데, 이는 핀이 많은 SMD 영상에 적용하는 것이 곤란하다. 그래서 프로그램의 일관성을 유지하며 계산 시간이 적게 소요되는 간단한 방법을 사용하고자 한다.

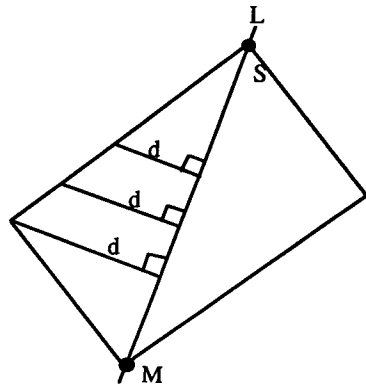


그림 3. 분할 방법  
Fig. 3. Splitting method.

그림4를 예로 이 방법을 설명하면, 현재 점c의 오목함 여부를 판단하기 위하여 c의 앞점 b와 뒷점 a를 고려한다. 즉 a에서 b로 향하는 벡터 P를 결정하고, c의 위치가 벡터 P의 좌측에 있으면 오목한 점으로 결정된다.

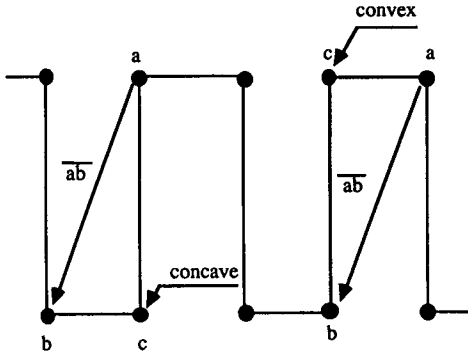


그림 4. 오목한점 찾는 방법  
Fig. 4. Detecting method of concave points.

3. Hough 변환<sup>[9][12][13]</sup>

n개의 점이 존재하는 영상에서 어떤 직선을 결정하고자 할 때, 그 선에 근사한 모든 점의 부분 집합을 구하여 결정할 수 있다. 하지만 이러한 방법으로 연산을 했을 때의 문제는 수학적 계산량이 엄청나게 증가한다는 것이다. 예를 들면 m개의 점이 있을 때  $m(m-1)/2 \sim m^2$ 의 직선을 찾아야 하며  $m^2(m-1)/2 \sim m^3$ 번의 비교가 필요하다.

따라서 이를 효율적으로 하기 위해서 Hough 변환을 사용한다. 이는 영상에서 어떤 관계를 찾아내는데 편리하며 특히 직선을 찾아내는 경우에 효율성이 높다. 또한 DSP56001을 이용한 처리에 특히 유리한데, 이는 cos과 sin 처리가 DSP56001에서 테이블화 되어 있어서 마치 메모리에 데이터를 옮기는 것 같이 프로그래밍 및 처리가 가능하기 때문이다.

X-Y 좌표계에서 한 점  $(x_i, y_i)$ 는 식(3)에 의하여 u-v 평면으로 옮겨질 수 있다. 즉 그림5에서 보듯이 직선 L위의 점 a, b, c는 u-v 평면의 한 점에서 만난다. 영상 내의 모든 점을 u-v 평면내로 변환하고, Hough 분포(Hough distribution)를 얻어 교점의 최대치를 구한다. 이때 SMD의 경우 오목한 점들의 갯수를 미리 알 수 있기 때문에 손실을 고려하여 임계치를 설정한 후 4개의 직선을 구한다. 이상적인 경우에는 4개의 직선을 구할 수 있었다.

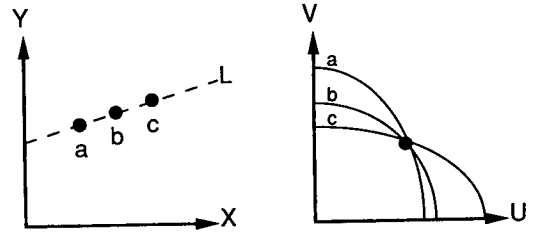


그림 5. Hough 변환의 원리  
Fig. 5. Principle of hough transform.

그러나 실제 영상을 처리했을 때는 타당한 직선이 5개 이상 구해졌다. 이를 해결하기 위해 한번의 과정이 더 필요하며, 이는 얻어진 여러 개의 직선으로부터 4개의 직선만을 추출하는 방법이며, 다음과 같다.

- [과정 1] Hough 분포에서 최대값은 가장 신뢰할 수 있는 값이다. 이 값으로부터 직선 (k)을 결정한다.
- [과정 2] 직선 (k)와 평행한 직선을 구한다. 만약 없으면 평행에 가장 근사한 직선 (j)을 구한다.
- [과정 3] 90도로 교차한다는 SMD의 성질을 이용하여 어떤 직선이 구하고자 하는 직선인지 아닌지를 결정한다. 그러나 실제 SMD 영상에서 정확히 90도로 교차하는 두 직선을 찾는 것이 어렵다. 그래서 어느 정도에 오차를 허용하여  $90 \pm \rho$ 로 교차하는 직선이 있으면 그것을 직선 (i, h)로 결정한다. 여기서  $\rho$ 는 본 시스템에 알맞도록 선정했다.
- [과정 4] 또한 평행한 두 직선이 없으면 90도에 가장 가까운 순서로 두 직선을 결정한다.

그림12에 대해 위의 과정을 수행한 결과를 그림6에 나타냈다. 여기서 그림 6(a)는 u-v 평면에서 Hough분포를 나타내고, 그림 6(b)는 (a)에서의 누적값이 임계치를 넘는 모든 점으로부터 얻은 직선이다. 그림6(c)는 (b)로부터 위의 과정 1, 2, 3, 4를 통해서 얻은 결과이다.

4. 중심 및 방향결정

네개의 직선 (h, i, j, k)을 구하면 네 직선의 교점을 알 수 있다. 따라서 두 대각선을 얻고, 이 두 직선의 교점이 중심  $(x_{cent}, y_{cent})$ 이 되고, 그림7에서 방향  $(\theta)$ 은 양의 기울기  $(\theta')$ 를 갖는 대각선에 SMD 각 변

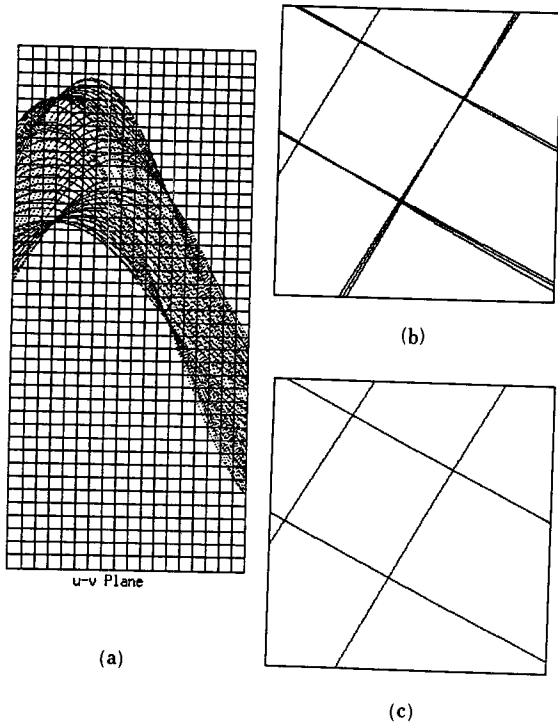


그림 6. Hough 변환 및 직선 추출결과  
(a) Hough 분포  
(b) 임계치에 의해 추출된 직선  
(c) 4직선 추출결과

Fig. 6. Result of hough transform and line extraction,  
(a) hough distribution,  
(b) line detection in threshold,  
(c) result of 4-line detection.

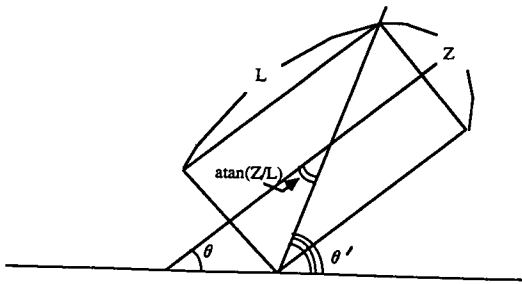


그림 7. 중심과 방향 결정  
Fig. 7. Decision of center and orientation.

의 길이 변화율을 더하여 식(4)와 같이 얻을 수 있다.

$$\theta = \theta' - \text{atan}(Z/L) \quad (4)$$

### III. 부품 검사

시각 시스템을 갖춘 SMT 장비에서는 부품의 결합 여부를 검사하는 ruling 과정을 추가하여 잘못된 부품에서 오는 불량품을 방지할 수 있다. ruling 과정은 SMD의 핀이 부러지거나 휘어진것 등을 조사하는 것이다.

이 과정에서 쉽게 이용될 수 있는 방법은 물체의 방향을 정확히 구한 뒤, ruler를 평행으로 이동시키면서 핀 사이의 간격을 측정하는 것이다. 그러나 이 방법은 실제 영상에서는 잡음 등의 영향과 불량이 아닌 부품의 경우에도 핀 가격의 최대치와 최소치가 10%~20%의 차이를 나타내고 있다.

본 논문에서는 위의 방법을 단순화 하고, 핀의 방향을 측정하는 방법을 첨가하였다. 그리고 정합 과정에서 얻은 정보를 최대한으로 활용하여 부품검사 과정이 정합 프로그램의 한부 프로그램처럼 동작하도록 하였다. 알고리즘은 다음과 같으며 SMD의 4면에 대하여 각각 행해진다.

[과정 1] 정합 과정에서 얻은 4직선(h, i, j, k)를 기본 ruler로 하며 ruling을 하는 영상은 윤곽선 탐색이 된 영상을 사용한다.

[과정 2] 이 ruler를 핀 길이의 30%되는 곳으로 평행 이동하고, 핀 윤곽과의 교차점을 구하고, 핀 간격을 조사한다.

[과정 3] 다시 ruler를 80% 되는 곳으로 이동시켜 [과정2] 를 반복한다.

[과정 4] 그림8에서와 같이 핀의 각도는 [과정2], [과정3]에서 얻은 두 교차점의 중심을 연결한 직선의 기울기로 한다.

[과정 5] 불량품의 판명은 [과정2]와 [과정3]에서 조사된 핀 간격이 한 번이라도 정상 간격의 30% 이상이나 이하가 되면, 즉 식(5)와 같이 되면 불량 부품으로 판단하고 ruling 과정을 종료한다.

간격에 이상이 없으면 핀의 각도를 고려하는데 이상적인 경우 ruler와 핀의 각도차는 90도이다. 그러나 이것은 실영상의 경우 매우 어려운 일이므로 본 논문에서는 핀의 각도( $\theta$ )를 우선 계속하여 핀 전체의 평균을 구하고, 각 핀의 각도( $\theta_1$ )가 평균에서 2도 이상의 오차, 즉 식(6)과 같이 되는 핀은 역시 불량으로 처리한다.

$$p \times 0.7 < p_1 < p + p \times 0.3 \quad (5)$$

$$(\sum \theta) / n - 2 < \theta_1 < (\sum \theta) / n + 2 \quad (6)$$

여기서 p는 핀 간의 정상 간격을 나타내고 p1은 ruling으로 얻은 간격이다. 또한 n은 전체 ruler의 갯

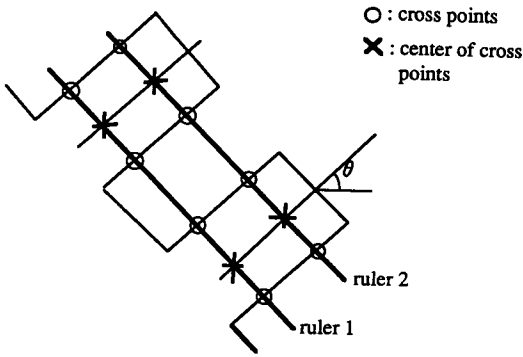


그림 8. 핀 검사 방법  
 Fig. 8. Method of pin inspection.

수를 나타낸다.

IV. 하드웨어 구성 및 실험장치<sup>(8)</sup>

본 절에서는 실험과 모의 실험에 사용한 시각 시스템의 개략과 실험 환경에 대하여 설명하겠다.

1. 컴퓨터

그래픽 처리 및 알고리즘의 모의 실험은 15mips SUN4 워크스테이션에서 수행하였고, DSP보드 인터페이스는 32bit MC68030 CPU와 MC68882 수치 연산 보조 프로세서를 채용한 Motorola사의 MVME147 시스템을 사용하였다. MVME147시스템은 VME 버스를 가진 하드웨어 개발 시스템이며 UNIX를 OS로 하고 많은 확장 슬롯을 제공하는 등의 다양한 기능을 가지고 있다.

2. 카메라 및 영상 취득기 (frame grabber)

카메라는 일본 SONY사의 16mm 렌즈를 가진 CCD (charge coupled device) 카메라를 사용하였다. 영상 취득기로는 Imaging Technology사의 VISION plus-AT를 사용하였다. 이것은 RGB 카메라 신호 및 NTSC/PAL 신호의 입력이 가능하며 256×8bit look-up-table이 있고 zooming, panning, scrolling 등의 기능이 있다. 그리고 1024×512×28bit의 메모리를 가진다.

3. DSP (digital signal processing) 보드

DSP 보드는 20Mhz의 Motorola사의 DSP56001을 사용하여 제작하였다. DSP56001은 10.25mips의 승산 속도와 56bit의 누산기를 가졌으며, 24비트의 데이터 버스, 24bit의 어드레스 버스, 56bit의 ALU (arithmetic logic unit)를 가진 고성능 수치 연산 보조 프로세서이다.

DSP 보드는 본 논문에서 제안한 알고리즘에 적합하게 설계되었는데 그림9와 같이 구성은 VME 버스 인터페이스 부, 비디오 메모리 부, Dual-port RAM 부, 프로그램 RAM 부, X 데이터 RAM 부, Y 데이터 RAM 부 등으로 구성되었다. 그림10에 실제 제작한 보드와 MVME147을 보였다.

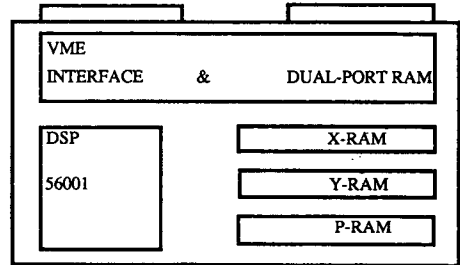


그림 9. DSP보드의 구조  
 Fig. 9. Structure of DSP board.

4. 소프트웨어 구성

SUN 및 MVME 147은 모두 UNIX를 OS로 하는 컴퓨터이므로 C언어를 이용하여 프로그래밍 하였으며, DSP 보드에 대한 프로그램은 IBM-AT에서 DSP 56001용 어셈블리로 작성하여 컴파일한 후 MVME 147에서 DSP 보드로 전송하였다.

5. 조명

조명은 영상 취득 과정에서 가장 민감한 부분인데 60w 백열등을 SMD의 후면에서 비추어 그림자를 취득하는 후방 조명 (back-lighting) 방식을 사용하였고 약 2000lux의 밝기를 제공하였다. 이 방식은 2차 영상을 얻는데 편리하며 그림10에 조명과 취득 장치를 나타내었다.

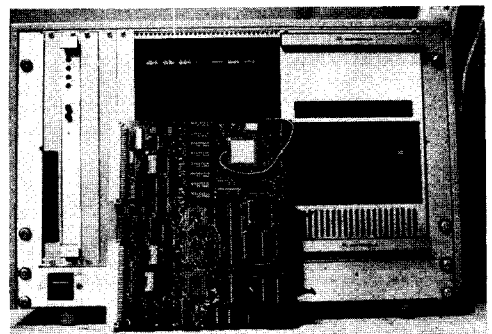


그림 10. 제작한 DSP 보드와 MVME 147시스템  
 Fig. 10. DSP board and MVME 147 system.

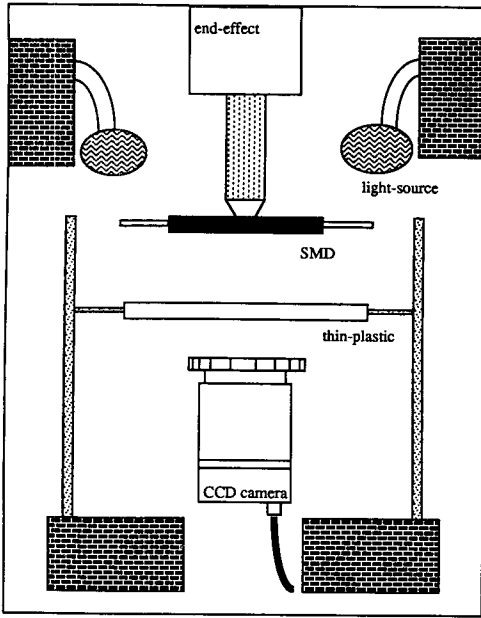


그림 11. 영상 취득 장치  
Fig. 11. Image acquisition system.

V. 실험결과 및 검토

알고리즘은 이상적인 영상에서는 매우 정확한 결과를 나타내었다. 모의 실험에 의하여 알고리즘의 성능을 확인한 후 실제의 SMD에 대하여 여러차례 실험한 결과 역시 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

영상 취득은 50mm×50mm의 영상을 512×512×8 bit로 취득한 결과, 영상의 해상도에 의한 화소당의 오차가 현재 제품화되는 일본의 히타치의 0.125mm, 미국의 휴렛팩커드의 0.12mm보다 적은 0.097mm정도를 얻을 수 있었다. 그리고 영상처리 알고리즘은 계산 속도의 극대화를 위하여 DSP56001을 이용하여 제작한 DPS 보드에서 실행하였다.

실험에서는 48핀, 62핀, 72핀이 달린 세종류의 SMD를 방향을 바꾸어 20회 이상 실험하였고, 실제 불량인 SMD에 대해서도 실험하여 정합 알고리즘과 ruling 알고리즘을 검증하였다. 그림12는 정상인 SMD에 대하여 정합 알고리즘과 ruling 알고리즘을 실행한 결과이고 그림13은 불량인 SMD에 대하여 알고리즘을 실행시킨 결과이다. 여기서 (b)는 (a)에서 에지를 검출한 결과이며 (c)는 (b)에서 특징점 추출과정을 통해 특징점을 검출한 결과이다. 이들 특징점을 Hough 변환하고 후처리한 결과를 (b)에 나타냈다. (e)는 (d)에서 얻은 직선의 기울기를 이용해서 핀의 ruling하는 과정을 도시하고 있으며 (f)는 그 결과 얻어

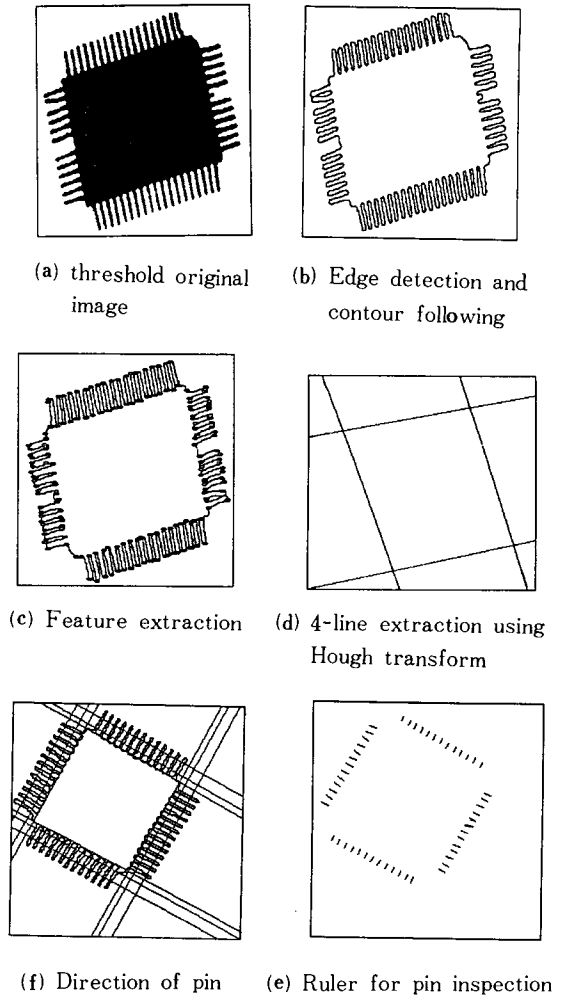


그림 12. 정상인 SMD 실험 결과(48핀)  
Fig. 12. Results of correct SMD. (48 pin)

진 핀의 길이와 방향을 나타내고 있다. 표1에는 알고리즘의 수행 결과를 나타내었는데 x, y 방향의 평균 오차가 0.045~0.097mm 정도의 범위에 있었으며, 방향에 있어서도 1도 내외의 오차가 발생하였다. 수행 시간에 대한 것은 영상 취득 시간을 제외한 순수한 처리 시간만을 측정된 것이며, 연산의 고속화를 위해 사용한 DPS 보드는 표2에서 보듯이 전 알고리즘의 수행 시간이 300msec 정도로 실시간 처리가 가능함을 보여준다. ruling 알고리즘은 정합 알고리즘에서 얻은 정보의 정밀도에 많은 영향을 받는데 실험 결과는 다음의 결과에서 보듯이 그림12의 경우는 방향이나 핀 간격에 있어서 모두 양호한 것으로 판정되었고 그림13의

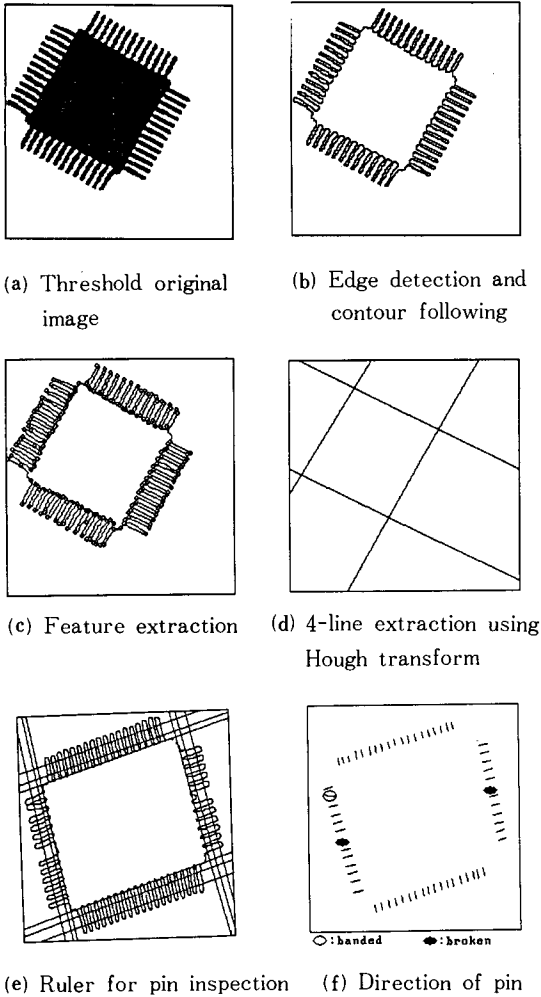


그림 13. 불량인 SMD 실험결과 (62핀)  
Fig. 13. Results of incorrect SMD. (62 pin)

경우는 두개의 부러진 핀과 한 개의 휘어진 핀을 발견하였다.

VI. 결 론

SMT에서 시각 시스템에 의한 영상 처리 장치의 도입은 장비의 응용성 및 실용성을 높여준다. 영상 처리 과정에서 중요시 되는 것은 정밀도와 실시간 처리가 가능해야 한다는 것이다. 따라서 본 논문에서는 정밀도를 높이고 고속 처리가 가능하도록 특징점 추출과 Hough 변환을 이용한 정합 및 부품 검사 알고리즘을 제안하고 이를 처리하는 DSP 하드웨어를 구성하였다. 위의 두 조건, 즉 정밀도 및 고속성을 만족시키기 위해 영상의 해상도를 높이고, 영상

표 1. x방향, y방향, 핀의 각도  $\theta$ 의 오차  
Table 1. Error of x direction, y direction and angle of pin  $\theta$ .

(단위 : mm, degree)

항목		핀수	48	62	72
최대 오차	x		0.1030	0.1302	0.0912
	y		0.1511	0.1102	0.1104
	$\theta$		1.72	1.54	1.21
최소 오차	x		0.0312	0.0215	0.0275
	y		0.0425	0.0125	0.0397
	$\theta$		0.54	0.51	0.52
평균 오차	x		0.0721	0.0881	0.0821
	y		0.0461	0.0459	0.0822
	$\theta$		0.62	0.72	0.64
표준 편차	x		0.0131	0.0172	0.0222
	y		0.0142	0.0211	0.0131
	$\theta$		0.14	0.18	0.21

표 2. 수행시간  
Table 2. Execution time.

시스템	핀수	48	62	72
SUN		2.7	3.4	3.9
DSP		0.27	0.29	0.31

하므로 영상을 단순화 하고 잡음을 최소화 하였다. 그리고 알고리즘에서도 SMD의 특성을 최대한으로 이용하여 Hough 변환시에 계산량을 줄이도록 하였으며 이의 고속연산을 위해 DSP56001을 이용한 보드를 제작하였다.

실험결과에서 보듯이 방향 및 중심의 오차는 실장하는 로봇의 오차만 보장된다면 신뢰할 수 있으며, 오차의 표준 편차가 0.02mm 정도이므로 보다 정확한 보정 작업이 선행된다면 오차는 상당히 줄어들 것으로 예상된다. 처리시간에 있어서도 300msec 정도의 시간이 소요되었는데 여러 장의 DSP 보드를 이용한 병렬 처리를 고려하면 더욱 빠른 처리가 가능할 것이다.

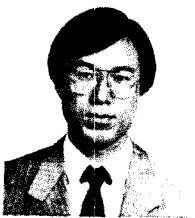
앞으로 연구해야할 과제로는 더 많은 종류의 SMD를 대상으로 신뢰할 수 있는 실험 자료를 얻는 것이며 영상 취득 과정에서 나타나는 조명의 영향을 정량화하여 대처하는 것이다. 그리고 속도를 더욱 빠르게 하기 위해서 한장의 보드로 되어있는 현재의 DSP 보드를 병렬 처리가 가능하도록 확장하는 것이다.



## 參 考 文 獻

- [1] R.T. Chin and C.A. Harlow, "Automated visual inspection; a survey," *IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intell.* igeance, vol. 4, no. 6, pp. 557-573, 1982.
- [2] M. Tsuji et al., "Development of the FIC mounting machine with vision system," *Hitachi Review*, vol. 36, no. 65, 1987.
- [3] K. Matsuzaki et al., "Compact robot vision system HV/-2 series and application for FIC mounting machine," *Hitachi Review*, vol. 39, no. 3, 1990.
- [4] N.S. Chang, "A computer vision program for loading surface mount components," *SPIE International Conference on Automatic Inspection and Measurement*, vol. 557, pp. 76-88, 1985.
- [5] H. Breu and C.C. Morehouse, "Board holes and lead tip vision," *HP Lab's Automation Technology Department Report, 1984*
- [6] N.S. Chang, "Position measuring accuracy of loading surface mount component," *SPIE International Conference on Automatic Inspection and Measurement*, vol. 730, pp. 151-155, 1986.
- [7] D.W. Capson and R.M.C. Tsang, "Automated visual measurement of surface mount device placement," *IEEE Trans. Robotics and Automation*, vol. 6, no. 1, pp. 44-52, 1990.
- [8] 전병환, 윤일동, 김용환, 황신환, 이상욱, 최중수, "SMT 자동화를 위한 시각 시스템의 실시간 구현," *대한전자공학회지*, 제27권 6호, pp. 129-138, 1990년 6월
- [9] R.C. Gonzalez and P. Winz, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1987
- [10] R.O. Duda and P.E. Hart, *Pattern Classification and Scene Analysis*, Wiley Interscience, 1973
- [11] M. Hong, D. Jang and J. Foster, "Identification of cornepoints of two-dimensional images using a line search methods," *Pattern Recognition* vol. 22, no. 1, pp. 13-20, 1989.
- [12] B.K. P. Horn, *Robot Vision*, MIT Press, 1986.
- [13] 安居院猛, 中嶋正之, C言語による画像処理, 昭晃堂, 1990.

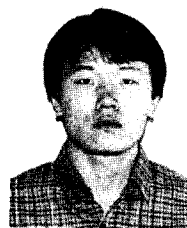
## 著 者 紹 介



車 國 贊 (正會員)

1959年 1月 19日生. 1985年 2月 중앙대학교 공과대학 전자공학과 (학사). 1987年 8月 중앙대학교 대학원 전자공학과 (석사). 1991年 2月 중앙대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 주관심분야는 Computer Vision and Computer Graphics등임.

야는 Computer Vision and Computer Graphics등임.



朴 一 秀 (正會員)

1967年 11月 1日. 1990年 2月 중앙대학교 공과대학 전자공학과 (학사). 1992年 2月 중앙대학교 대학원 전자공학과 (석사). 현재 (주) 일신 연구소 연구원. 주관심분야는 Computer Vision and

Image Coding 등임.

◆  
 崔 宗 秀 (正會員) 第28卷 B編 第10號 參照  
 현재 중앙대학교 전자공학과 교수