

# SMD VR 형상특징을 적극적으로 이용한 VR의 위치 및 흄각도 계측

## The Accurate Measurement of Center Position and Orientation of SMD Mounted VR on PCB used geometric characteristics by Computer Vision in Real Time

김 병 엽, 송 재 용(한양대학교 공과대학 대학원)  
장 경 영, 한 창 수, 박 종 현(한양대학교 공과대학 정밀기계공학과)  
감 도 영(삼성전자 생산기술센터 자동화 연구소)

### ABSTRACT

Recently SMT is used widely to place the SMD on bare board which is very small and highly integrated. And that is one of the issue directly in the electric products assembly process and especially in the field of optimizing electric product's performance, automatically tuning method which is highly demanded in the electronics industry. To tune product's performance, variable resistances's resistivity should be changed until it has good performance characteristics. In this paper to automatically regulate the 8mm camcoder's performance, it is proposed variable resistance's center position and orientation detection algorithm by image processing, which has very precise and accurate result. And we found optimal conditions which can have effects on image acquisition process. And real time processing is done by DSP to detect vr's center and orientation. This results make it possible to utilize proposed image processing algorithm and system directly in electronics industry.

## 1. 서론

현재 생산되는 전자제품은 소형의 크기로 다기능화, 고성능화, 접착화가 꾸준히 진행되어 사용자의 다양한 요구를 만족시키는 방향으로 발전하여왔다.<sup>[1]</sup> 이러한 제품의 조립 및 검사조정은 일반적으로

- 1) PCB(Printed Circuit Board)제작
- 2) SMD(Surface Mounting Devices)의 장착
- 3) 검사조정
- 4) 완제품 조립

의 4단계로 진행된다.<sup>[2]</sup> 이러한 생산 및 조정과정에서 PCB제작, SMD의 장착, 완제품 상태로의 조립과정은 꾸준히 자동화가 진행되어 왔으나 검사조정과정은 현재 큰 진전이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 검사조정과정은 전자제품의 성능을 최적화하기 위한 튜닝과정이라고 할 수 있다. 이 과정은 일반적으로 전자제품의 출력점을 선정하고 이 출력점에 프로브를 접촉하여 원하는 과정이나 출력전압이 얻어질때까지 전자부품을 조정하여 제품의 정해진 성능을 구현하는 것을 말한다. 현재 검사조정 과정은 주로 인간의 목사검사와 수동조정을 통하여 행해지고 있으며 기계를 통한 자동화가 산업현장에서 절실히 요구되고 있다. 그 이유로는 검사조정의 자동화를 통해서 i) 안정되고 균일한 성능을 가진 제품을 생산할 수 있으며 ii) 작업라인의 생산 주기를 단축시킬 수 있고 iii) 제품의 설계 변경에 대해서도 용이하게 적용이 가능하다는 점등 여러가지 장점이 있기 때문이다. 전자제품에는 조립상태에서 출력의 조정이 가능한 부품들이 있다. 일반적으로 이 부품은 가변저항으로 (variable resistance), 저항치를 조정하므로써 제품의 성능을 조정할 수 있도록 설계되고 장착된다. 저항치의 조정은 비드를 삽입하여 가변저항을 좌우로 돌리면서 할 수 있고 이것은 다음과 같이 세 단계의 과정으로 구분할 수 있다.

- 1) 가변저항의 위치 및 비드를 삽입시킬 자세의 계산
- 2) Actuator를 이용한 비드 삽입
- 3) 삽입된 비드를 돌리면서, 과정검사를 통한 제품의 성능 조정

본 연구에서는 제 1단계 과정, 즉 가변저항의 위치 및 비드 삽입 자세의 계측을 자동화하는 것을 목적으로 한다. 저항의 위치, 자세 정보를 자동적으로 계산하는 방법으로는 레이저 스캐너를 이용한 방법, 컴퓨터비전(computer vision)을 이용한 방법등이 있으나, 본 연구에서는 컴퓨터비전을 이용하여 정확하고도 실시간으로 계측할 수 있는 방법을 제시하고자 하였다.

## 2. 이미지 획득

이미지 획득을 정확하게 하기 위해서는 대상 물체의 반사특성 및 광학계와 카메라에 의한 이미지 형성 특성을 잘 알고 있어야 한다. 고려하여야 할 대상으로 object의 표면형상, 반사면의 반사특성, 조명원의 파장에 따른 object와 배경의 분리성, 카메라 및 광학계에 의한 intrinsic parameter와 extrinsic parameter 등이 있다.

가장 이상적인 이미지 획득은 대상물체(object)의 형상의 쪼그러짐이나 그림자가 없이 온전하게 보전되어 이미지가 형성되는 것이라고 할 수 있다. 이미지 형성과정은 가장 기본적인 과정이나 매우 중요한 부분인 것이다.

### 2.1 이미지 획득부의 구성

컴퓨터비전을 이용한 계측 시스템은 일반적으로 광학계(렌즈부), CCD 카메라, image processor, 실시간 처리를 위한 DSP, 조명부(illumination part), PC로 구성된다.

비전시스템의 구성은 Fig.1와 같다.

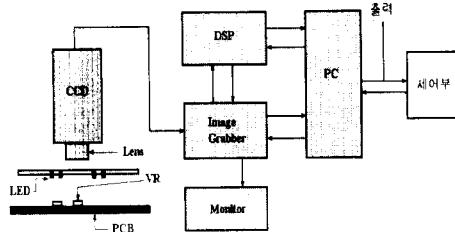


Fig.1 Schematic diagram of vision system

## 2.2 조명부의 설계

비전 시스템의 조명 장치부를 설계하기 위해서는 대상 물체의 광학 특성을 잘 알고 있어야 한다. 조명 방향과 센서의 위치를 결정하기 위하여 특히 입사광의 입사각과 센서의 관측각이 변함에 따른 대상 물체의 반사 특성을 알아야 한다. 여기서는 대상 물체의 광학 특성 중에서 입사광의 입사각과 센서의 관측각이 변함에 따른 물체의 반사 특성을 실험을 통하여 분석하고자 한다. 따라서 이미지의 획득시 고려되어야 할 것으로는 이러한 반사특성으로부터, PCB로부터의 조명 높이 및 입사광의 입사각, 입사광의 밝기, 입사광의 파장등을 결정하여야 한다. 이렇게하여 이미지를 획득할때 고려할것은 VR의 내측 및 외측요소가 노이즈의 영향을 받지 않고 보존되는가의 여부이다.

### 2.2.1 가변저항의 형태

PCB상의 검사조정 대상인 가변저항의 형태 및 dimension은 Fig.2와 같다. VR은 정확히 말하면 2차원적으로 평평하다고 생각할 수 없고 convex 와 concave의 조합으로 이루어져 있다고 할 수 있다. 그런데, PCB 표면으로부터 VR까지의 거리는 대략 1.4mm이며 PCB 표면으로부터 VR의 내측요소까지는



0.5mm 이다. 따라서 VR의 내측요소와 VR 표면은 거리차이가 미미하므로 같은 표면상에 있는 것으로 생각한다. 따라서 평평한 표면으로 가정된 2차원적인 이미지를 받아들이는것으로 생각할 수 있다. 또한 SMD의 장착시 PCB표면을 기준으로 VR 기울어짐이 랜덤하게 발생하므로 약간의 기울어짐도 이미지 획득 단계에서 고려가 되어야한다. 이러한 장착 기울기는 약

Fig.2 Variable resistance

1.5도 정도로 생각되며 따라서 VR 평면이 아닌 VR의 곡면에 많은 영향을 줄 수 있다. 그리고, VR 표면이 Lambertian 표면이 아니고 Specular Spike 성분이 강한 금속성이므로 이러한 기울어짐은 이미지의 형성과정에서 부정확한 이미지 데이터를 형성할 수 있다.

즉, 조명의 입사각이 일정하고 CCD 소자로의 관측각이 일정하더라도 VR의 장착 형태에 따라서 불규칙한 이미지를 형성할 수 있다는 것이다. 그런데 이러한 효과까지 고려하면 상당히 정확한 결과를 유추할 수 있겠지만 VR의 형태는 2차원적인 평면에 의해서 형성된 것이라고 생각할 수 있다. 또한 이렇게 2차원적으로 가정되기 위해서는 VR주위의 납땜 및 연결 line 및 다른 부품과 분리되어 구별될 수 있다는 것을 전제로 하여야 한다.

### 2.2.2 조명원 파장의 결정<sup>[4][5]</sup>

불체의 광 반사 특성은 광원에 따라서 달라진다. 즉, 입사광의 파장이 달라지면 반사율(reflectance)도 달라진다. 그러므로 비전 시스템에 사용될 광원을 선정할 때는 빛의 파장 변화에 따른 대상 물체의 반사 특성을 알아야 한다. Fig.3에서 보듯이 우리는 본래 색인 가시광선의 적색 영역과 적외선 영역에서 높은 반사율을 가진다. Polyimide 코팅 물체는 Polyimide 본래의 색인 청색(파장이 400~470nm) 영역에서 약간 높은 반사율을 보이며 630nm 이상의 영역에서 매우 높은 반사율을 가진다. PSR 코팅 물체는 본래의 색인 녹색 영역(470~580nm)에서 약간 높은 반사율을 가지고 800nm 이상의 영역에서 매우 높은 반사율을 보인다. Epoxy는 전체적으로 장파장(500nm)에서 반사율이 높다. PSR(Epoxy) 코팅 물체는 본래의 색인 녹색(파장이 470~580nm) 영역에서 약간 높은 반사율을 보이고, 850nm 이상에서 매우 높은 반사율을 보인다. 납은 본래의 색에서 알 수 있듯이 가시광선 영역에서 거의 비슷한 반사율을 보인다(Specular Spike and Lobe). 요약하면 Polyimide, PSR(Copper), PSR(Epoxy) 코팅 물체는 반사율이 높은 파장에서 반사율이 높다. 즉, 물체 내부의 반사가 큼을 알 수 있다. 따라서 이러한 코팅 물체와 VR 표면을 구분하기 위해서 장파장의 적색광을 띠는 초고화도 LED를 이용하였다.<sup>[5]</sup>

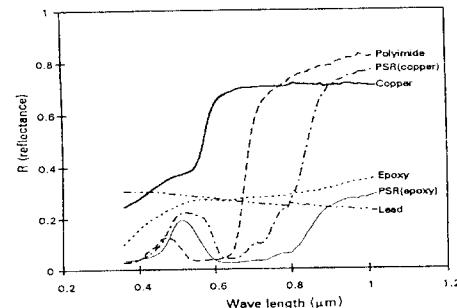


Fig.3 Reflection characteristics of different materials on PCB

### 2.2.3 조명원의 안정성

LED 조명원의 일반적인 특성은 다음식으로 표현된다.

$$P = P_0 \cdot e^{-\beta t} \quad (1)$$

where,  $P_0$  : 초기 방사 출력

$\beta$  : deterioration factor

t : 동작시간

여기서,  $\beta$ 는 온도에 의한 solid 격자 진동과 방출에 관계하지 않는 재결합 에너지에 의해서 생성되는 즉, 전이와 shift에 영향을 받는 factor이다. 웃식에서 보듯이 LED 조명원은 초기에 급속히 안정화되는 것을 알 수 있다.

## 2.2.4 조명파라미터의 결정

내상 불체에 대한 최적의 화상을 얻기 위한 비전시스템의 조명장치부 설계 및 조명 파라미터를 결정하기 위해서는 입사광의 표면에 대한 입사각과 카메라의 관측각에 따른 이미지의 화상을 평가하여 최적의 조건을 결정하여야 한다. 조명은 일반적으로 조명의 균일성을 좋게 하기 위해서 환형태를 가지며, 따라서 조고회도 LED를 환형태로 배치하였다. Fig.4에서 보듯이 반지름이 12mm인 내측환과, 반지름이 17mm인 외측환에 각각 16개, 24개의 LED를 배치하였다. 여기서 조명의 집중도를 좋게 하기 위하여 가능한한 배치환의 반지름을 최소로 하였다. 약 10cm 정도 떨어진 거리에 대하여 루스미터(lux meter)를 이용하여 제작한 조명의 회도를 측정하였을 때 280~300lux의 밝기를 나타내었다. 따라서 조명의 밝기는 적당한 것으로 생각되며, 실험결과 균일도는 매우 양

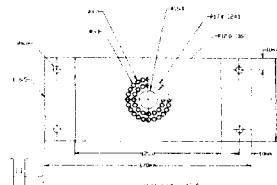


Fig.4 LED illumination

호하였다. 입사각의 결정은 PCB로부터 조명까지의 거리를  $h_1$ 이라고 할 때, 관측각을 고정한 상태에서  $h_1$ 을 조정하여 최적의 화상을 나타내는 것을 기준으로하여 결정하였다. 이때에 양질의 이미지라는 것은 주위의 물체들이 VR 표면과 분리되고, VR 표면의 기하학적인 특성이 잘 보존된 것을 말한다. 실험결과 광원의 표면에 대한 입사각을 결정하는  $h_1$ 에 대해서 이미지의 화질이 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며, 약  $h_1$ 이 60~85mm였을 때, 최적의 이미지를 얻을 수 있었다. 이때의 입사각은 11°~15°이다. 또한 관측각은 카메라를 PCB에 수직한 상태로 고정하였으며, PCB로부터 카메라의 거리( $h_2$ )를 조성하므로써 관측각이 변하지만 매우 미소하므로,  $h_2$ 의 조정은 단지 FOV의 변화를 의미한다고 하겠다.

## 2.3 이미지 획득에 따른 F.O.V.의 분석

Fig.5에서와 같은 면적이 약 1mm × 1mm인 사각 패턴을 이용하여, 분해능이 0.01mm인 마이크로미터를 1mm씩 이동시키면서 이미지에서의 변화량을 측정하였다. 이때 이미지상에서의 변화량은 형성된 사각패턴 이미지의 도심으로 하였다. 수평 방향과 수직방향에 대하여 연속적으로 사각 패턴을 이동시키면서 실험하였고 각각에 대하여 scale factor를 구하였다. 수평방향에 대한 scale factor는 47.7107(pixel/mm)이며, 수직방향에 대한 scale factor는 46.1235(pixel/mm)이다. 형성되는 F.O.V.(Field of view)에 따라서 변할 수 있지만 본 연구의 실험에서는 F.O.V.를 고정하고 이 결과를 이용하였다.

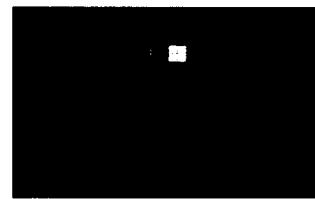


Fig.5 Rectangle solid pattern used to determine the scale factors

## 3. 이미지 처리(Image Processing)

이미지 처리 flow는 Fig.6과 같다.

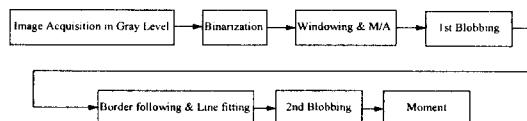


Fig.6 Image processing flow chart

### 3.1 전처리과정(Pre-processing)

전처리부는 이미지의 개선 및 대상이 되는 object(가변저장의 형상)를 추출하는 단계로, 이미지 분석이 용이하게 이루어질 수 있도록 feature analysis 전단계의 기본적인 이미지 처리를 말한다. 전처리 알고리즘은 효과적으로 이미지 segmentation을 진행시킬 수 있도록 하고 이미지처리 결과를 향상시킬 수 있도록 한다. 따라서 전처리부는 이미지의 분석이 잘 이루어질 수 있도록, 목적에 적합한 알고리즘을 선택적으로 적용하여야 하며, 본 연구에서 전처리부로 사용한 알고리즘은 windowing, threshold selection method(적용적 이진화), 노이즈 제거를 위한 smoothing, VR만을 추출하는 blobbing이다. (3[5][6][10][14][15])

### 3.2 VR 흄의 각도 계측 알고리즘

#### 3.2.1 VR 외곽의 경계 추출

VR경계는 이진화된 이미지를 대상으로 blobbing을 이용하여 VR을 추출하고 경계의 외곽을 반시계방향으로 추적하여 경계부의 좌표를 베퍼로 저장한다. 이때 discrete한 주위 길이를 perimeter라고 정의하면 contour following시에 이 길이를 구할 수 있다.

#### 3.2.2 VR 외곽의 모서리 추출 알고리즘

Curvature는 이미지 처리에서 매우 중요한 인자이다. 불체의 corner를 찾을 때 용이 가능하다. 이러한 이미지의 curvature를 이용하여 코너를 예측하는 방법이 [11][12]등에서 제안되었다. Corner는 이미지 매칭, 모양의 분석, curve fitting에 있어 매우 유용한 특징량으로 이미지 분석을 단순화하고, 대상불체의 중요한 정보를 가지고 있다. curvature를 이용하여 실제의 discrete한 이미지에 적용시키는데는 많은 어려움이 있다.(단순히 discrete하기 때문에) 코너를 찾는 방법으로는 첫째, 국부적인 gray level값의 정보를 이용하거나, 둘째로 이진화 과정에

서 경계특성을 이용한 것이다. 경계특성을 이용한 방법으로서 여러가지가 있겠으나 기본적으로 이미지 segmentation을 하고 contour를 following하여

- i) 경계가 방향에서 불연속적인 변화가 발생하거나
  - ii) 경계의 곡률이 어떤 임계치를 넘을 때를 코너점으로 정의한다.
- $y=f(x)$ 라 하면 곡선의 Curvature  $\kappa$ 는 식(2)으로 정의되어 실제의 이산 이미지에는 적용할 수 없다.

$$\kappa = \frac{y_i''}{[1 + (y_i')^2]^{3/2}} \quad (2)$$

따라서, 현(chord)과 이산커브 segment 사이 면적을 이용함으로써 곡률을 표현할 수 있으며 이러한 방법을 응용하여 코너점을 추출하는 알고리즘으로 area deviation을 이용한 방법이 있다.<sup>[14]</sup> 이 알고리즘은 고정된 길이의 현을 이용하여 contour를 따라서 현과 곡선 segment 사이의 면적을 구하여 간접적으로 곡률을 유추하는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 면적 변화를 이용한 방법으로 VR의 모서리부를 검출하여, 검출된 VR의 직선부로 부터 VR의 자세를 추출할 수 있다. 먼저 blobbing 후에 VR 표면을 border following하여 연속된 경계부를 추출한다. 이렇게 추출된 경계의 좌표를 기억하고 이 정보를 대상으로 이미지 상에서 VR의 모서리부를 찾게 된다. VR 경계부의 perimeter를 구하고 이 perimeter/3.75를 cut length로 하여 cut length까지 contour 좌표를 따라가면서 이 부분에 해당하는 두 점과 곡면 사이의 면적을 구하게 된다. Fig.9에서와 같이 시작점을  $P_i(x_i, y_i)$ 라고 하면 경계상에서  $i+cut\ LENGTH$ 번째까지 border following하여  $P_i$ 와  $P_{i+cut\ LENGTH}$ 가 이루는 현과 그 사이의 contour segment 사이의 면적을 구하게 된다. 이때 구해지는 면적은

$$Area = \sum_i^{i+cut\ LENGTH} h_i \quad (3)$$

이다. 여기서

$$h_i = \begin{vmatrix} x_i & x_{i+1} & x_{i+2} & x_i \\ y_i & y_{i+1} & y_{i+2} & y_i \end{vmatrix} \quad (4)$$

이다.  $h_i$ 는  $P_i$ ,  $P_{i+cut\ LENGTH}$ 가 이루는 현(chord)에 대한 경계곡면까지의 수직 거리이다. 이렇게 구해진 면적에 대해서 VR의 모서리부는 이 면적이 최소의 값을 가지므로,

#### Detect\_Corner\_Point ( $P_i$ , $P_{i+cut\ LENGTH}$ ) when Area minimum

이때 면적은 Fig.8와 같고 이로부터 모서리부에서 계산되는 면적이 최소가 되는 VR형상의 기하학적 특성을 이용하였다.

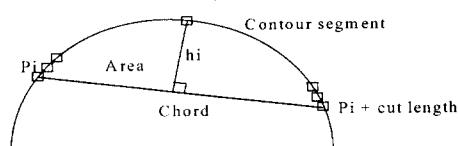


Fig.7 Contour segment, chord and area

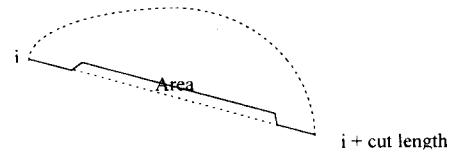


Fig.8 Detected line segment of VR and it's area

따라서, 우리가 구해야 할 모서리 점은 이 면적이 최소가 되는 부분이 되고 이러한 원리로부터 VR의 모서리 부분을 추출할 수 있다.

#### 3.2.3 Curve Fitting에 의한 흡의 각도 추정

Line fitting된 직선이  $y = a_0 + a_1x$ 라고 하면

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (5)$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x}$$

여기서,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ 는  $x$ 와  $y$ 의 평균값이다.

이때 기울기  $a_1$ 으로부터 LSM으로 fitting된 직선에 대한 기울기를 알 수가 있다. 즉, 기울기  $\phi$ 는

$$\phi = \tan^{-1}(a_1) \quad (6)$$

이다. 또 LSM의 Coefficient of Determination  $r^2$ 으로부터 curve fitting의 정도를 알 수 있으며  $r^2$ 이 1이면 완벽한 fitting이고  $r^2$ 이 0이면 개선이 되지 않았음을 알 수 있다. 이때  $r^2$ 은

$$r^2 = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2} \sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \quad (7)$$

이고 여기서  $n$ 은 전체 점의 수를 의미한다.

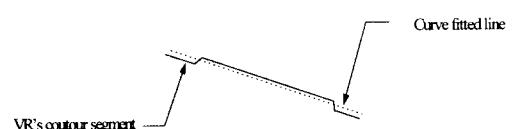


Fig. 9 Curve fitting of VR's detected line segment

추출된 VR의 직선부에 대한 line fitting 결과는 Fig.9과 같다. 그런데, Fig.10에서 알 수 있듯이 추출된 모서리부의 각도가 90°에 가까울 때 LSM error는 이론적으로 무한대에 가깝다. 따라서 이러한 error는 curve fitting 결과의 신뢰성을 저하시키고 예상과 다른 결과를 산출하게 된다. 이러한 경우에는 좌표축  $x, y$ 를 치환하여 curve fitting하고 다시 좌표축을 치환하므로써 문제점을 해결할 수 있다. Fig.10에서 보듯이 추출된 모서리 직선부의  $x$ 축으로 사영된 길이  $T$ 가 임계치보다 작게 되면 앞에서 이야기한 좌표축을 치환방법을 이용하여 curve fitting을 하게 된다.

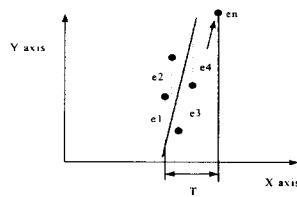


Fig. 10 Curve fitting error

### 3.3 VR 중심좌표의 계측 알고리즘

이미지상에 있는 object의 중심을 구하기 위해서는 일반적으로 도심을 이용하여, 모멘트법은 계산 알고리즘이 단순화하여 속도가 빠른 장점이 있다.<sup>[16]</sup> 또한 이미지획득시에 VR의 내부가 충분한 데이터량과 중심정보를 정확히 가지고 있으므로 이러한 특성을 이용하여 모멘트법으로 중심을 추출한다. 모멘트법은 단일한 형상에 대하여 정확하게 도심 및 주축 각도를 추출할 수 있다. 모멘트법은 global feature로써 노이즈에 민감하지만 계산과정이 간단하고 빠르며 복잡한 형상의 도심을 구할 때 이용하며, 본 연구에서는 모멘트법의 이러한 성질로부터 VR중심을 구하는 feature analysis 알고리즘으로 채택하였다.

### 3.4 DSP를 이용한 실시간처리

DSP 보드 MVB-02(TMS302C30)을 이용하여 제안한 알고리즘의 처리하였다. 그 결과 적용하는 윈도우를  $220 \times 220$ 으로 하였을 때, VR 1개를 대상으로 모든 알고리즘을 수행하는데 소요되는 시간은 1.09~1.2 sec 이다.

#### 4. 이미지 처리 결과 및 평가

#### 4.1 이미지 처리결과

제안된 이미지 처리에 의한 중심 및 자세의 계산 결과는 Fig.11과 같다. 아래의 처리 결과는 하나의 PCB상의 VR을 무작위로 위로 선택하여 처리한 것으로 삽입될 비이드를 그래픽적으로 오버레이(overlay)하여 정확성 여부를 판단할 수 있다.

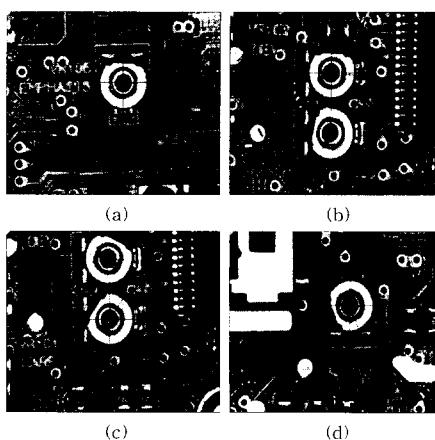


Fig.11 Result of image processing

#### 4.2 처리결과의 평가(robustness)

#### 4.2.1 F.O.V 분석

F.O.V(Field of View)를 분석한 결과는 Fig.12과 같다.

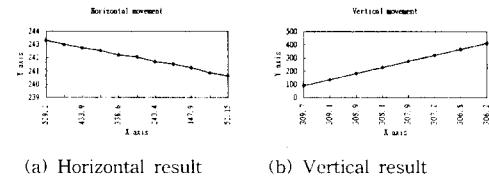


Fig.12 Extracted center of rectangular solid's 1mm movement for horizontal and vertical direction

Fig.12은 Fig.5의 사각형 패턴을 이용하여 도심을 구한 결과이다. 이때에 PCB를 고정한 스테이지를 수평 및 수직 방향으로 1mm 간격씩 이동하므로써, 이로부터 형성된 F.O.V의 scale factor를 구할 수 있다. 또한 PCB 면에 대하여 카메라가 수직으로 설치되었다고 가정하면 형성되는 이미지면(image plane)의 수평축과 카메라의 수평축이 약간 어긋나 있음을 알 수 있다. 각각에 대하여 curve fitting하면 수평방향 이동에 대하여  $y=0.0055x+241.04$ 이고 수직방향 이동에 대하여  $y=46.122x+42.562$ 이다. 따라서 어긋나는 정도는 0.31741 '에서 1.243 "이다. 그런데 이 양은 대상원도우에 대하여 미소하므로 무시하고 각각의 이동량에 대한 평균을 이용하여 scale factor를 구하였다. 그로부터 scale factor는 수평방향에 대하여 47.7107 pixel/mm이고 수직방향에 대하여 46.1235 pixel/mm이다.

#### 4.2.2 조명광원에 대한 이미지 획득 안정도 및 처리결과의 강인성 평가

동일한 위치 및 자세에 대하여 외란광이 있을때와 없을 경우에 대하여, 무작위로 이미지를 획득하여 처리한 결과는 Fig.13과 같다.

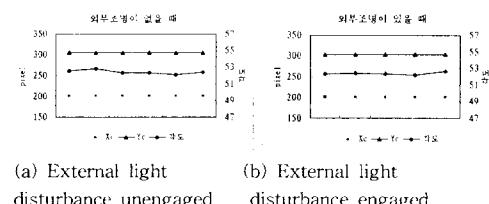


Fig.13 Extracted result on different situations but same center and orientation of VR

Fig.13에서 보듯이 외부 조명원(일반적인 형광등 60Hz)이 있을 경우와 없을 경우에 대하여, 모두 처리결과가 강인한 것을 알 수 있다. Fig.13의 (a)는 x축 중심평균이 200.7476이고 y축 중심평균이 304.1002이며 자세의 평균은 52.4072 °이다. Fig.13의 (b)는 x축 중심평균이 200.7273이며 y축 중심평균은 304.0887이며 자세의 평균은 52.3860 °이다. 이때에 각각의 최대값과 최소값의 차이는 x축 중심에 대하여 0.0424 pixel이고,

y축 중심에 대해서 0.0422 pixel이며 자세에 관하여는 0.4592°이다. 따라서 추출된 중심좌표와 자세 정보는 외부조명원(일반적인 형광등)의 영향에 관계없이 간단하게 추출되었음을 알 수 있다.

#### 4.2.3 VR 중심의 계측정밀도 평가

Fig.5의 사각패턴을 이용하여 수평 및 수직 방향의 scale factor를 계산한 결과 수평방향은 47.7107pixel/mm, 수직방향은 46.1235 pixel/mm이었다. 이 계산 결과를 바탕으로 VR 중심에 대한 정밀도를 평가하였다. VR위치를 수직 또는 수평 방향으로, 마이크로미터를 이용하여 미소하게 이동시킬 때 (0.01mm), 이미지상에서의 변화량을 계측하였으며, VR 중심에 대한 수평방향과 수직방향에 대한 이동량을 바탕으로 구성된 비전시스템의 계측 분해능을 평가하였다.

##### (1) 수평방향의 미소 변위 이동에 따른 처리 결과

	이미지 상의 변화량	실좌표에 대한 변화량
0.00mm - 0.01mm	0.54754 pixel	0.01147 mm
0.01mm - 0.02mm	0.43748 pixel	0.00917 mm
0.02mm - 0.03mm	0.45996 pixel	0.00964 mm
0.03mm - 0.04mm	0.47477 pixel	0.00995 mm
0.04mm - 0.05mm	0.47366 pixel	0.00993 mm
평균 이동량	0.47868 pixel	0.01003 mm

\* Horizontal scale factor = 47.7107 pixel/mm

##### (2) 수직방향의 미소 변위 이동에 따른 처리 결과

	이미지 상의 변화량	실좌표에 대한 변화량
0.00mm - 0.01mm	0.41029 pixel	0.00890 mm
0.01mm - 0.02mm	0.56451 pixel	0.01224 mm
0.02mm - 0.03mm	0.36367 pixel	0.00789 mm
0.03mm - 0.04mm	0.49837 pixel	0.01080 mm
0.04mm - 0.05mm	0.44295 pixel	0.00960 mm
평균 이동량	0.45594 pixel	0.00989 mm

\* Vertical scale factor = 46.1235 pixel/mm

##### (3) 계측 분해능의 평가

수평방향과 수직방향에 대한 VR 중심계측 정밀도는  $1.25\mu m$ 이다. 따라서, 구성된 비전 시스템 및 알고리즘에 의해서 추출되는 VR 중심에 대한 계측 분해능은 매우 고정도임을 알 수 있다.

#### 4.2.4 VR 훔의 각도 계측정밀도

VR이 매우 소형이고 미세한 곡면으로 형성되어있기 때문에 실체로 계측되어야 할 각도의 참값을 측정하기가 매우 어렵다. 따라서 여러가지 방법을 이용하여 정밀도를 알아볼 수 있으나, 이러한 방법들은 고정도의 장비와 기타 장비들을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 각도 정밀도를 정량적으로 파악하지 않고 처리된 이미지에 대하여 삽입할 베이드의 형상을 overlay하여 베이드의 삽입여부를 확인하였다. 그 결과로부터 VR 모서리부를 이용하여 추출하는 각도는 매우 정확하였다.

## 5. 결론

본 논문의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 8mm 캠코더용 PCB의 위치 및 자세를 추출하기 위한 이미지처리 시스템을 구성하였다.
- 2) 조명 광원의 좌표를 결정하였고 양질의 이미지를 획득할 수 있는 조건들을 실험을 통하여 결정하였다.
- 3) 제안한 이미지 처리 알고리즘을 적용하여 VR 중심과 자세를 정확하게 계측할 수 있었다.
- 4) TMS320C30을 이용하여 이미지처리를 실시간으로 하였다.

## 참고문헌

1. "Post SMT 實裝の技術",電子技術,1993-8
2. 世戸 ?男, "Flexible 自動検査・調整 システム", 松下通信工業
3. Etsuo Okuyama, Isao Itoigawa, Kiyoshi Okumura, "Estimation of Defection about Mounted PC Board Soldering Inspection Machine",富士通エンジニアリング, Vol.11 No.2 1993
4. 이문호, "퍼스컴을 이용한 영상처리", 기다리 출판사
5. Dana H. Ballard, Christopher M.Brown,"Computer Vision",Prentice Hall
6. Iosannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms",Prentice Hall
7. 노명옥, "PCB 패턴의 고속정밀 비전검사 시스템 개발",전자부품 종합기술 연구소,1994
8. 성효경, "비전 센터링 유닛의 개발", 경북대학교 전자기술 연구소,1994
9. Shree K.Nayar,"Shape Recovery using Physical Models of Reflection and Interreflection",Carnegie Mellon Univ.1991
10. Louis J.Galblat,"Machine Vision and Digital Image Processing",Prentice Hall
11. Donna J.Williams and Mubarak Shash,"A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation",CVGIP,Image Understanding,Vol55,No.1,January,pp.14~26,1992
12. Marcel Worring and Arnold W.M.Smeulders,"Digital Curvature Estimation",CVGIP,Image Understanding, Vol.58, N0.3 ,November,pp.366~382,1993
13. Zhou Hao,Shao Lejun,"A Fast Corner Detection Algorithm Based on Area Deviation",MVA '94 IAPR Workshop on Machine Applications Dec,pp.13~15,1995,Kawasaki
14. S.S.Reddi, S.F.Rudin, and H.R.Keshavan,"An Optimal Multiple Threshold Scheme for Image Segmentation",IEEE Trans. on Systems,Man, and Cybernetics,Vol.SMC-14, No.4,July/August 1984
15. Vladimir A.Shapiro,"Optimal Binarization : A Robust Approximation Scheme",The Third International Conference on Automation,Robotics and Computer Vision, Singapore ,November, 9~11, 1994
16. 김병업, 송재용, 장경영, 한창수, 박종현, 이영민, "비전을 이용한 SMD 부품의 위치 및 자세의 계측", 95년도 춘계학술대회 논문집, pp.371~376, 1995