

# 주성분분석법을 이용한 반도체패키지의 위치정렬 영상처리기법

김학만\*  
\*(주)세크론  
e-mail:sharkhm@kut.ac.kr

## An Image Processing Method for Aligning the Positions of Semiconductor Package using Principal Component Analysis

Hak-Man Kim\*  
\*SECRON Co.,Ltd.

### 요 약

반도체 조립공정에서 사용되는 Pick and Placement장비는 반도체패키지를 컴퓨터 비전을 이용하여 위치 정렬하고 Placement Tray에 적재하는 장비로서 고속,고정밀도가 요구된다. 다변량 통계적 분석 방법인 주성분 분석법은 주어진 데이터에서 특징이 되는 일정한 패턴을 찾는 방법으로 영상의 차원감소를 위해 최근 많이 사용되어지고 있다. 본 논문에서는 반도체패키지의 기하학적 형태를 이용하여 위치정렬을 하도록 한 후 성능을 검증하도록 하였다. 패키지 원영상에서 밝기값의 차이에 따른 윤곽선을 인식한 후, 각 위치값들을 주성분 분석법을 이용해 직선을 추출한 방법으로 위치정렬한 결과 신뢰할 만한 위치정렬 성능을 보였다.

### 1. 서론

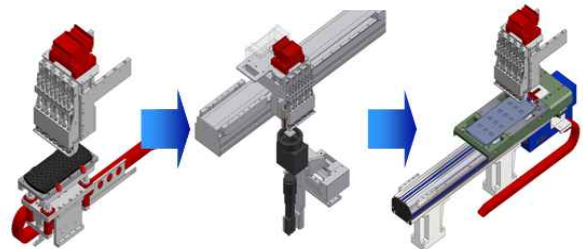
반도체후공정에서 사용하는 Pick and Placement의 경우, 패키지의 위치정렬을 위해 컴퓨터 비전을 사용한다. Pick and Placement의 핵심부분인 칩픽커장치는 패키지를 픽업테이블에서 집어서 규격화된 트레이에 옮겨 적재하는 기능을 수행한다. Pick Up시 패키지가 상하좌우 또는 회전방향으로 틀어질 가능성이 있어, 컴퓨터 비전을 사용하여 위치정렬을 수행하도록 해야 한다.

본 논문에서는 주성분 분석법을 이용해서 BGA형태의 패키지를 위치정렬하는 방법에 대해 알아보고, 이를 구현하였다. 사각형태의 특징을 가진 패키지의 위치정보를 얻기 위해서는 패키지의 외곽부분을 정확히 인식해야 한다. 문턱치화기법을 사용하여 유효한 화소들을 찾아내고, 그것을 다변량 통계적분석기법의 하나인 주성분분석법을 사용하여 직선을 찾아내어,[1][3] 결국 사각형태를 찾는 방법을 시도하였다.

### 2. Pick and Placement 시스템

Pick and Placement는 절삭공정을 거친 개별화된 패키지를 픽업테이블에서 플레이트 트레이로 옮기는 공

정을 하는 장비이다. [그림1]에 Pick and Placement공정을 나타내었다. 칩픽커장치는  $X, Y, \theta$  축 이동 가능한 액츄에이터로 구성되어 있으며, 반도체패키지를 집어서 컴퓨터 비전 위를 이동하면서 촬상을 하여 영상을 획득한다.



[그림 1] Pick and Placement 공정

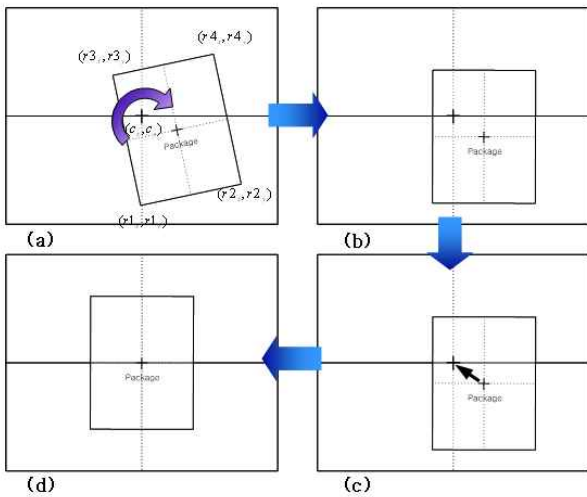
이 시스템에서 사용할 수 있는 위치정렬 계산의 허용 오차의 규격은 [표1]과 같다.

[표1] 위치정렬계산 결과의 상하한 규격

방향	규격(Spec)
X	$\pm 0.04$ mm
Y	$\pm 0.04$ mm
$\theta$	$\pm 0.3$ degree

[그림2]에 패키지의 꼭지점을 이용한 중심위치로 이동하는 것을 나타내었다. 영상처리기법을 통해 패

키지의 꼭지점의 좌표  $r_1 \sim r_4$ 를 구하고, [그림2](a)와 같이 칩픽커중심위치를  $c_x, c_y$ 기준으로 회전했을 때 화면과 평행한 만큼의 각도  $\theta$ 를 회전한다. 그렇게 했을 때 [그림2](b)의 형태로 되며 [그림2](c)와 같이 패키지의 중심을 화면의 중심으로 X, Y 방향으로 이동하여  $X, Y, \theta$ 위치정렬을 한다. [그림2](d)는  $X, Y, \theta$ 위치정렬계산 후 중앙위치로 이동한 그림이다.

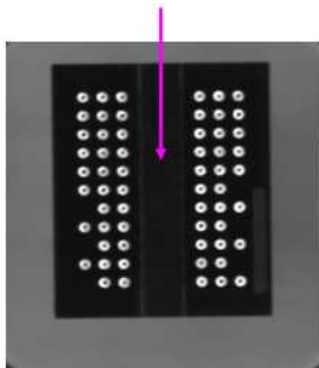


[그림 2] 영상의 중심 기준 패키지  $X, Y, \theta$  오차 적용

### 3. 영상 처리 기법

#### 3.1 문턱치화 분석법

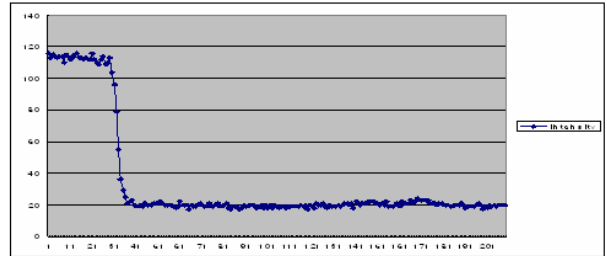
문턱치화 기법은 구현방법이 상당히 직관적이고 단순하기 때문에 대상물인식에 많이 사용된다. 밝은 배경에 어두운 대상으로 구성된 영상의 히스토그램을 보면 두개의 부분으로 나누어진 명암도를 가진다. 배경으로부터 대상을 찾아내기 위한 확실한 방법은 이 부분들을 분리하는 문턱치(threshold value)를 찾는 것이다.[2]



[그림3] 패키지 이미지 상에서 밝기값 비교 방향

[그림3]의 원영상에서 화살표방향으로 픽셀의 밝기

를 나열하면 [그림4]의 밝기값 분포 그래프와 같이 배경부분과 패키지부분이 명확하게 구분됨을 알 수 있다. 패키지는 사각 형태의 기하학적 특성을 가지고 있으므로, 상하좌우 네 방향에서 각각의 밝기값을 조사하면, 대상물의 윤곽부분에 대한 위치정보를 획득할 수 있다.

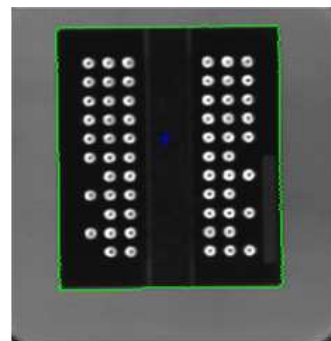


[그림4] 밝기값 분포

윤곽을 판단하는 방법은 이전 픽셀의 밝기값과 현재 픽셀의 밝기값의 차이가 문턱치보다 크면 이것을 윤곽에 해당하는 유효한 픽셀로 인식하는 것이다. 식(1)은 위에서 아래방향으로 증가하면서 조건에 만족하는  $x, y$ 를 저장하는 식을 나타낸다.

$$Edge(x, y) = \text{if } f[y-1][x] - f[y][x] > threshold \quad (1)$$

이러한 방법으로 네방향 모두 처리하고 윤곽을 표시하면 그림5와 같이 나타나게 된다.



[그림5] 밝기값 차이로 인식한 이미지

위치 정렬 영상처리방법을 요약하면 다음과 같다.

- ① 문턱치화를 통해 유효픽셀함수 T를 구한다.
- ② 통계적분석기법인 주성분 분석법을 사용하여 직선을 추출한다.
- ③ 각 교점의 좌표를 구한 후 사각형의 위치오차를 구한다.

#### 3.2 주성분 분석법

역사적으로 주성분분석(PCA, Principal Component Analysis)은 직교최소제곱(orthogonal least squares)

의 개념에 기초하여 p차원 공간에 흩어져 있는 점들을 가장 잘 적합시키는 평면을 찾기 위한 기하적 최적화(optimization)의 문제로서 Pearson(1901)에 의해 제기되었다. 그후 1930년대 Hotelling은 변수들간의 상관구조(correlation structure)를 분석하기 위한 노력의 일환으로 원래 p개 반응변수들의 값을 근사적으로 결정하게 되는 더 낮은 차원의 서로 독립적인 요인을 정하여 이를 성분(component)이라 불렀으며, 원래 변수들이 가진 전체변이에 대한 각 성분의 공헌도(contribution)를 순차적으로 최대화하도록 선택된 성분(주성분)을 유도하여 이에 기초한 분석을 주성분분석이라 불렀다.[3]

PCA는 주어진 데이터에서 일정한 패턴을 찾은 경우에 정보의 많은 손실이 없이 데이터를 압축하여 표현할 수 있는 방법을 제공한다. 주어진 특징벡터를 나타내는데 있어서 가장 두드러지는 성분(principal components) 몇 개만을 가지고 재표현하는 것이다.[4] 예를 들면, 이미지처리에서 얻은 에지나 코너점들(2차원의 특징벡터)을 연결하는 하나의 직선을 찾고자 하는 경우에 PCA방법은 원래의 특징벡터의 X성분과 Y성분의 상관관계가 사라지는 두개의 기저를 준다. 이 중 한 기저방향이 원하는 직선의 방향을 주게 되며, 그것에 수직인 방향은 직선에서 벗어나는 작은 변동을 나타내는 방향을 나타낸다. 좋은 직선의 형태를 갖는 특징벡터의 분포를 기술하는데는 직선방향을 위치만으로도 충분하므로 2차원의 특징을 1차원의 특징으로 줄이는 것이 가능하게 된다.

따라서 PCA과정은 주어진 데이터를 가장 잘 표현하는 새로운 기저를 찾는 과정이다. 특징벡터는 이미지 처리과정에서 얻은 일종의 랜덤벡터이다. 많은 경우에 주어진 랜덤벡터의 성분들간에는 항상 상관관계가 존재하는데 이것이 데이터가 가지는 패턴을 찾는데 방해요인이 된다. 상관관계를 없애기 위해서는 성분들간의 상관관계를 나타내는 공분산행렬을 구하고 이것의 고유벡터(eigenvector)를 구하면 된다. [3] 이 고유벡터를 새로운 기저로 하여 특징벡터를 재구성하면 그들이 갖는 패턴이 극명하게 나타난다. 주어진 특징벡터들에서 하나의 직선을 찾는 경우에도 2차원 점들로 구성된 공분산행렬의 고유벡터 중 큰 고유값에 해당하는 벡터가 직선의 방향을 나타내게 된다. 그리고 두개의 고유벡터간의 비가 크면 클수록 주어진 데이터가 보다 잘 직선에 몰려있는 형태를 취한다.

특징벡터의 집합에서 이를 만족하는 공분산행렬 S을 식(2)와 같이 구한다.

$$S = \begin{pmatrix} Var(x) & Cov(x,y) \\ Cov(x,y) & Var(y) \end{pmatrix} \quad (2)$$

공분산행렬 S에 대해서 고유값을 구했을 때 가장 큰 고유값에 해당하는 고유벡터 v가 특징벡터들의 주성분을 나타내게 된다. 식(3)은 고유벡터 v를 나타낸다. 직선을 나타내는 식(4)에서 b<sub>0</sub>은 기울기를 나타내고, b<sub>1</sub>은 y절편을 나타낸다. b<sub>0</sub>는 x, y축 데이터의 산술평균값과 기울기를 이용하여 식(5)와 같이 계산한다. 네 방향의 데이터그룹을 이용하여 4개의 직선을 나타내는 식을 생성한다.

$$v = \begin{pmatrix} x_{unit} \\ y_{unit} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$y = b_1x + b_0 \quad (4)$$

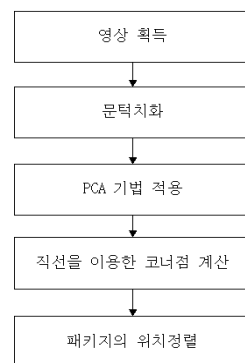
$$b_1 = \frac{y_{unit}}{x_{unit}} \quad (5)$$

$$b_0 = \bar{y} - \bar{x} \cdot b_1$$

#### 4. 구현 및 실험 결과

##### 4.1 문턱치화기법을 이용한 위치정렬 구현

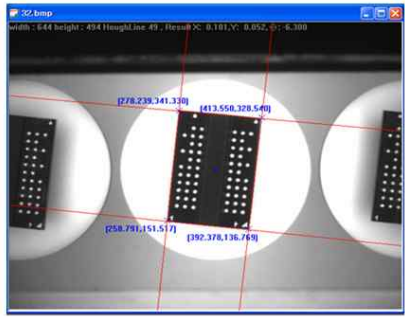
[그림6]은 문턱치화 PCA기법을 진행하는 순서도를 나타낸 것이다. 영상을 획득하여 먼저 ROI영역내의 에지에 해당하는 유효화소들을 찾는다. 문턱치(Threshold Value)에 따른 유효화소 위치를 찾는 것이다. 문턱치화 진행 후 PCA기법을 적용하여 직선을 추출한다. 그 직선을 이용하여 사각형의 모서리 부분의 꼭지점을 찾고, 위치정렬 계산을 한다.



[그림 6] 문턱치화 PCA기법을 사용한 위치정렬 순서도

[그림7]은 위치정렬 실험 결과를 보여준다. 누산치의 피크값에 해당하는 라인을 표현하였다. 이 작업을 통해 네개의 직선을 검출하게 된다. 검출한 네개

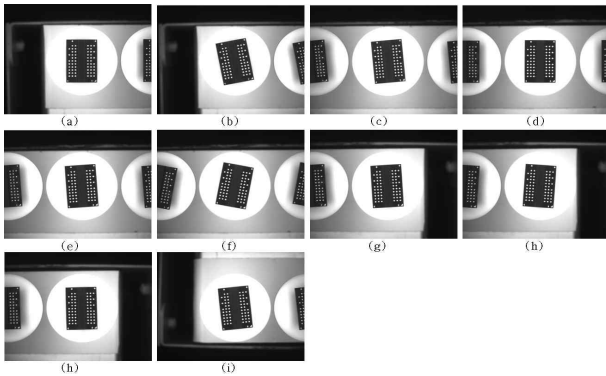
의 직선이 만나는 네개의 꼭지점을 찾는다. 찾은 꼭지점을 이용하여 패키지의 윤곽을 정확히 인식한 후 위치정렬절차를 실행한 결과이다.



[그림 7] 네 개의 직선을 이용하여 위치 정렬

#### 4.2 실험 결과

본 논문에서 구현한 문턱치화 PCA기법을 이용한 구현 소프트웨어로 BGA패키지를 검사하여 실험하였다. 실험은 Pentium IV 3.0GHz 에 메모리512Mhz 를 가진 PC에서 수행하였다. 실험용 BGA패키지는 실제 반도체 제조회사에서 양산중인 FBGA8X11 패키지를 사용하였다. 10개의 패키지에 대해 Pick and Placement에서 100회에 걸쳐 반복적으로 영상을 획득하였고, 이 중 임의의 영상에 대해 구현한 소프트웨어에 넣어서 실험을 진행하였다. [그림8]은 10개의 패키지를 가지고 관찰하여 획득한 실험영상이다.



[그림 8] 실험 영상

별도의 검증된 영상처리 소프트웨어를 이용하여 영상의 중앙에서 벗어난  $X, Y$  값과 회전각도  $\theta$  를 계산하기 위하여 COGNEX사의 VisionPro 소프트웨어에서 제공되는 측정도구를 사용하였다. 이렇게 측정된 위치정렬  $X, Y, \theta$  값과 구현한 프로그램에서 산출된 위치정렬 값을 비교하였고 그 오차의 산포를 분석하여 품질 특성을 파악하였다. 공정능력지수( $C_{PK}$ )는 처리시스템이 오차를 어느 정도 잘 유지 할 수 있을

지를 예측할 때 사용한다.[5] 위치정렬데이터의 공정능력지수를 [표2]에 나타내었다.  $X, Y$  방향의 경우 공정능력은 매우 충분한 상태이고  $\theta$  방향은 충분하지는 않지만 괜찮은 수준으로 안정적인 공정수준을 유지 한다고 볼 수 있다.

[표 2] 위치정렬데이터의 공정능력지수( $C_{PK}$ )

방향	공정능력지수( $C_{PK}$ )
X	2.506
Y	2.254
$\theta$	1.049

#### 5. 결론

본 논문에서는 검사 대상물인 BGA형 반도체 패키지의 기하학적 형상을 인식하기 위한 영상 처리방법에 대해 알아보았다. 반도체 제조 장비인 Pick and Placement는 고속으로 패키지를 집어서 옮기는 동작을 하는 장비이다. 칩픽커장치가 이동 하면서 패키지 영상을 획득하여 위치 정렬 후 신속히 패키지를 내려놓아야 하며 정확한 처리결과가 필요하다. 즉, 위치정렬 처리과정에서 빠른 계산결과 및 신뢰성이 요구된다. 문턱치화기법은 화소밝기값에 따라 에지로 인식하는 방법으로서 이렇게 찾은 유효화소들을 주성분분석법(PCA)을 사용하여 직선으로 추출하였다. 문턱치화기법을 소프트웨어로 실제 구현하여 처리속도와 오차를 분석한 결과, 계산이 비교적 단순하고 처리속도가 빠르면서도 신뢰성면에서 우수함을 확인하고 검증하였다.

다음 연구과제로는 사각형모양이외에 다양한 패키지형상에 대응이 가능한 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] Lindsay I Smith, "A tutorial on Principal Components Analysis" Feb, 2002.
- [2] Linda G. Shapiro and George C. Stockman, "Computer Vision", Prentice Hall, 2001.
- [3] 김기영, 전명식 "SAS 주성분 분석" 고려대학교 통계연구소 통계분석강의총서7, 1989
- [4] 고경철 외, "PCA 알고리즘을 기반으로 한 SMT 칩의 자동 검사 방법" 한국정밀공학회지 제20권 제11호 2003, pp.23-31
- [5] "새 Minitab 실무 완성", 이레테크, 2005, pp.322 - 366