BGA형 반도체 패키지의 위치정렬용 영상처리기법 오차의 통계적 분석 방법

A Statistical Analysis Method for Image Processing Errors in the Position Alignment of BGA-type Semiconductor Packages

김 학 만, 성 상 만, 강 기 호*
(Hak-Man Kim¹, Sang Man Seong¹, and Kiho Kang¹)

¹Department of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology & Education

Abstract: Pick and placement systems need high speeds and reliability for the position alignment process of semiconductor packages in picking up and placing them on placement trays. Image processing is usually adopted for position aligning where finding out the most suitable method is considered most important aspect of the process. This paper proposes a method for judging the performance of different image processing algorithms based on the PCI (Process Capability Index). The PCI is an index which represents the error distribution acquired from many experimental data. The bigger the index, the more reliable the results or the lower the deviation. Two compared and candidate methods are Hough Transform and PCA (Principal Component Analysis), both of which are very suitable for oblong or rectangular type packages such as BGA's. Comparing the two approaches through a CPI with enough experimental results leads to the conclusion that the PCA is much better than the Hough Transform in not only reliability, but also processing speed.

Keywords: pick & placement, position alignment, Hough transform, process capability index, principal component analysis.

I. 서론

반도체 조립공정에서 사용되는 픽앵플레이스먼트(Pick & Placement) 장비는 반도체패키지를 성형 공정 및 납불마운트 공정이 완료된 후 절삭공정을 거친 개별화된 패키지를 픽업테이블에서 플레이트먼트 트레이로 옮기는 공정용 장비이다. 그 핵심부분인 칩피커 장치는 패키지를 픽업테이블에서 집어서 규격화된 플레이트먼트 트레이에 옮겨 적재하는 기능을 수행하는데, 픽업 시 패키지가 상하좌우 또는 회전방향으로 틀어질 가능성이 있어, 보통 영상처리 기법을 사용하여 위치정렬을 수행한다. 여기에 고속처리 및 위치정렬의 고정밀성이 요구된다. 위치정렬을 위해서 이용하는 다양한 영상처리기법 중 어떤 방법을 적용할 것인지 판단하는 문제는 반도체 공정의 생산성과 직결되므로 산업적인 측면에서 매우 중요한 문제이다.

본 논문에서는 BGA (Ball Grid Array) 형태의 패키지를 위치정렬하는 데 있어, 통계학에서 사용되는 공정능력지수법을 이용하여 픽앵플레이스먼트의 영상처리기법의 성능을 판단하는 방법을 제시한다[13]. 공정능력지수는 많은 실험결과로부터 얻은 오차의 분포를 하나의 지수로 나타낸 것으로 그 값이 크면 오차의 분산이 작음을 의미한다. 즉,

영상처리기법들 중 공정능력지수가 큰 방법이 신뢰성 있는 영상처리기법으로 판단하는 것이다. 비교대상으로 사용한 영상처리기법은 BGA 반도체패키지와 같이 외곽이 직선인 경우에 외각선 검출에 적합한 허프 변환법과 주성분 분석법을 사용하였다.

먼저, 허프 변환(Hough Transform)은 허프 공간의 누산 위치를 역변환하여 직선위치들을 찾는 방법이다[1,2,7]. 두 번째는 다변량 통계적분석기법의 하나인 주성분 분석법(PCA:Principal Component Analysis)으로서, 유효화소들을 대상으로 PCA를 사용하여 외각 직선을 찾은 후[6,8], 최종적으로 사각형태를 찾아내는 방법이다.

II 장에서는 픽앵플레이스먼트 시스템과 위치정렬 과정에 대한 설명을 하고, III 장에서는 공정능력지수의 개념에 대해 설명하고, IV 장에서는 적용 비교대상인 허프 변환과 주성분 분석법의 이론적 배경을 기술하며, V 장에서는 두 방법을 내장한 픽앵플레이스먼트 시스템의 위치정렬법 구현과정을 설명하고 각 시험 결과에 대해 평가하며, VI 장에서 결론짓는다.

II. 픽앵플레이스먼트 시스템

픽앵플레이스먼트는 절삭공정을 거친 개별화된 패키지를 픽업테이블에서 플레이트먼트 트레이로 옮기는 공정을 하는 장비이다. 그림 1에 픽앵플레이스먼트 공정을 나타내었다. 칩피커장치는 X, Y, θ 축 이동 가능한 액츄에이터로 구성되어 있다. 우선, 반도체패키지를 집어서 영상처리 장치 위를 이동하면서 촬상을 하여 필요 영상을 획득한다. 다음으로, 영상의 중앙위치기준으로 오차를 계산하여 플레이

* 책임저자(Corresponding Author)

Manuscript received August 20, 2013 / revised September 15, 2013 / accepted October 4, 2013

김학만: 한국기술교육대학교 대학원 메카트로닉스공학과
(kruzkim@gmail.com)

성상만, 강기호: 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부
(ssman@koreatech.ac.kr/khkang@koreatech.ac.kr)

그림 1. 픽앤드플레이스먼트 공정.

Fig. 1. Pick and placement process.

그림 2. 위치 정렬 시스템 구성.

Fig. 2. Configuration of position aligning system.

(a) Pickup table action.

(b) Placement tray action.

그림 3. 칩픽커 장치의 패키지 픽앤드플레이스먼트 과정.

Fig. 3. Package pick up and placement process in chip picker unit.

스먼트 트레이에 내려놓기 위한 위치로 이동한다. 이동이 완료되면 Z축 액추에이터가 하향 이동하여 패키지를 내려 놓는다. 그림 2에 픽앤드플레이스먼트를 포함한 전체적인 위치정렬 시스템을 나타내었다.

그림 3은 칩픽커장치가 패키지를 집어 올리는 동작(pick-up)과 내려놓는 동작(placement)을 나타낸 것이다. 플레 이스먼트 트레이에 패키지를 내려놓을 때 틀어짐 정도는 패키지의 종류, 크기 및 동작속도 등에 영향을 받는다. 본 연구대상인 픽앤드플레이스먼트의 현재적 성능을 간단한 실험으로 확인 해보니 오차 범위는 X 방향으로 $\pm 1.5\text{mm}$, Y 방향 $\pm 1.5\text{mm}$, θ 방향 $\pm 15^\circ$ 이었다. 이를 표 1과 같은 수준으로 향상시키는 것을 본 연구의 목표로 설정한다.

위치정렬 과정은 그림 4와 같이, 패키지의 꼭지점을 이용하여 중심위치로 이동하는 과정이다. 먼저, 영상처리기법을 통해 패키지의 꼭지점의 좌표 $r_1 \sim r_4$ 를 구하고, 그림 4(a)와 같이 칩픽커 중심위치 c_x, c_y 를 기준으로 패키지를

표 1. 위치정렬의 상하한 규격.

Table 1. Upper & Lower Limit specification in position alignment.

방향	규격(Spec)
X	$\pm 0.04\text{mm}$
Y	$\pm 0.04\text{mm}$
θ	$\pm 0.3^\circ$

그림 4. X, Y, θ 오차 최소화를 이용한 위치정렬 과정.Fig. 4. Position alignment processing by minimizing X, Y, θ errors.

그림 5. Pick & Placement의 제어부 구성도.

Fig. 5. Controller part of pick and placement system.

오차각 θ 만큼 회전하면 배경화면과 평행하게 된다. 그 결과 그림 4(b)의 형태로 되며 그림 4(c)와 같이 패키지의 중심을 화면의 중심으로 X, Y 방향으로 이동하면 X, Y, θ 위치정렬이 완성된다. 이 과정을 식 (1)로 요약할 수 있다. 그림 4(d)는 위치정렬의 결과를 나타낸 그림이다.

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_x - c_x \\ r_y - c_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix} \quad (1)$$

Pick & Placement의 검사를 위한 장치와 제어시스템의 전체 구성을 그림 5에 나타내었다. 서보전동기와 서보드라이브는 고정밀도의 위치를 제어하기 위해 위치제어 모드를 사용한다.

표 2. 공정능력결과에 대한 일반적인 판정방법.

Table 2. General criteria on process capability index.

분포 현상	공정능력 지수	공정능력 유무 판단
$c_p \geq 1.67$	공정능력은 매우 충분
$1.67 \geq c_p \geq 1.33$	공정능력은 충분
$1.33 > c_p \geq 1.00$	공정 능력이 충분하지는 않지만 그 정도면 괜찮다
$1.00 > c_p \geq 0.67$	공정 능력이 모자란다
$0.67 > c_p$	공정 능력이 매우 부족하다

III. 공정능력 지수법

공정능력지수(process capability index)는 공정이 공차를 어느 정도 잘 유지할 수 있을지를 예측할 때 사용한다[13]. 공정능력지수는 많은 실험결과로부터 얻은 오차의 분포를 하나의 지수로 나타낸 것으로 그 값이 크면 오차의 분산이 적음을 의미한다. 본 논문에서 제시하는 영상처리기법들 중 공정능력지수가 큰 방법이 신뢰성 있는 영상처리기법으로 판단하는 것이다. 식 (2)는 공정능력 분석하기 위한 공정능력지수 C_{PK} 를 산출하는 식이다.

$$\hat{\sigma} = s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$C_p = (USL - LSL) / 6\sigma$$

$$C_{PK} = \min \left(\frac{USL - \hat{\mu}}{3\sigma}, \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\sigma} \right)$$

C_p 는 잠재적인 공정능력 지수를 의미하고 C_{PK} 는 실질적인 공정능력지수를 나타내며 또한 공정의 산포와 규격의 한계에 대해 평균이 치우친 정도를 나타낸다. $\hat{\mu}$ 는 공정평균을 의미하고 USL (Upper Spec Limit)은 규격상한을 의미하며 LSL (Lower Spec Limit)은 규격하한을 의미한다.

표 2는 공정능력결과에 대한 일반적인 판정방법을 나타낸다.

IV. 위치정렬을 위한 영상처리 기법

1. 허프 변환

허프 변환은 1962년에 Paul Hough가 소개하였으며, 영상에서의 직선 에지점들은 기울기(a)와 y축 절편(b)의 두 가지 매개변수로 표현할 수 있다는 이론이다[3]. 허프 변환의 기본개념은 공간 좌표에서 동일한 직선위에 있는 점들이 그리는 궤적은 하나의 교점 (ρ, θ)을 갖고 그 교점을 이용하여 식 (3)로부터 직선(x, y)를 추출하는 것이다.

(a) Original image. (b) Its Hough-transformed map.

그림 6. 직사각형의 허프 공간으로 표현.

Fig. 6. An oblong image and its Hough transformed map.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3)$$

그림 6은 허프 변환의 예를 보여 주고 있다. 원영상은 윤곽부분을 인위적으로 두드러지게 한 사각형태의 영상이다. 허프 공간의 누적치가 큰 부분이 밝게 보이며 4개의 두드러진 형태가 직선을 나타낸다. 누적치의 최대치에 해당하는 값들을 영상공간으로 역변환 하면 4개의 직선을 찾고 이로부터 원영상의 직선 부분을 인식할 수 있다.

2. 주성분 분석법

2.1 주성분 분석 과정

주성분 분석법 기반의 위치정렬 영상처리법은 다음 3 단계를 거친다.

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

주성분 분석법은 전처리로 문턱치화 기법을 일반적으로 사용하는데, 이 방법은 구현방법이 직관적이고 단순하기 때문에 대상물인식에 많이 사용된다. 그림 7에서 보이는 대로 밝은 배경에 어두운 대상으로 구성된 영상의 히스토그램을 보면 두개의 부분으로 나뉘어진 명암도를 가진다. 배경으로부터 대상을 찾기 위한 손쉬운 방법은 이 두 부분들을 분리하는 적절한 문턱치(threshold value)를 찾는 것인데, 여기에는 밝기차이를 이용하는 기법이 있다[7].

밝기 차이를 이용한 방법 중 방향성을 이용하여 유효화소의 좌표를 인식하는 방법이 있다. 그림 7의 원영상에서

그림 7. 패키지 이미지 상에서 밝기값 비교 방향.

Fig. 7. Comparison direction of grey level in package image.

그림 8. 그림7 영상의 히스토그램.

Fig. 8. Gray level histogram of Fig. 7's image.

그림 9. 밝기 차이로 인식한 이미지.

Fig. 9. Image recognized by grey level difference.

화살표 방향으로 픽셀의 밝기를 나열하면, 그림 8의 밝기 분포 그래프와 같이 배경부분과 패키지부분이 명확하게 구분됨을 알 수 있다. 패키지는 직사각 형태의 기하학적 특성을 가지고 있으므로, 상하좌우 네 방향에서 각각의 밝기를 조사하면, 대상물의 윤곽부분에 대한 위치정보를 획득할 수 있다.

그림 7의 화살표와 같이 방향을 정하여 영상의 밝기를 비교하면 패키지의 윤곽을 알 수 있다. 윤곽을 판단하는 방법은 이전 화소의 밝기와 현재 화소의 밝기 차이가 문턱치보다 크면 이것을 윤곽에 해당하는 유효화소로 인식하는 것이다. 식 (4)는 위에서 아래방향으로 증가하면서 조건에 만족하는 x, y 를 저장하는 식을 나타낸다.

$$Edge(x, y) = \text{if } f[y-1][x] - f[y][x] > threshold \quad (4)$$

이러한 방법으로 네 방향 모두 처리하고 윤곽을 표시하면 그림 9와 같이 나타나게 된다.

2.2 주성분 분석법

주성분 분석(PCA: Principal Component Analysis)은 직교 최소제곱의 개념에 기초하여 p 차원 공간에 흩어져 있는 점들을 가장 잘 적합시키는 평면을 찾기 위한 기하적 최적화의 문제로서 Pearson(1901)에 의해 제기되었다. 그 후 1930년대 Hotelling은 변수들 간의 상관구조(correlation structure)를 분석하기 위한 노력의 일환으로 원래 p 개 반응변수들의 값을 근사적으로 결정하게 되는 더 낮은 차원의 서로 독립적인 요인을 정하여 이를 성분이라 불렀으며, 원래 변수들이 가진 전체변이에 대한 각 성분의 공헌도를 순차적으로 최대화하도록 선택된 성분(주성분)을 유도하여 이에 기초한 분석을 주성분 분석이라 불렀다[8].

영상처리에서 PCA기법은 주어진 데이터에서 일정한 패턴을 찾은 경우에 정보의 큰 손실 없이 데이터를 압축하여 표현할 수 있는 방법을 제공한다. 주어진 특징벡터를 나타내는데 있어서 가장 두드러지는 성분, 즉 주성분 몇 개만을 갖고 재표현하는 것이다[9]. 예로, 영상처리에서 얻은 에지나 코너점들을 연결하는 하나의 직선을 찾고자 하는 경우에, 원 특징벡터 (점, 에지 등)의 X성분과 Y성분의 상관관계가 사라지는 두개의 기저를 준다. 이중 한 기저방향이 원하는 직선의 방향을 주게 되며, 그것에 수직인 방향은 직선에서 벗어나는 작은 변동을 나타내는 방향을 나타낸다. 좋은 직선의 형태를 갖는 특징벡터의 분포를 기술하는 데는 직선방향의 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 성분들 간에는 항상 상관관계가 존재하는데 이것이 데이터가 가지는 패턴을 찾는데 방해요인이 된다. 상관관계를 없애기 위해서는 성분들 간의 상관관계를 나타내는 공분산행렬을 구하고 이것의 고유벡터를 구하면 된다[8]. 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 고유치에 해당하는 벡터가 직선의 방향을 나타내게 된다. 그리고 두개의 고유벡터간의 비가 크면 클수록 주어진 데이터가 보다 잘 직선에 몰려있는 형태를 취한다.

V. 구현, 시험결과 및 평가

1. 허프 변환 기반의 위치정렬 구현

허프 변환을 이용한 위치정렬 프로그램을 Visual C++ 6.0 기반으로 구현하였다. 그림 10에 프로그램 화면을 나타내었다. 화면은 크게 ①위치정렬검사 메뉴 부분, ②영상 및 위치정렬계산 결과 출력부분, ③관심영역을 지정하거나, 파라미터를 설정하는 부분으로 구성되어 있다. 허프 공간의 크기는 1000×180 로 설정하였다. ρ 는 $+500 \sim -500$ 로 설정하였으며, θ 는 $0^\circ \sim 180^\circ$ 로 설정하였다. Pick & Placement

그림 10. 허프 변환을 이용한 위치정렬 프로그램 화면 구성.

Fig. 10. Monitor system for position alignment based on hough transform.

(a) Over $0^\circ \sim 180^\circ$. (b) Over specific angular region.

그림 11. 허프공간의 누적치 표현.

Fig. 11. Accumulated values on Hough space.

그림 12. 4개의 직선을 이용하여 위치 정렬.

Fig. 12. Position alignment using 4 straight lines.

시스템에서 패키지의 회전 가능한 각도는 $\pm 15^\circ$ 이므로 180° 전영역을 계산 할 필요가 없으며, 직선이 존재하게 되는 각도인 $0^\circ \sim 15^\circ$, $75^\circ \sim 105^\circ$, $165^\circ \sim 180^\circ$ 에 대해서만 연산처리를 하였다. 허프 변환을 하기 위한 전처리 과정으로 Sobel 마스크를 적용하여 경계부분이 두드러지게 처리한 후 이진화를 적용하였다.

그림 11은 허프 공간을 나타낸 것이다. 그림 11(a)는 $0^\circ \sim 180^\circ$ 전영역을 누산한 것이고, 그림 11(b)는 불필요한 계산을 피하고자 특정각도만 누산하여 구현한 것이다.

그림 12는 위치정렬 실행 결과를 보여준다. 누산치의 최대치에 해당하는 부분을 표현하였다. 우선 4개의 직선을 추출하게 된다. 다음 추출한 4개의 직선이 만나는 4개의 꼭지점을 찾고 이를 이용하여 패키지의 윤곽을 정확히 인식한 후, 마지막으로 위치정렬절차를 실행한 결과이다.

2. 주성분 분석법 기반의 위치정렬 구현

그림 13은 문턱치화 PCA 기법을 진행하는 순서도를 나타낸 것이다. 영상을 획득하여 먼저 관심영역 내의 에지에 해당하는 유효화소들을 정해진 문턱치에 따라 찾는다. 다음, PCA기법을 적용하여 직선을 추출한다. 이 직선을 이용하여 사각형의 모서리부분의 꼭지점을 찾고, 마지막으로 위치정렬용 계산을 한다. 유효화소의 위치는 네 방향으로 외곽에서 내부로 진행 하면서 찾는데, 이때 잡음으로 또는 패

그림 13. 주성분 분석법을 사용한 위치정렬 순서도.

Fig. 13. Sequential chart for PCA-based position alignment.

(a) Sampling. (b) Straight lines generation by the samples.

그림 14. 이상화소 제거를 위한 직선 생성 방법.

Fig. 14. Straight lines generation for eliminating strange pixels.

키지가 회전하여 직선을 대표하는 특징점 외의 옆면을 인식할 수도 있다. 따라서 전영역에 대한 직선을 계산하기 전에 그림 14에 나타난 것과 같이 샘플링된 유효화소를 이용하여 직선의 윤곽을 인식한 후 전영역 유효화소에 대해 이상점 여부를 판별하도록 한다.

그림 14은 패키지의 상면에 대한 것을 예로 나타낸 것이다. 그림 14(a)와 같이 샘플링한 유효화소들을 그룹화하여 평균치를 구한다. 이 값을 이용하여 직선을 생성할 수 있으며, 이 직선에서 일정거리이상 벗어난 화소들은 이상점으로 인식하고 이외의 값만 취하도록 하였다. 그림 14(b)는 패키지 윗면 에지부분의 유색 영역에 해당하는 문턱치만을 취할 수 있도록 하는 것이다. 유효화소의 위치는 2차원 형태의 특징벡터의 집합과도 같다. 이 특징점들을 대표하는 주성분벡터를 찾는 작업을 통해 결국 직선을 추출하였다. 동시에, 각 모서리의 꼭지점을 찾고 사각형의 기하학적 형태를 띤 패키지의 위치를 계산을 하였다.

3. 시험 및 결과평가

본 논문에서 구현한 허프 변환과 주성분 분석법에 기초하여 구현한 소프트웨어를 BGA패키지에 적용하여 검사하였다. 시험은 Pentium IV 3.0GHz CPU에 메모리 512MB를

그림 15. 획득 영상.

Fig. 15. Acquired images.

가진 PC에서 수행하였다. 실험용 BGA패키지는 한 반도체 제조사에서 양산하고 있는 FBGA8X11에 대해, Pick & Placement에서 100회에 걸쳐 반복적으로 영상을 획득하였고, 이 중 임의의 영상에 대해 구현한 소프트웨어에 적용하여 시험을 진행하였다.

그림 15는 10개 패키지를 대상으로 촬상하여 획득한 영상이다. 영상잡음을 제거하기 위해 각 패키지의 영상을 100회에 걸쳐 획득하여 이 영상을 전부 더한 후 각 화소별 평균을 구하여 잡음을 최소화 한 영상으로 재구성하여 기준 영상을 생성하였다. 기준 영상을 별도의 검증된 영상처리 소프트웨어를 이용하여 영상의 중앙에서 벗어난 X, Y 값과 회전각도 θ 를 계산하였다. COGNEX사의 VisionPro 소프트웨어에서 제공되는 측정도구를 사용하였다.

이렇게 측정된 위치정렬 X, Y, θ 값과 구현한 두개의 프로그램에서 산출된 위치정렬 값을 비교하였고 그 오차의 산포를 분석하여 품질 특성을 파악하였다. 그 과정을 자세히 설명하면 다음과 같다. 먼저 VisionPro 소프트웨어에서 계산된 X, Y 및 θ 를 참값으로 가정하고 허프 변환 및 PCA에서 산출된 값과 참값의 차이를 즉 위치정렬 오차를 계산하였다. 10개의 패키지에 대한 실험으로 위치정렬 오차에 대한 평균과 표준편차를 구하고 식 (2)와 같이 C_{PK} 를 구하였다. 이 과정에서 규격의 상한 및 하한값인 USL 및 LSL은 표 1과 같이 본 공정에 대해 경험적으로 정해진 값을 사용하였다. 허프 변환 및 PCA 방법 각각에 대하여 이상과 같이 구한 X, Y, θ 의 공정능력 지수 C_{PK} 를 표 3에 나타내었다.

표 3은 C_{PK} 를 나타낸 것으로 본 공정에 대한 표 1의 규격에 따르면 다음과 같은 의미를 지닌다. 만약 C_{PK} 가 작다면 위치정렬오차 평균은 USL 혹은 LSL에 가까운 바이어스를 보이고 또한 위치정렬오차 표준편차가 크다고 볼 수 있다. 극단적인 경우에는 위치정렬오차 평균이 USL 혹은 LSL 범위를 넘게 되고 이 경우에는 C_{PK} 가 음수가 된다. 만약 C_{PK} 가 크면 클수록 위치정렬오차 평균이 0에 가깝고 위치정렬오차 표준편차도 작은 값이라고 볼 수 있다. 이러한 관점에서 보면 표 2의 공정능력에 대한 일반적인 판정 방법을 참고하였을 때 주성분 분석법은 X, Y 방향의 경우 공정능력은 매우 충분한 상태이고 θ 방향은 충분치는 않지

표 3. 위치정렬 데이터의 공정능력지수(C_{PK}).

Table 3. Process capability index for position alignment.

방향	허프 변환법	주성분 분석법
X	0.015	2.506
Y	0.056	2.254
θ	0.031	1.049

표 4. 처리속도 비교.

Table 4. Processing speed of two approaches.

	허프 변환법	주성qns 분석법
처리속도(msec)	18.33	1.25

만 괜찮은 수준으로 안정적인 공정수준을 유지 한다고 볼 수 있다. 허프 변환법은 X, Y, θ 모두 공정능력이 부족하여 재검토가 필요한 공정임을 알 수 있다. 누적공간의 크기를 적절히 키워야 위치정렬 오차가 줄게 될 것인데, 패키지의 회전영역에 해당하는 각도에 한해서 누적공간의 크기를 늘려야만 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 파악되었다.

실시간 처리결과가 필요한 시스템이므로, 처리속도가 무엇보다 중요하다. 속도 800msec로 이동하면서 검사를 하여 정지하지 않고 플레이스먼트 트레이까지 이동하는 동안 위치정렬결과를 받아서 적용해하는데, 이것은 20msec 이내의 처리속도가 보장되어야 시스템에 적용 가능함을 뜻한다. 표 4는 두 방법의 영상 처리속도를 평균으로 나타낸 것이다. 정확한 영상처리에 소요되는 시간을 알아내기 위해 윈도우 API를 사용하여 CPU클럭을 카운트하였다.

영상 처리속도의 평균치를 구한 결과 허프 변환의 경우 18.33ms인데, 주성분 분석법은 1.25ms로 더 빨랐다. 허프 변환은 전처리과정으로 Sobel마스크를 적용하고 허프 공간에 누적하는 과정에서 대부분의 시간이 소요되었다. 처리속도면에서 허프 변환은 상대적으로 느린 것으나, 픽앤드 플레이스먼트에는 적용 가능한 수치로 나타났다.

VI. 결론

본 논문은 통계학에서 사용되는 공정능력지수법을 이용하여 영상처리기법의 성능을 판단하는 방법을 제시하였다. 영상처리기법들 중 공정능력지수가 큰 방법이 신뢰성 있는 영상처리기법으로 판단하는 것이다. 비교대상으로 사용한 영상처리기법은 BGA 반도체패키지와 같은 직선 검출에 널리 사용되는 허프 변환법과 주성분 분석법을 사용하였다. 실제 시험을 통해 공정능력지수를 비교한 결과 주성분 분석법이 허프 변환법보다 상대적으로 크므로 신뢰성 있는 방법임을 확인할 수 있었다.

처리시간의 비교결과에서는 두 가지 방법 모두 적용이 가능한 수치로 나타났으나, 주성분 분석법이 훨씬 빠름을 알 수 있었다. 허프 공간의 크기가 클수록 정확도가 향상되나 처리속도와 저장 공간의 한계로 현실적으로 무한정 키울 수는 없었다. 주성분 분석법은 계산이 비교적 단순하여 처리속도가 빠르면서도 신뢰성면에서 우수함을 확인하고 검증하였다.

REFERENCES

- [1] R. D. Duda and P. E. Hart, "Use of the Hough transform to detect lines and curves in pictures" *Comm. ACM*, vol. 15, no. 1, pp. 11-15, 1972.
- [2] D. H. Ballard "Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes," *Pattern Recognition*, vol. 13, no. 2, pp. 111-122, 1981.
- [3] P. V. C. Hough, "Method and means for recognizing complex patterns," U.S. Patent Pat. no. 3069654, 1962.
- [4] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital image processing," Y.-H. Ha, J.-K. Im, C. Y. Nam, Y. S. Kim, et al. Green Press (in Korean), 1998.
- [5] D.-J. Kang and J.-E. Ha, *Digital Image Processing using Visual C++* (in Korean), SciTech Media, 2003.
- [6] L. I. Smith, "A tutorial on Principal Components Analysis," Feb. 2002.
- [7] L. G. Shapiro and George C. Stockman, *Computer Vision*, Prentice Hall, 2001.
- [8] K. Y. Kim and M. S. Jun, "SAS principal component analysis," Korea Univ. Statistics Institute Lecture Series in Statistics Analysis (in Korean), 7, 1989.
- [9] K. C. Koh, K. W. Ko, J. H. Kim, H. J. Choi, and J. S. Kim, "An automatic inspection of SMT rectangular chips based on PCA algorithm," *Journal of Korean Precision Engineering* (in Korean), vol. 20, no. 11, pp. 23-31, 2003.
- [10] D. J. Kang and T. J. Roh, "Development of an edge-based point correlation algorithm for fast and stable visual inspection system," *Journal of Control, Automation, and Systems Engineering* (in Korean), vol. 9, no. 8, pp. 640-646, 2003.
- [11] J.-D. Kim, *Regression Analysis*, Sejong Press (in Korean), 1999.
- [12] S. W. Chung and M. H. Lee, Visual C++ Digital Image Process using Open Source CxImage, *Hongneung Science Press* (in Korean), pp. 457-511, 2006.
- [13] New & Complete Practice of Minitab, *Irie Tech* (in Korean), pp. 322-366, 2005.

김 학 만

2000년 금오공대 전자공학과 졸업. 2009년 한국기술교육대학교 석사. 현재 (주)세크론 책임연구원. 관심분야는 자동화시스템, 반도체 공정장비용 비전시스템.

성 상 만

1992년 서울대학교 제어계측공학과 졸업. 1995년 동 대학원 석사. 2000년 동 대학원 전기공학부 박사. 2000년~2004년 삼성전자 무선사업부. 2004년~현재 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 교수. 관심분야는 신호처리/제어.

강 기 호

1985년 서울대 전기공학부 졸업. 1987년 동 대학원 석사. 1996년 INP Grenoble 대학 박사. 1996년~2002년 LG산전 중앙연구소 책임연구원. 2002년~현재 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 교수. 관심분야는 비전시스템.