

BGA(Ball Grid Array)의 정렬 및 검사에 관한 연구

조태훈, 최영규
한국기술교육대학교 정보기술공학부
e-mail:{thcho, ykchoi}@kut.ac.kr

A Study on Alignment and Inspection of BGA(Ball Grid Array)

Tai-Hoon Cho, Young-Kyu Choi
School of Information Technology, Korea University of
Technology and Education

요약

최근 제품의 초소화와 반도체의 고집적화로, 작은 크기로 많은 리드를 제공하기 위해, 부품 밑면에 적자형태로 볼이 배열되어 있는 BGA나 CSP부품들이 최근 많이 이용되고 있다. 하지만, BGA는 한번 PCB에 장착되면, 볼 외관검사가 원천적으로 불가능하므로, 부품을 장착하기 전에 볼 품질의 검사와 부품의 정밀한 위치 및 각도의 측정이 요구된다. 본 논문에서는 BGA부품의 위치 및 각도를 추출하기 위한 방법과 볼을 검사하기 위한 알고리즘을 소개한다.

1. 서론

반도체 기술이 발전하고 부품의 집적도가 높아짐에 따라 QFP나 PLCC와 같은 방법으로는 필요한 리드를 제공할 수 없게 되고, 작은 크기로 많은 리드를 제공할 수 있게 하기 위해, 부품 밑면에 적자형태로 볼이 배열되어 있는 BGA나 CSP부품들이 근래에 많이 출시되고 있다. 하지만, BGA는 한번 PCB에 장착되면, 볼이 보이지 않기 때문에, 볼 외관검사가 원천적으로 불가능하다. 따라서, 이들 부품을 PCB에 장착하기 전에 부품의 볼들의 품질을 검사하고, 이러한 BGA부품의 정밀한 위치 및 각도의 측정이 요구된다. 본 논문에서는 BGA부품의 위치 및 각도를 추출하기 위한 방법과 볼을 검사하기 위한 알고리즘을 소개한다.

2. BGA 부품의 중심 및 각도 측정

그림 1은 BGA 볼이 있는 부품 밑면의 일반적인 영상을 보여준다. 먼저 부품의 근사 영역(가장 외곽의 실선 사각형)이 주어지면 각 면에서 두 개씩의 최외곽 볼 검사 영역을 설정한다.(그림의 8개의 점선 사각형) 각 영역에 대해 그레이 레벨 프로젝션을

통해 프로파일을 먼저 추출한 후, 여기에 에지 필터를 적용하여, 최외곽 볼의 끝위치를 찾는다. 일반적으로 에지 필터에는 size와 leniency의 두 파라미터가 필요한데, 그림 2와 같이 정의된다. 그림 2의 1-D image에 size=2, leniency=1인 에지 필터를 적용하면 그림 2의 하단과 같은 미분결과(edge filter image)를 얻게 된다.

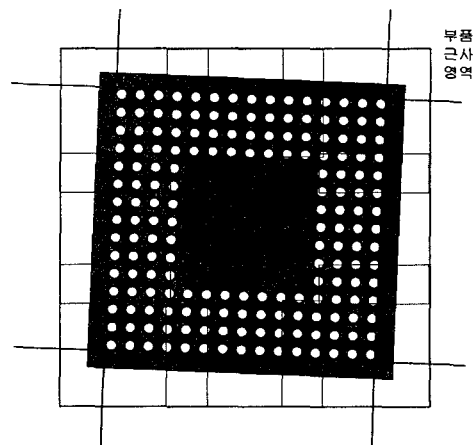


그림 1. BGA부품의 위치 및 회전각 추출 방법

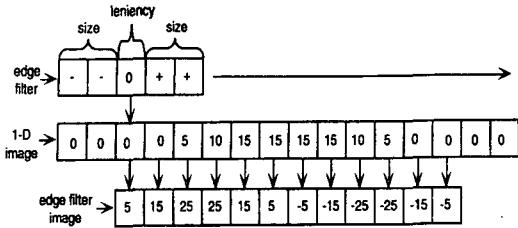


그림 2. 에지 필터의 구성 및 1-D image에 적용한 결과

에지 필터의 size와 leniency 파라미터는 응용하고자 하는 영상에 따라 달라질 수 있는데, 일반적으로, 그림 2의 형태가 적당하다. 그림 3에 BGA에서 추출한 프로파일에 이 필터를 적용하여, 얻은 미분 결과가 보인다. 이때 미분결과의 최대, 최소가 되는 위치가 edge의 위치가 된다. 각 영역에 여러 개의 볼이 포함되므로 그림 3과 같이 여러 개의 에지 피크쌍이 나타날 수 있다. 이 경우 가장 외곽의 rising edge가 리드의 끝점을 위해 사용된다.

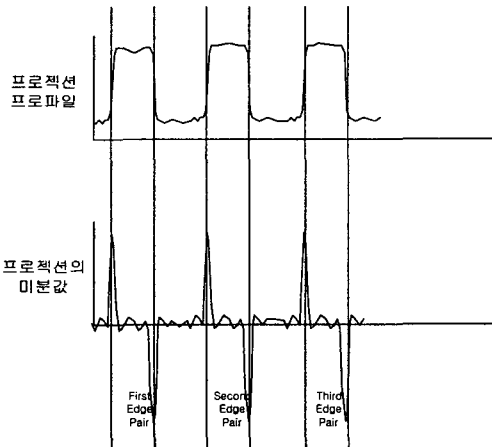


그림 3. BGA에서의 프로젝트션 프로파일의 미분값

또한 x축(영상의 가로방향)이 digitize되어 있으므로 최대점(최소점)을 계산할 때 미분 값들 중에서 가장 큰(작은) 값을 뽑는 것만으로는 불충분하며, 일반적으로 보간법(interpolation)을 사용하여 sub-pixel단위에서 최대점(최소점)을 계산하는 것이 보다 정확한 값이 된다.

예를 들면, 그림 4에서와 같이 E(i)가 최대값이라고 할 때, 원래는 x축이 연속적이라면 i와 i+1사이에서 최대값이 생기는 프로파일은 x축이 불연속적으로 digitizing되어서 i에서 최대값으로 나타난다고 볼 수

있다.

본 논문에서 사용한 보간법은 다음과 같다.

$$i_{max} = i + \frac{E(i+1) - E(i-1)}{4E(i) - 2E(i+1) - 2E(i-1)}$$

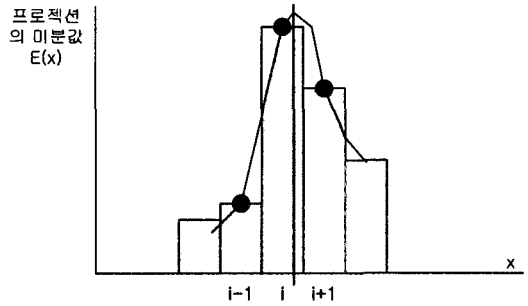


그림 4. 보간법의 개념

에지 프로파일에 보간법을 이용하여 sub-pixel 단위의 정확한 극한값을 추출함으로써 각 면에 대해 두 개씩의 정점을 추출하게 되며 이들을 연결하는 직선을 이용하여 부품의 중심과 각도를 추출하게 된다. 그림 1에 이러한 직선이 표시되어 있으며, 이들 직선으로부터 부품의 중심과 각도를 계산하게 된다.

QFP나 PLCC의 경우는 리드의 끝이 부품의 몸체 밖으로 나와 있고 따라서 이 방법으로 추출한 부품의 크기가 실제 부품의 크기가 된다. 그러나 BGA의 경우는 볼들이 부품 몸체 안에 들어 있으므로 앞의 방법으로 추출된 물체의 크기는 실제보다 작게 나타나며, 그림 1을 통해 이것을 확인할 수 있다. 그리고 중심과 회전각도도 이러한 볼들을 기준으로 추출되게 된다.

4. Ball 검사 알고리즘

부품의 중심과 각도가 측정되면, 부품정보 DB를 이용하여 각 볼들의 대략적인 위치를 계산할 수 있다. 이렇게 계산된 볼들은 측정된 실제 위치가 아니라 근사적으로 계산된 것이므로, 볼들의 위치를 정확하게 측정하고 이들 볼의 형태를 추출하는 알고리즘이 필요하다.

볼의 중심을 구하는 방법이 그림 5에 나타나 있다. 먼저 각 볼의 근사영역이 결정되면 (그림의 회색 영역) 이 영역을 수평 및 수직방향으로 그레이 레벨 프로젝트션한다. 이 프로젝트션에는 한 쌍의 rising edge와 falling edge가 나타나는데 이것이 볼의 가장자리부분이다. 따라서 이 프로젝트션에 에지필터를 적

용하고 보간법으로 rising edge와 falling edge가 일어나는 부분을 정확하게 추출할 수 있다.

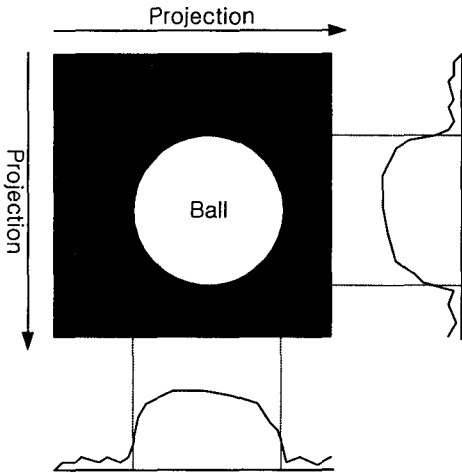


그림 5. BGA Ball의 중심 추출 방법

X 축에 대하여 rising edge와 falling edge가 일어나는 부분을 x_{rising} 및 $x_{falling}$ 이라 하고, Y축에 대해 y_{rising} $y_{falling}$ 을 얻었다고 하면, 볼의 정확한 중심 (x_{center}, y_{center}) 은 다음과 같이 구해진다.

$$x_{center} = \frac{1}{2}(x_{rising} + x_{falling})$$

$$y_{center} = \frac{1}{2}(y_{rising} + y_{falling})$$

부품내의 모든 볼에 대하여 이와 같은 방법으로 정확한 중심을 계산하고 나면 각 볼들의 위치(offset) 에러나 인접한 볼들 사이의 pitch에러 등을 계산할 수 있으며, 이러한 불량률을 검사할 수 있게 된다.

이와 같은 불량률뿐만 아니라 BGA에서는 생산 공정상의 문제나 취급상의 부주의에 의해 볼이 눌러진다거나 하여 정상에 비해 커지거나, 작은 경우가 흔히 발생할 수 있다. 또한 환경 조건 등에 의해 볼이 변형하여 볼의 질(Quality)이 나쁜 경우도 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 볼의 불량률을 검사하기 위한 방법을 개발하였다.

먼저 측정된 볼의 중심을 이용하여 볼 영역의 영상을 직교좌표계에서(Cartesian Coordinate) 극 좌표계(Polar Coordinate)로 변환한다. 그림 6과 7은 각각 직교 좌표계와 극 좌표계를 보여주고 있다. 이렇

게 극 좌표계로 영상을 변환하는 것은 검사하고자 하는 부분이 원형이고 중심으로부터의 각 방향의 반경이 볼의 질(quality)를 결정하는데 중요한 역할을 하기 때문이다.

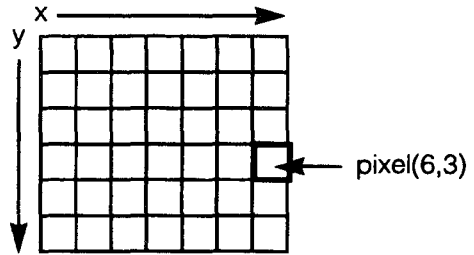


그림 6. Cartesian Coordinate 영상

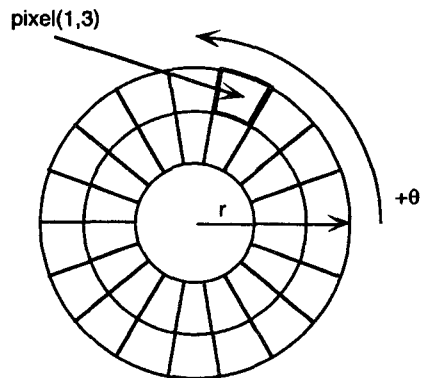


그림 7. Polar Coordinate 영상

그림 7의 극 좌표계도 메모리에 저장될 때는 2차원 배열의 형태가 된다. 배열의 한 축은 각도(θ , $0 \sim 360$ 도)이며, 다른 한 축이 중심으로부터의 거리(r)이다. 그리고 이들은 적당하게 digitize 되어야 한다. 본 논문에서는 볼의 불량률을 검사하기 위해 극 좌표계를 사용하므로, 각도를 지나치게 많이 나눌 필요는 없는데, $8 \sim 32$ 방향정도면 충분하다. 각도를 많이 나누면 처리 시간이 더 걸리기 때문에 본 논문에서는 8방향만을 이용하였다.

거리축(r) 또한 너무 많이 나누어 좌표 전환할 필요가 없으며, 부품의 데이터베이스에 정의된 이상적인 볼 반지름의 50%에서 200%까지를 한 화소 단위로 나누어 샘플링 하였다. 이렇게 하여 추출한 볼 영역의 극 좌표계 변환 영상에서 각 방향으로의 볼의 끝 부분을 추출하여야 하는데, 이때에도 에지 필터와 보간법을 이용한다.

이렇게 하여 추출된 불 중심으로부터의 각 방향까지의(8방향) 반경을 평균하여 불의 반지름을 계산한다. 이 값을 부품의 표준 불 크기와 비교하여 불이 너무 크거나 작은지를 검사한다. 또 불의 질(Quality)은 다음과 같이 계산한다.

$$Q = \left(1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (r_i - r_{ref})^2}}{Nr_{ref}}\right) \times 100$$

이때 N은 극 좌표계의 각도 샘플링 개수이며, r_i 는 i번째 방향으로의 불의 반경이고 r_{ref} 는 그 BGA부품의 표준 불 반경이다. 이와 같이 얻어진 Quality Factor는 불이 완전히 원형일 때는 100이며, 형태가 원과 차이가 클수록 작은 값으로 나타나게 된다.

불 검사를 위한 기존의 방법은 먼저 불 영역을 이진화 하여 불에 해당하는 blob을 추출하고, 이 blob안에 포함되어 있는 구멍(hole)들을 모두 채우고 난 후 이 blob의 중심을 계산하고, blob의 경계선을 추출하여 Quality Factor를 추출하는 방법이다. 이 방법은 먼저 이진화가 사용되므로 적절하지 못한 이진화 문턱치가 사용될 경우 매우 나쁜 결과를 낼 수 있고, 이진화가 잘 되었다고 하더라도 이진영상에 대한 물체의 경계선을 이용하기 때문에 중심 추출이나 Quality Factor의 계산에 더 많은 오차가 포함될 수 있게 된다. 제안된 방법은 이진화를 사용하지 않고 보간법을 이용하여 각 방향으로의 불의 반지름을 정확히 추출하므로 이러한 이진화에 기반한 기존 방법에 훨씬 안정적이고 정확한 결과를 얻을 수 있다.

그림 8과 9는 BGA에 제안된 알고리즘을 적용한 결과를 보여주고 있는데, 각 불의 중심에 “+” 표시가 되어 있다. 부품의 크기와 Quality의 검사는 적당한 문턱치를 사용하여 양,불의 판정을 하여야 한다. 그림 8의 영상에서는 불량한 불이 없으며, 그림 9에서는 가로 2, 세로 6번째 불이 표준보다 큰 것으로 나타났다. 이러한 실험에서 이 방법들이 다양한 환경에서도 잘 동작하는 것을 알 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 고정밀 측정을 위해, 영상의 이진화를 배제하고, 그레이스케일 영상을 사용하며, 보간법을 이용한 subpixel 알고리즘을 채용한, BGA부품의 위치 및 각도를 추출하기 위한 방법과 불을 검사하기 위한 알고리즘이 제시되었다. 이 방법은 다양

한 실험환경에서 강건하게 동작하였다.

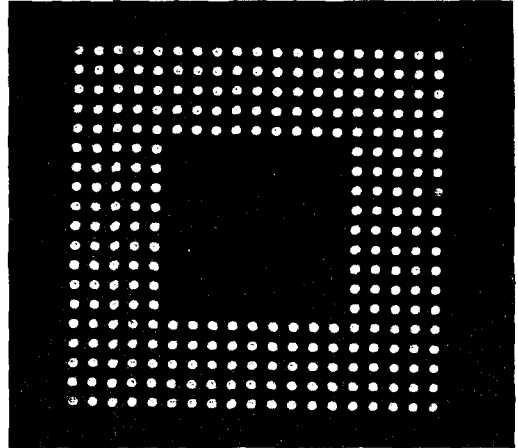


그림 8. BGA부품의 처리결과 (1)

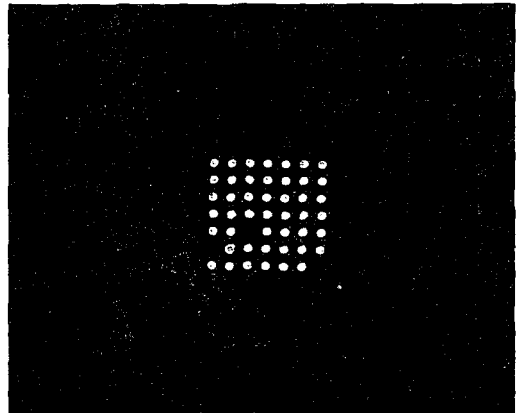


그림 9. BGA부품의 처리결과 (2)

참고문헌

- [1] E.R. Davies, *Machine Vision*, Academic Press, 2nd ed., 1997.
- [2] R.M. Haralick and L.G. Shapiro, *Computer and Robot Vision*, vol. 1&2, Addison-Wesley, 1993.
- [3] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992.
- [4] D.H. Ballard and C.M. Brown, *Computer Vision*, Prentice-Hall, 1982.
- [5] A. Rosenfeld and A. Kak, *Digital Picture Processing*, Academic Press, 2nd ed., 1982.