

μBGA 납볼 검사 알고리즘 개발

†박중욱, *양진세, 최태영
아주대학교 전자공학부, *(주)한택
Tel: 0331-219-2490, Fax: 0331-212-9531

Development of μBGA Solder Ball Inspection Algorithm

†Jong Wook Park, *Jin Se Yang, Tae Young Choi,
Dept. of Electronic Engineering University of Ajou, *Hantech Co., Ltd.
E-mail : imagepjw@madang.ajou.ac.kr

Abstract

μBGA(Ball Grid Array) is growing in response to a great demand for smaller and lighter packages for the use in laptop, mobile phones and other evolving products. However it is not easy to find its defect by human visual due to in very small dimension. From this point of view, we are interested its development of a vision based automated inspection algorithm. For this, first a 2D view of μBGA is described under a special blue illumination. Second, a notation-invariant 2D inspection algorithm is developed. Finally a 3D inspection algorithm is proposed for the case of stereo vision system. As a simulation result, it is shown that 3D defect not easy to find by 2D algorithm can be detected by the proposed inspection algorithm.

1. 서론

대량 생산 체제인 현대의 제조 환경 하에서 제품의 기능이나 표면상의 결함을 검사하는 과정의 중요성은 날로 증가되고 있다. 이와 더불어 컴퓨터의 발전으로 인한 고속화와 저가격화로 인해 영상처리와 패턴인식, 인공지능 등을 이용하여 영상분석을 위한 산업용 비전 시스템의 구축을 저 가격, 고성능으로 구성할 수 있게 되었다. 이러한 이유로 각종 검사 작업에 인간의 시각 대신 비전 시스템을 이용한 검사 자동화 연구가 활발히 진행되고 있다[1-4].

이 논문은 2000년도 산·학·연 공동기술개발 지역혁신사업 과제로 (주) 한택의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

최근 들어, 전자 기기의 고성능, 고밀도화, 대량 생산화에 따라 다양한 반도체 패키지들도 소형화, 경량화, 대량 생산되고 있다. 이러한 반도체 패키지의 결함을 인간의 시각만으로 판단하는 데에는 많은 어려움이 있으며 시간적, 경제적인 면에서도 매우 비효율적이다. 본 연구에서 다루는 μBGA는 저 전력 소모와 소형화를 필수로 하는 Cellular Phone, 랩탑 컴퓨터, Pagers 등에 주로 사용되는 반도체 패키지로서 반도체 실장 기술상에서 프린트 배선 기판(PCB)의 뒷면에 납볼을 array상으로 줄지어 배열해 리드(Lead)를 대신하는 표면 실장용 패키지이다[5]. μBGA는 그 크기와 부피가 매우 작아서 전체적인 시스템의 크기를 줄일 수 있고 전기적인 특징이 PGA(Pin Grid Array)보다 우수한 장점을 가지고 있다. 그러나 μBGA상의 납볼의 크기와 높이는 수십μm에서 수백μm 정도로 그 크기가 매우 작고 조밀하게 배열되어 작업자의 시각으로 검사하기에는 한계가 있다. 그러므로 비전 시스템과 같은 자동 검사 시스템을 도입한 검사과정은 필수적이다[4]. 이에 본 논문에서는 우선 고정된 μBGA 납볼의 2차원 영상 특성을 분석하였고, 분석된 영상을 바탕으로 볼의 크기와 간격을 인식하고 판단할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 스테레오 카메라 시스템을 이용해 3차원 공간에 배열된 수십μm에서 수백μm의 크기의 볼의 구조를 분석하였다. 이러한 분석 결과로 μBGA 납볼의 3차원 결함(높이)을 찾아내고자 한다.

2. μBGA 납볼(solder Ball)의 영상 특징

본 논문에서는 μBGA 납볼의 결함을 검사하기 위해 조명을 특정 방향으로 투사하고, 이로부터 획득된 영상을 이용하여 검사를 한다. 그러므로 μBGA 납볼의 영상 특징을 살펴볼 필요가 있다. 조명으로부터 반사된 빛은

그림1과 같은 영상을 생성한다. 이것은 μ BGA 납불의 광학적 특성과 카메라의 앵글과 밀접한 관계가 있다[6].

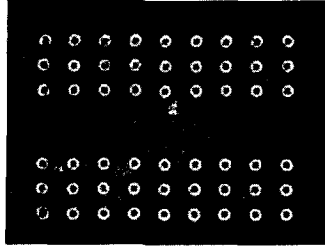


그림1 일반적인 μ BGA 납불 영상

μ BGA 볼로 조사된 빛들은 각각 볼의 표면에서 반사되어 카메라로 입사해 간다. 이때 납불은 전반사 성질이 강함으로 납불의 반사특성을 구면거울에서의 반사로 근사화 할 수 있다[6]. 이때 납불 표면에서 반사되는 빛이 모두 카메라로 투사되는 것이 아니라 카메라의 입사 앵글 안에 들어오는 빛만 실제 영상으로 잡힌다. 카메라의 앵글과 납불 표면에서의 조명에 대한 반사는 그림2의 (a)와 (b)로 나타낼 수 있다.

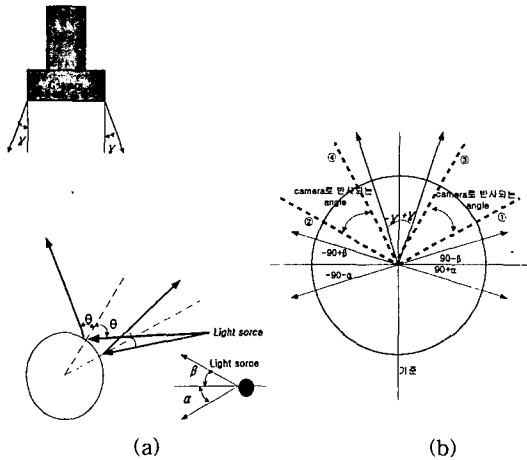


그림2 (a)조명의 입사각과 반사각, 카메라의 앵글과 관계
(b) 카메라로 입사하는 반사광의 앵글

이때 납불이 충분히 작고, 카메라와 조명의 위치가 납불의 크기에 비해 충분히 크다면 그림2의 (a)와 (b)로부터 카메라로 입사하는 반사광은 다음 식으로 근사 시킬 수 있다.

$$\begin{aligned} \angle 1 &= (90 + \alpha + \gamma) / 2 & (1a) \\ \angle 2 &= (-90 - \alpha - \gamma) / 2 & (1b) \\ \angle 3 &= (90 - \beta - \gamma) / 2 & (1c) \\ \angle 4 &= (-90 + \beta + \gamma) / 2 & (1d) \end{aligned}$$

그러나 실제로는 바닥 면에서 산란된 빛과 다른 볼에서 반사된 빛으로 인해 납불의 전체 크기가 인식된다.

3. 제한한 검사 방법

μ BGA 패키지 납불에 대한 결함을 두 가지 방식으로 나누어 결함을 검사한다. 먼저, 2차원 방식을 적용하여 패키지에 나타난 볼의 크기, 간격 등을 검사한다. 그런 다음 3차원 방식을 적용하여 패키지에 나타난 볼의 높이 결함을 스테레오 비전을 사용하여 검사한다.

3.1 2차원 검사 알고리즘

μ BGA 납불의 검사항목은 그림 3에 나타나는 3종류의 항목을 측정하게 된다. 즉 납불의 유무검사, 납불의 간격 검사, 납불의 크기 검사를 수행한다[그림3]. 전체 검사 과정은 그림4와 같다. 영상 취득 후 영상 밝기의 문턱치를 이용하여 이진화 한다[7].

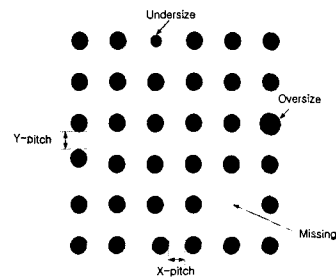


그림3 2차원 검사기준

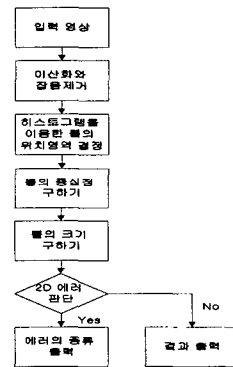


그림4 제안된 방법의 순서도

이진화된 영상으로부터 볼들의 크기와 간격을 구하기 위해서는 우선 각각의 볼들의 중심점을 찾아야 하는데 이를 위해선 μ BGA 패키지 영상에서 볼들의 위치와 영역을 구해야 한다. 이를 위해 영상의 가로축과 세로축에 대해 그림5와 같이 히스토그램 분포도를 구해 볼들의

영역을 결정한다[8].

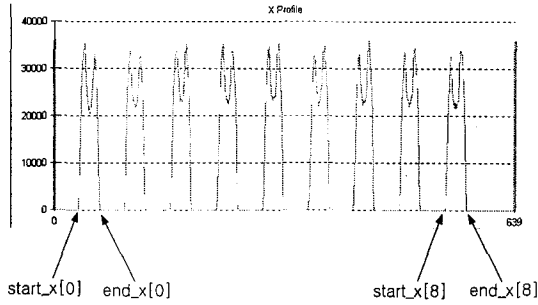


그림5 납땜의 히스토그램 분포도

볼들의 영역이 결정되면 각각의 영역에 대해서 볼들의 중심점을 그림6과 같이 찾는다. 이때 볼들의 중심점은 식(2)에 의해 결정된다[3].

$$(X_{Cent}, Y_{Cent}) = \left(\frac{1}{A_n} \sum x |_{(x,y)=1}, \frac{1}{A_n} \sum y |_{(x,y)=1} \right) \quad (2)$$

위 식에서 A_n 은 영역내의 화소의 개수이다. 그리고 볼들의 영역과 중심점들은 그림6과 같이 나타난다. 각각의 볼에 대해 반지름 R 은 식(3)에 의해 결정된다.

$$R = \sqrt{(X_{Cent} - x)^2 + (Y_{Cent} - y)^2} \quad (3)$$

이때 x, y 는 영역내에서 중심점으로부터 가장 멀리 있는 화소이다.

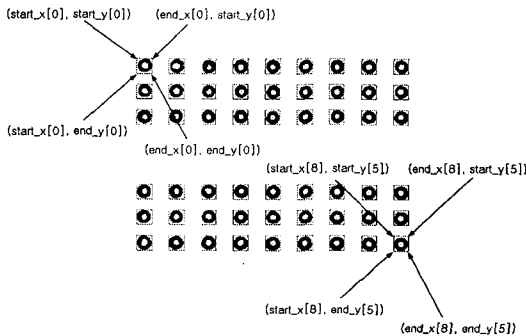


그림 6 볼들의 영역과 중심점

위 식들로부터 구한 중심점의 위치로부터 납땜의 간격을, 반지름으로부터 볼의 크기를 또한 영역내의 화소의 분포로부터 볼의 유무를 판단할 수 있다.

3.2 3차원 검사 알고리즘

μBGA 패키지는 PCB 위에 직접 접합되므로 볼의 높이에 결함이 있을 경우 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 예를 들어 그림7과 같은 경우, 2차원 검사만으로는 결함을 검출할 수 없다. 그러므로 스테레오 비전 시스템을 도입해 볼의 높이 결함을 검사한다[9-11]. 전체 검사과

정은 그림8과 같다.

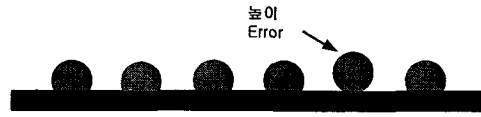


그림 7 3차원적인 결함(높이 결함)

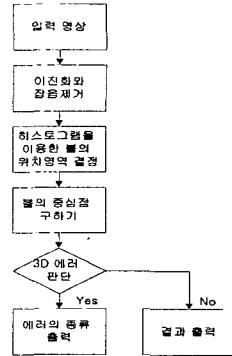


그림 8 제안된 3차원 검사과정 순서도

제안된 알고리즘의 순서는 2차원 검사 방법과 비슷하나 높이 결함을 판단하는 부분이 추가되어 있다. 볼의 높이에 변화에 따른 영상의 변화는 그림9처럼 나타낼 수 있다. 수직 방향으로 설치된 카메라를 2차원 카메라, 측면 방향으로 설치된 카메라를 3차원 카메라라 정의하는데, 2차원 카메라는 볼의 수평방향 검사를 3차원 카메라는 볼의 높이 이상을 검사하는데 쓰인다.

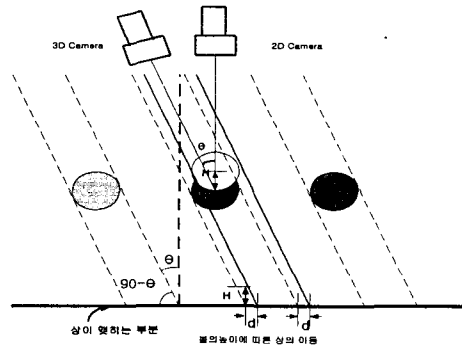


그림 9 볼의 높이 변화에 따른 영상에서의 변위

이때 영상에서 나타난 납땜의 위치 변위 d 와 카메라 사이의 각 θ 에 의해 높이 변위 h 는 식 (4)와 같이 계산될 수 있다.

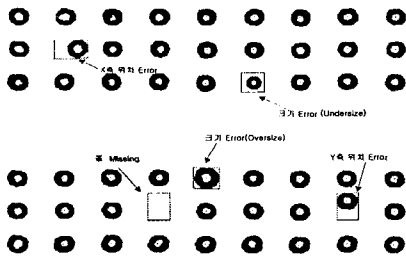
$$H = \tan(90 - \theta) * d \quad (4)$$

그러나 μBGA 납땜은 크기가 수백 μm로 매우 작아서 위치 변위 d 는 수십 μm 정도로 나타난다. 그러므로 실제

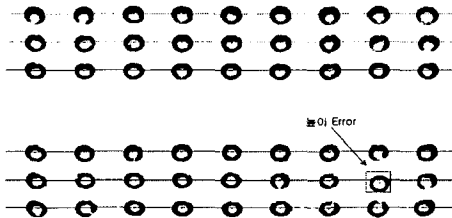
측정 시 정밀도를 요구한다.

4. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 검사 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 고 해상도 CCD 카메라와 Blue LED 조명을 이용하여 μ BGA 납볼의 결함을 검사하였다. 검사 알고리즘은 VisualC++를 이용해 Pentium II 350MHz PC에서 실험을 하였다. 실험 결과는 그림 10과 같다. 그림10의 (a)는 2차원 카메라로 획득한 영상을 검사한 결과로서 볼의 유무, 크기, 위치 이상을 판별하였고, 그림10의 (b)는 3차원 카메라로부터 획득한 영상을 검사한 결과로 볼의 높이 이상을 판단하였다.



(a) 2D 검사 결과 (볼의 유무, 크기, 위치 결함)



(b) 3D 검사 결과 (볼의 높이 결함)
그림 10 검출된 2D 및 3D 결함

검사에 사용된 μ BGA 패키지는 54개의 납볼을 가지고 있고 각각의 납볼의 지름은 약 $440\mu\text{m}$ 이다. 실제로 μ BGA 패키지 위에 집합되어 있을 때의 볼의 높이는 약 $380\mu\text{m}$ 이다.

5. 결론

본 연구에서는 μ BGA 납볼의 결함을 검사하기 위해 스테레오 비전 방식을 도입했다. 검사에 앞서 μ BGA 납볼 영상의 특징을 분석하였고, 이를 바탕으로 검사를 실시

하였다. 우선 2차원 카메라를 사용하여 볼의 유무, 크기, 위치 결함을 검사하였고, 3차원 카메라를 이용해 볼의 높이 이상을 검사하였다. 이상 실험을 통하여 실제 μ BGA 볼의 이상을 확인해 보았다. 더욱 정확한 검사를 위해서 카메라 해상도의 최적화와 카메라 사이의 거리와 각, 그리고 μ BGA 패키지와의 카메라와의 거리등이 더욱 정확히 측정되어야 할 것이다. 아울러 실제 볼 높이를 영상을 통해 추정하는 알고리즘 개발과 μ BGA 패키지가 고정되지 않았을 때도 적용할 수 있는 알고리즘 개발이 진행되어야 할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] 김경민, 박귀태, 박중호, 이종학, 정진양, “냉연 표면 흠 검사 알고리즘 개발에 관한 연구,” Journal of Control Automation and Systems Engineering, Vol. 3, No. 2, pp179-186, 1997.
- [2] Tatsuo Sato, “Multispectral Pattern Projection Range Finder,” Proceeding of The 3-D Image Capture and Application II, pp28-36, 1999.
- [3] 김기태, 구창근, 오영석, “반도체 BGA패키지의 Solder Ball 검사를 위한 영상처리 알고리즘에 관한 연구”, 제11회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp285-290, 1999.
- [4] Timothy S. Newman, Anil K. Jain, “A Survey of Automated Visual inspection”, Computer Vision and Image Understanding, Vol. 61, No. 2, pp231-262, 1995.
- [5] INTEL, “Flash Memory Chip Scale Package User’s Guide”, 2000.
- [6] 장경애, “光學”, 尙學堂, 1993.
- [7] Nobuyuki Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray -Level Histograms”, IEEE Trans. on systems man and cybernetics, Vol. SMC-9, No.1 pp62-66, 1979.
- [8] Jiun-Lin Chen, Hsi-Jian Lee, “An Efficient Algorithm For Form Structure Extraction Using Strip Projection”, Pattern Recognition, Vol. 31, No. 9, pp1353-1368, 1998.
- [9] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, “Digital Image Processing”, Addison Wesley, 1993.
- [10] A.D. Marshall, R.R. Martin, “Computer Vision, Models and inspection”, World Scientific, 1993.
- [11] Ronald Chung, Ramakant Nevatia, “Use of Monocular Groupings and Occlusion Analysis in a hierarchical Stereo System”, Computer Vision and Image Understanding, Vol. 62, No. 3, pp245-268, 1995.