

반도체 패키지의 2차원 비전 검사 알고리즘에 관한 연구

정회원 유 상 현*, 김 용 관**

On the 2D Vision Inspection Algorithm
for Semiconductor Chip PackageSang-Hyun Yu*, Yong-Kwan Kim** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 마이크로 BGA의 패키지와 볼의 정확한 위치와 사이즈를 측정하기 위한 방법을 제안하였다. 정확하게 BGA의 결함을 찾아내기 위해, 패키지와 볼의 위치를 찾아내는데 중점을 두었다. 라벨링한 후, 특징 파라미터를 이용하여 패키지와 볼 성분만을 검출하였다. 패키지 부분을 검출한 후, 패키지에 대한 정보를 입력 파라미터로 사용하여 사각형 모델로 패키지의 사이즈를 측정하였다. 또한 볼 부분을 검출한 후, 볼 부분에 대한 정보를 입력 파라미터로 사용하여 원형 모델로 볼의 위치와 지름을 측정하였다. 실제 길이를 측정하기 위하여 landmark에 근거한 calibration을 수행하였으며 SEM으로 볼을 측정된 데이터를 기준으로 측정치와 비교하였다. 위의 실험으로부터 제안 기법에 의한 볼의 반지름 측정값의 정확도가 평균 94%가 되는 사실을 확인하였다.

Key Words : Vision Inspection, Semiconductor, BGA, Package, Ball, Measurement

ABSTRACT

In this paper, we proposed a method for measuring accurate positions and sizes of package and balls in a micro BGA. To find defects of BGA accurately, we focused on finding positions of package and balls. After labeling, we detected connected components of package and balls using feature parameters. After the detection of package component, we measured position and size of package by employing rectangular model which was constructed by the package information. After the detection of the ball components, we measured positions and diameters of balls by employing circular models which were constructed by the ball informations. We did calibration based on landmarks to measure real length, and we compared the measured results with the SEM data. Finally, we found that the accuracy of the proposed method is 94% in terms of ball's radius.

I. 서 론

머신 비전(machine vision) 기술은 영상처리와 영상분석을 함께 사용하는 기술로서 획득된 영상데이터로부터 제품의 제조 공정을 효율적으로 제어 및 처리하는 기술이라 말할 수 있다^[1]. 공장 자동화의 검사와 조립 라인, 형상 및 결함 검사, 비파괴 검사, 산업용 Robot 등 광범위한 산업 분야에서 사용될

수 있다. 최근에 들어와서 시각장치를 이용한 생산 자동화 설비의 중요성이 크게 증대되어 가고 있다.

반도체 소자의 소형화 지향은 휴대형 제품에 응용되는 반도체 소자에서 두드러지며 끝이 보이지 않을 정도로 경쟁이 치열하다. 그동안 적용되어 온 일반적인 반도체 패키지는 리드프레임 위에 완성된 칩을 접착하고 칩과 외부 연결 리드를 연결한 후 이를 다시 밀봉하는 매우 복잡한 형태이지만, 마이

* 호서대학교 정보통신공학과 (ykkim@office.hoseo.ac.kr)

논문번호 : kics 2005-12-498, 접수일자 : 2005년 12월 19일, 최종논문접수일자 : 2006년 11월 14일

크로 BGA(Ball Grid Array)는 리드프레임 대신 박막 필름 위에 칩을 접착한 후 실리콘 소재로 이를 덮어 씌우고 그 밑에 원형 다리(ball)를 접착시키는 제조공정으로 기존에 비해 매우 간단하다는 특징을 지니고 있다⁸⁾. 또한 마이크로 BGA 조립 기술은 칩의 3배 이상 크기인 기존 반도체 패키지를 칩의 1.2배 이하 수준으로 줄일 수 있는 장점을 지니고 있다⁸⁾. 최근 마이크로 BGA 패키지는 휴대폰, 노트북 PC와 같은 각종 휴대형 정보통신 기기와 디지털 카메라, 디지털 비디오 등 휴대형 가전기기를 중심으로 그 채택비율이 크게 증가하고 있으며 세계 및 국내 반도체 생산 업체들도 이에 대한 설비투자를 대폭 늘리고 있는 상황이다. 이러한 마이크로 BGA 같은 반도체 제품의 결합은 각종 제품의 성능을 크게 좌우하는 중요한 요소이며 사전에 결합을 인식하는 것은 반도체 부품의 양산과정에서 매우 중요한 일이다. 그러나 대량으로 생산되는 반도체 부품의 결합을 인간의 시각으로만 판단하는 데에는 많은 어려움이 있으며 시간적, 경제적인 면에서도 비효율적인 측면을 가지고 있다.

본 논문에서는 마이크로 BGA 형태의 반도체에 대한 검사 알고리즘을 제안한다. 2장에서는 검사 방법에 사용된 기초 비전 기술에 대하여 서술하고, 3장에서는 검사 대상인 마이크로 BGA 소자의 결합에 대한 소개 및 결합 추출 알고리즘에 대해 설명하고 실험 결과를 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 제시한다.

II. 관련 연구

2.1 이진화(Thresholding)

이진 영상은 그레이 스케일 영상에 이진화(Thresholding) 작업을 거쳐 얻어질 수 있다¹⁾²⁾. 식 (1)에서 $f(i, j)$ 는 그레이 영상의 좌표 (i, j) 에 대한 명암 값을 나타내며 T 는 임계값(threshold value)이다. 즉, 명암 영상에서 임계값 T 이상의 명암 값에 대해서는 HIGH(화소 값 255) 값을, 임계값 T 이하의 명암 값에 대해서는 LOW(화소 값 0)의 값으로 변환하는 알고리즘이다. 영상에서 원하는 부분(결합 영역)만을 추출하여 검사하기 위해 영상의 화소의 밝기가 임계값 이상인 경우 대응하는 출력 영상의 화소 값을 HIGH로 변환하고, 그 이외의 경우는 LOW로 변환하여 오브젝트를 추출할 때 사용하게 된다^{1), 2)}.

$$f(i, j) = \begin{cases} \text{HIGH} : f(i, j) \geq T \\ \text{LOW} : f(i, j) < T \end{cases} \quad (1)$$

최적의 이진화 영상을 선택하기 위해서는 적절한 임계값 선택이 필수적이다. 본 논문에서는 히스토그램 분석에 근거한 이진화를 수행하는 MRT (Minimum Residue Threshold) 방법을 사용하였다¹⁵⁾. MRT 방법은 원영상과 이진화된 영상간의 quadratic difference가 최소가 될 때의 임계값을 선정하는 방식이다⁵⁾.

2.2 라벨링(labeling)

라벨링(labeling) 방법은 이진 영상에 존재하는 각 화소간의 연관성을 이용하여, 같은 라벨값을 가지는 화소들을 하나의 독립된 물체 단위로 처리하도록 하는 알고리즘이다²⁾. 라벨링의 기본 원리는 같은 연결 성분에 속하는 픽셀에 같은 번호를 부여하고, 다른 연결 성분에는 서로 다른 번호를 부여하여 물체를 구분한다²⁾.

화소간의 연결성을 확인하기 위해 4-이웃 마스크나 8-이웃 마스크를 사용한다. 4-이웃 마스크는 직선축상에 이웃하는 화소를 연결하며, 8-이웃 마스크는 사선 부분에 존재하는 물체까지 연결시키는 특성을 나타낸다²⁾.

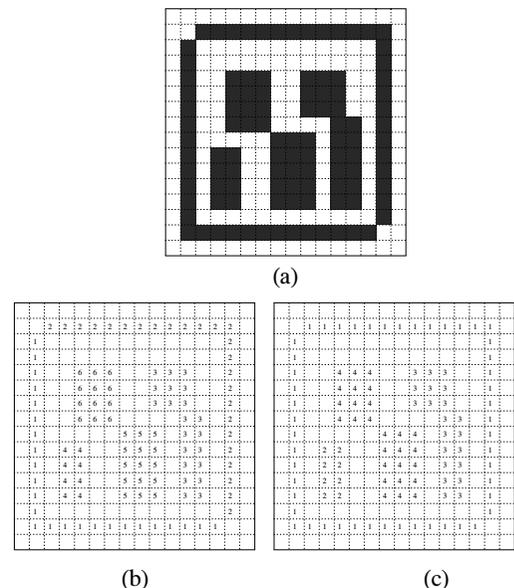


그림 1. 라벨링에 사용되는 마스크와 결과 영상. (a) 원래의 영상, (b) 4-이웃 마스크를 사용한 결과, (c) 8-이웃 마스크를 사용한 결과.
Fig. 1. Used masks for labeling and the result images. (a) Original image, (c) Result of 4-neighborhood mask, (d)Result of 8-neighborhood mask.

그림 1의 (b), (c)는 4-이웃 마스크와 8-이웃 마스크를 사용한 결과의 차이를 나타낸 것이다. 동일한 영상에 대해서도 사용되는 마스크에 의해 전혀 다른 물체로 인식될 수 있음을 보여준다. 본 논문에서는 라벨링 사용시 연결성을 최대한 고려하여 8-이웃 마스크의 원리를 사용하였다.

III. 마이크로 BGA 적용 예

3.1 마이크로 BGA 결함 사항

BGA 패키지는 여러 가지 공정을 거치기 때문에 공정 중에 다양한 결함 원인이 발생할 수 있다. 즉, 솔더 볼 형성 과정의 결함에 의해서, 볼을 빼먹거나 크기가 커지거나 작아져서 솔더 몰이 변형되는 결과를 가져올 수 있다. 그림 2는 BGA 패키지를 2차원 비전 검사로 검출할 수 있는 결함을 보여준다.

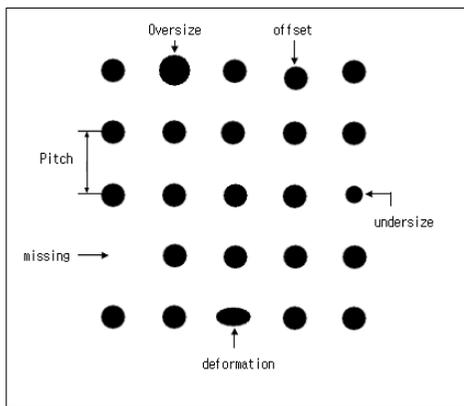


그림 2. BGA의 결함 다이어그램.
Fig. 2. BGA defect diagram.

가. 패키지 내의 볼의 누락(missing)

패키지에서의 볼의 누락은 제조공정상에서 볼이 빠진 경우에 생기는 결함이다. 특히 이 과정에서 솔더 볼이 다른 볼에 붙는 결과가 생긴다[4][8].

나. 볼의 변형성(oversize, undersize, deformation)

찌그러짐이나 원형의 형태가 아닌 경우, 크기가 정상치보다 크거나 작은 경우로서 볼의 변형 결함은 조립공정에서 볼의 변형이 일어날 수 있다[4][8].

다. 패키지 내에서의 볼의 위치(pitch, offset)

볼과 볼 사이의 거리가 일정치 않은 경우나 패키지 상에서 원래의 위치에 있지 않은 경우를 말한다[4, 8].

3.2 마이크로 BGA 검사 알고리즘

기존 논문의 제안된 BGA의 2차원 검사 알고리즘[4]은 처음에 원영상을 이진영상으로 만든다. 그리고, 이진 영상 내의 볼 영역들을 가지고 볼의 중심 위치 및 직경을 계산하는 방법을 사용한다. 하지만 이러한 방법은 이진 영상만을 가지고 계산하는 과정을 거치므로, 결함 검출에서 높은 정확도를 기대할 수 없다. 본 논문은 이진 영상을 통해 얻은 최소한의 정보를 사용하지, 원영상에서 손상되지 않은 볼 자체를 검사하여 볼의 중심과 반지름을 계산하는 알고리즘을 이용한다. 따라서 기존 논문의 제안된 방법에 비해 보다 높은 정확도를 기대할 수 있다.

그림 3은 마이크로 BGA 소자를 검사하기 위한 방법의 전체적인 블록도를 보여주고 있다. 처음에 그레이 영상을 입력받은 후, 라벨링의 전단계로서 이진화를 수행하고 볼과 패키지에 대해 라벨링을 수행하여 필요한 특징 파라메타를 추출하고, calibration[3]과 측정과정 후에 결함 유무를 판단하게 된다.

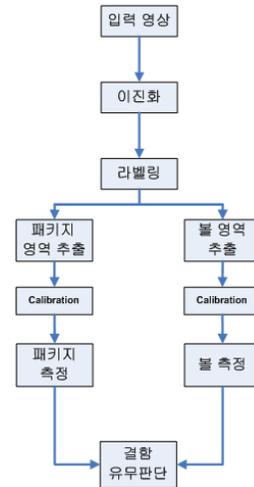


그림 3. BGA 검사 알고리즘 플로우 차트.
Fig. 3. BGA inspection algorithm flow chart.

가. 이진화

그림 4는 마이크로 BGA 검사시 최초로 이용하는 입력영상을 보여주고 있다. 영상 내에서 보여주는 BGA 전체 볼 62개를 비교적 뚜렷이 보여주는 이진화를 수행하여야 차후 라벨링 연산시 계산 시간을 절약할 수 있고 또한 복잡한 처리 과정을 피할 수 있다.

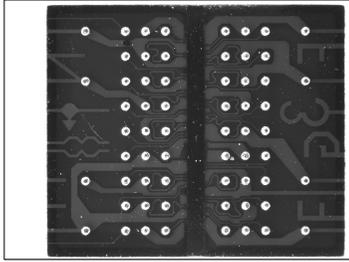


그림 4. 본 논문에 사용된 BGA 원영상(1392×1040 Gray Level Image).
Fig. 4. Original BGA Image.

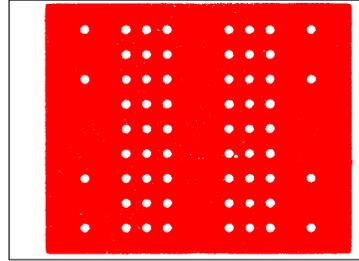


그림 6. 추출된 패키지에 대한 연결성분.
Fig. 6. Connected component for extracted package.

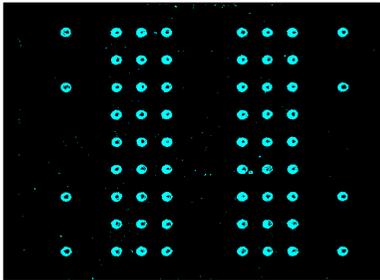


그림 5. MRT 방법을 사용한 이진화 결과영상.
Fig. 5. Threshold Image by MRT method.

그림 5는 원영상을 MRT 방법을 사용하여 이진화한 것으로 볼 62개가 뚜렷이 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 전체 볼이 뚜렷이 보이는 MRT 방법을 사용하였다.

나. 라벨링

본 연구에서는 패키지(package)와 볼들에 대한 라벨링을 따로 수행하는데 그 이유는 패키지는 볼에 비해 어두워서 밝은 화소(HIGH)에 대한 라벨링을 할 경우에는 검출할 수가 없기 때문이다. 라벨링 수행 후 각각의 연결성분들의 특징 파라미터를 계산하여 원하고자 하는 연결성분이 아닌 경우에 제외한다.

a. 패키지에 대한 라벨링

어두운 화소의 연결성분에 대해 라벨링을 수행하면 이진화된 BGA 영상에서 가장 큰 면적을 차지하는 부분을 패키지로 판단할 수 있다. 특징 파라미터 중 면적을 계산하여 가장 큰 연결성분에 네모난 경계를 계산하면(bounding box) 패키지의 가로사이즈(limit width), 세로사이즈(limit height), 중심위치(limit center x, y)를 알아낼 수 있다[5]. 그림 6은 어두운 연결성분에 대한 라벨링 후 패키지만을 추출한 것을 보여주고 있다.

b. 볼에 대한 라벨링

BGA 볼을 검출하기 위해서 밝은 화소의 연결성분에 라벨링을 수행한다. 그림 7은 전체 영상에 대해 라벨링을 수행한 것으로 잡음 제거와 같은 전처리 과정을 거치지 않았기 때문에 상당히 많은 연결성분들이 검출 된다.

검출된 연결성분들 중 볼들만을 검출하기 위해서는 면적이 불과 유사한 연결성분들을 검출한 후, limit width나 limit height가 일정 길이 이상 되는 특징 파라미터를 사용하여 볼의 연결성분만을 선택한다. 그림 8은 볼의 연결성분만이 선택된 영상을 보여주고 있다.

이와 같이 62개의 연결성분만을 선택하면 연결성분의 특징 파라미터 중 각각의 면적, limit width,

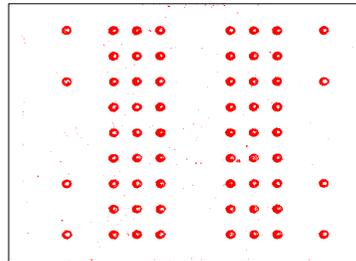


그림 7. 볼을 검출하기 위한 라벨링(348개 연결성분 검출).
Fig. 7. labeling for ball extraction (extraction of 348 components).

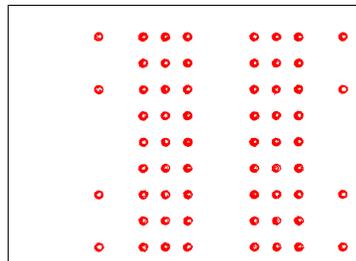


그림 8. 62개 볼에 관련된 연결성분 검출.
Fig. 8. Extraction of 62 connected components(balls).

표 1. 62개 연결 성분의 Area, Limit Center X, Limit Center Y, Limit Width, Limit Height.
Table 1. Area, Limit Center X, Limit Center Y, Limit Width, Limit Height about 62 components.

Area	Limit Center X	Limit Center Y	Limit Width	Limit Height
783	963.00	326.50	33.00	40.00
758	563.50	624.00	34.00	36.00
810	963.50	223.50	34.00	36.00
779	323.50	124.00	34.00	35.00
745	1202.50	723.00	34.00	35.00
747	964.50	825.50	34.00	34.00
777	564.50	624.50	34.00	34.00
807	563.50	225.00	34.00	35.00
743	323.50	725.00	34.00	37.00
847	565.00	325.00	35.00	35.00
788	324.00	326.00	35.00	37.00
794	485.00	326.50	35.00	34.00
858	1044.00	224.50	35.00	36.00
808	964.00	424.50	35.00	36.00
838	644.00	325.00	35.00	37.00
801	964.00	524.00	35.00	35.00
819	646.00	824.00	35.00	37.00
831	885.00	924.00	35.00	37.00
801	965.00	923.50	35.00	36.00
790	485.00	525.50	35.00	38.00
915	645.00	525.50	35.00	36.00
890	564.00	125.50	35.00	36.00
868	1043.00	523.50	35.00	36.00
845	884.00	224.50	35.00	36.00
772	964.00	723.50	35.00	34.00
805	645.00	623.50	35.00	36.00
780	564.00	526.00	35.00	35.00
855	644.50	224.50	36.00	34.00
846	484.50	225.50	36.00	36.00
829	884.50	625.00	36.00	35.00
798	1203.50	124.50	36.00	36.00
774	563.50	425.00	36.00	35.00
879	1042.50	324.00	36.00	39.00
706	1204.50	324.50	36.00	38.00
894	883.50	724.50	36.00	36.00
877	563.50	923.50	36.00	36.00
870	643.50	125.00	36.00	37.00
803	883.50	824.50	36.00	34.00
837	1043.50	723.50	36.00	36.00
893	884.50	425.50	36.00	36.00
733	324.50	924.50	36.00	36.00
789	564.50	726.00	36.00	37.00
799	883.50	125.00	36.00	37.00
778	963.50	623.50	36.00	34.00
799	645.50	923.50	36.00	36.00
835	485.50	725.00	36.00	35.00
858	883.50	325.00	36.00	37.00
894	1043.50	424.00	36.00	37.00
892	1043.00	125.00	37.00	37.00
884	1046.00	923.50	37.00	36.00
792	1203.00	923.00	37.00	37.00
814	484.00	824.50	37.00	36.00
916	644.00	424.50	37.00	36.00
815	964.00	124.50	37.00	34.00
911	882.00	525.00	37.00	37.00
838	485.00	925.00	37.00	37.00
887	484.00	425.50	37.00	38.00
840	484.00	625.00	37.00	37.00
877	645.00	724.00	37.00	37.00
879	1045.50	624.50	38.00	36.00
876	1044.50	823.50	38.00	38.00
922	483.50	126.50	38.00	38.00

limit height, limit center x, limit center y를 계산하여 볼들의 중심과 지름을 구할 때의 입력 데이터로 활용한다. 표 1은 추출된 볼들에 대한 연결 성분에서 입력 데이터로서 활용하고자 하는 특징 파라미터를 계산하여 표시한 것이다.

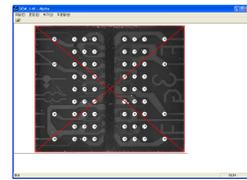
다. 패키지와 볼 측정(Gauge)

본 논문에서 측정 대상은 하나의 반도체 BGA 패키지에 대한 패키지의 위치 및 크기 정보와 볼 62개에 관한 위치 및 크기 정보이다. 패키지는 검은 화소에 대한 연결성분의 특징 파라미터 중 limit width, limit height, limit center x, limit center y를 입력 데이터로 사용하였으며, 볼에 대해서도 밝은 화소에 대한 연결성분인 것만 제외하고 패키지와 동일한 특징 파라미터를 입력 데이터로 사용하

였다. 그림 9는 패키지에 대한 연결성분의 특징 파라미터 중 limit width, limit height, limit center x, limit center y를 측정하는 영상을 보여주고 있다.

a. 패키지 측정

그림 10은 정확한 패키지 측정을 하기 위해 사각형 모델을 생성한 것으로 사각형 모델 내부는 검은 영역으로 외부는 패키지 내부에 비해 밝은 영역(백라이트)으로 변환(transition) 파라미터를 설정하였다^[5]. 그림 11은 사각형 모델이 입력 데이터를 근거로 위치한 후 패키지를 측정하는 모습을 보여준다.



(a)

Limit Center X	Limit Center Y	Limit Width	Limit Height
765.50	523.50	1196.00	1014.00

(b)

그림 9. 패키지 측정에 사용되는 입력 데이터와 측정 결과. (a) 패키지에 대한 bounding box를 표시한 실행 화면, (b) bounding box의 중심과 가로 세로 사이즈.
Fig. 9. Input data for package measurement and the results. (a) Executed picture indicating bounding box for package, (b) Center, width, height for bounding box.

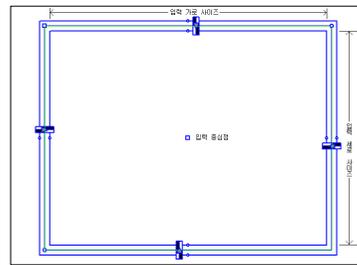


그림 10. 패키지의 측정을 위한 사각형 모델 생성.
Fig. 10. Creation of rectangular model for package measurement.

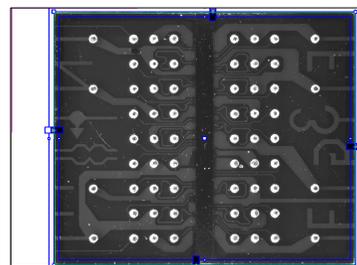


그림 11. 사각형 모델이 패키지를 측정하는 영상.
Fig. 11. Measured image for package by rectangular model.

b. 볼 측정

볼은 원 모델을 생성하여 측정하였다⁵⁾. 그림 12는 정확한 볼 측정을 하기 위해 원형모델을 생성한 것으로 원형 모델 내부는 밝은 영역으로 외부는 볼에 비해 어두운 영역(볼을 제외한 패키지 영역)으로 변환 파라미터를 설정하였다⁵⁾.

표 1의 데이터를 입력으로 하여 그림 12와 같이 원형 모델을 생성한 후 순서대로 62개의 볼을 측정하여 볼들의 정확한 중심 위치와 지름을 알아낼 수 있다. 그림 13은 원형 모델이 입력 데이터를 근거로 위치한 후 볼을 측정하는 모습을 보여준다.

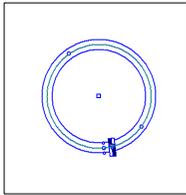


그림 12. 볼 측정을 위한 원형 모델 생성.
Fig. 12. Creation of Circular model for ball measurement.

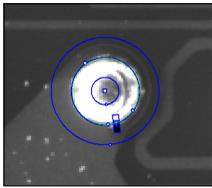


그림 13. 생성한 원형 모델이 하나의 볼을 측정된 결과 영상.
Fig. 13. Measured ball image result by circular model.

3.3. 마이크로 BGA 검사 알고리즘 실험 환경

본 논문의 마이크로 BGA 검사 알고리즘 실험을 위해 볼 수가 62개인 마이크로 BGA 패키지 (12mm×10.2mm)를 촬영한 그레이 영상(1392×1040)과 정확도를 알아보기 위해 동일 소자를 SEM (Scanning Electron Microscope, 주사 전자 현미경)으로 촬영한 영상을 사용하였다.

프로그램 구현은 Microsoft 사의 Visual C++ 6.0 과 Euresys 사의 eVision 라이브러리를 사용하였다.

3.4. 마이크로 BGA 검사 알고리즘 실험 결과

그림 14에서와 같이 볼 주위에 스크래치가 심한 경우, 원형 모델이 볼을 이탈하여 측정되는 결과를 보여준다. 이와 같이 원형 모델 측정이 오류가 난 경우, 측정된 지름은 정상 볼(약 16.5~17.5)에 비해 큰 지름(17.5 초과)을 나타낸다. 이렇게 오류가 난 부분을 결함으로 처리하여 BGA의 결함유무를 검사할 수 있다.

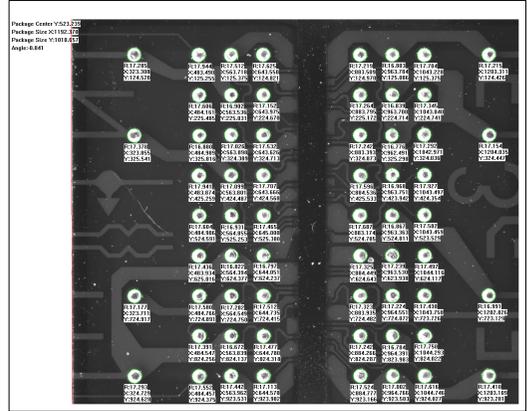


그림 14. 패키지의 중심, 가로, 세로 사이즈 및 기울어진 각도와 볼들의 중심 위치와 사이즈 표시 결과.
Fig. 14. Indication of center, width, height, skew angle of a package and center positions, sizes of balls.

그림 14는 구성한 알고리즘을 바탕으로 만든 패키지의 사이즈 및 위치, 기울어진 각도와 볼 62개에 대한 각각의 중심위치, 지름을 자동으로 구하는 프로그램 실행 화면이다. 이렇게 구한 정보를 바탕으로 볼의 오프셋 및 피치 등을 구하여 결함유무를 판단한다.

그림 15는 그림 4의 BGA 시료를 SEM으로 촬영하여 볼의 가로 직경과 세로 직경 및 볼 사이 간격을 구한 영상이다. 이렇게 BGA 전체 볼 62개의 가로, 세로 직경과 볼 사이의 길이 정보를 구하였다. Calibration 후의 정확도가 어느 정도 나오는지 알아보기 위해 볼의 반지름(가로, 세로 직경을 구하여 4로 나눈 값과 측정치를 비교하였다. Calibration은 실험 영상 BGA 패키지의 4개 모서리에 landmark를 사용하여 픽셀 위치(sensor coordinate)에 따른 실물의 위치(world coordinate)를 알 수 있는 landmarks calibration을 사용하였다⁵⁾.

이와 같이 총체적으로 구한 정보를 바탕으로 본 논문에서는 그림 16과 같이 작성된 GUI 프로그램으로 패키지의 사이즈와 기울어짐, 볼의 오프셋 및

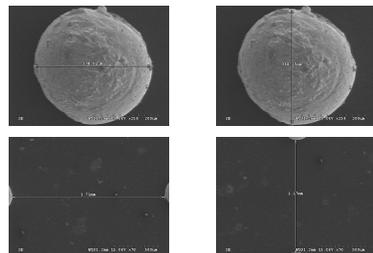


그림 15. SEM으로 취득한 영상.
Fig. 15. Acquisition image using SEM.

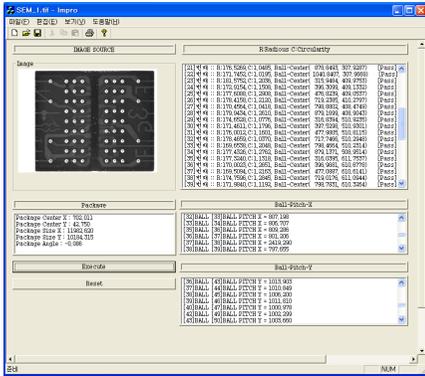


그림 16. GUI 개발 프로그램 결과의 예.
Fig. 16. An example of the developed GUI program result.

피치, 볼의 원형도, 반지름 등을 구하여 결함유무를 판단하는 프로그램을 개발하였다.

표 2는 SEM으로 취득한 62개 모든 볼에 대한 가로(w), 세로(h) 직경을 구한 것을 토대로 계산한 반지름 값과 작성된 프로그램으로 측정된 반지름 값을 비교한 표로서 평균오차는 약 10 μm이고 최소, 최대 오차는 각각 1.7324 μm, 22.074 μm를 나타내는 것을 알 수 있다.

표 2의 결과로부터 제안한 측정 방법의 정확도가 식 (4)를 이용한 경우, 볼의 반지름에 기준하여 평균 94%가 되는 사실을 확인하였다. x는 SEM을 이용하여 측정된 볼의 반지름이고 y는 제안 기법을 이용하여 측정된 볼의 반지름이다.

$$\frac{1}{62} \sum_{i=1}^{62} \left(1 - \frac{|x_i - y_i|}{x_i}\right) \quad (4)$$

실제 길이와 측정치를 비교하면 하나의 볼(41번)을 제외한 나머지 볼의 측정치가 실제 길이보다 적게 나온 것을 알 수 있다. 이러한 특징을 감안하여 평균 오차를 보정 수치로 측정치와 더하여 사용하면 볼의 반지름 측정치로 사용한다면 전체적으로 정확도를 높일 수 있다. 하지만 이러한 방법은 시료를 연속적으로 바꾸어 가며 측정할 경우 오차가 불균형하게 나올 수가 있기 때문에 calibration 방법을 개선하는 것이 보다 일정한 정확도를 보장할 수 있다.

패키지의 한 쪽 모서리 근처의 4개 볼에 대해서 4개의 landmark를 사용하는 calibration 방법이 있을 수 있으나, 이런 경우 입력 영상에서 렌즈의 굴절율에 따른 테두리 부분의 왜곡으로 인해 오차가 심하게 발생한다. 이러한 오차를 줄이기 위하여, 본 논문에서는 패키지의 정확한 사이즈와 패키지 모서

리의 픽셀 좌표를 알아낸 후, landmark calibration 방법을 사용하였다.

정확도를 높이기 위해서는 패키지 모서리뿐만 아니라 패키지 전체 범위에 대하여 많은 수의 landmark를 사용하여 calibration하는 기법을 도입하는

표 2. SEM data와 제안 방법의 측정 결과 비교
Table 2. Comparison between SEM data and measurement value

Num	h(mm)	w(mm)	(h+w)/4*10 ⁰⁰	측정치(μm)	오차
1	0.37123	0.35937	182.65	175.5653	7.0847
2	0.36531	0.36531	182.655	180.7283	1.9267
3	0.38214	0.38016	190.575	177.7721	12.8029
4	0.36828	0.37461	185.7225	177.6443	8.0782
5	0.37422	0.36432	184.635	174.757	9.878
6	0.37818	0.35838	184.14	169.9807	14.1593
7	0.36234	0.36333	181.4175	178.164	3.2535
8	0.36927	0.35244	180.4275	173.2548	7.1727
9	0.36036	0.35937	179.9325	178.2001	1.7324
10	0.36234	0.35937	180.4275	171.2096	9.2179
11	0.38917	0.37125	190.105	172.892	17.213
12	0.37521	0.38808	190.8225	172.3456	18.4769
13	0.38313	0.37224	188.8425	171.2669	17.5756
14	0.36729	0.35937	181.665	174.8292	6.8358
15	0.36333	0.36135	181.17	175.9227	5.2473
16	0.35838	0.3564	178.695	171.1868	7.5082
17	0.36036	0.36036	180.18	171.1318	9.0482
18	0.36432	0.36135	181.4175	176.9137	4.5038
19	0.36729	0.36234	182.4075	174.7292	7.6783
20	0.37917	0.3762	188.8425	166.7685	22.074
21	0.38115	0.37917	190.08	176.5269	13.5531
22	0.37719	0.37936	189.1375	171.7452	17.3923
23	0.38214	0.36432	186.615	181.5752	5.0398
24	0.36433	0.35541	179.935	172.9154	7.0196
25	0.36729	0.36036	181.9125	177.6088	4.3037
26	0.37224	0.36135	183.3975	178.4158	4.9817
27	0.36432	0.35541	179.9325	170.4564	9.4761
28	0.36531	0.36927	183.645	179.9434	3.7016
29	0.38313	0.36927	188.1	174.6528	13.4472
30	0.37719	0.37422	187.8525	171.4611	16.3914
31	0.38115	0.37065	187.95	176.0012	11.9488
32	0.3663	0.36333	182.408	178.457	3.9506
33	0.35739	0.35244	177.458	169.654	7.8037
34	0.36234	0.37125	183.398	177.433	5.9649
35	0.36234	0.36234	181.17	177.324	3.846
36	0.36729	0.36234	182.408	170.002	12.4052
37	0.37422	0.3663	185.13	169.509	15.6206
38	0.38214	0.36927	187.853	174.76	13.0929
39	0.39402	0.38214	194.04	171.984	22.056
40	0.37917	0.38115	190.08	179.787	10.2929
41	0.3366	0.32373	165.083	174.534	9.4519
42	0.3762	0.3663	185.625	176.961	8.6643
43	0.37026	0.37026	185.13	174.147	10.9826
44	0.36432	0.37323	184.388	175.873	8.5145
45	0.35641	0.35838	178.698	174.358	4.3395
46	0.3762	0.36531	185.378	173.526	11.8519
47	0.38907	0.38117	192.56	173.848	18.7121
48	0.3762	0.37422	187.605	171.672	15.9327
49	0.37461	0.37461	187.305	176.151	11.1541
50	0.36729	0.35541	180.675	168.077	12.5982
51	0.36333	0.36333	181.665	175.74	5.9251
52	0.37323	0.36333	184.14	173.419	10.721
53	0.36828	0.36531	183.398	168.667	14.7306
54	0.37719	0.35739	183.645	179.352	4.2926
55	0.37125	0.3663	184.388	174.142	10.2452
56	0.37818	0.36729	186.368	176.323	10.0444
57	0.37422	0.36927	185.873	175.513	10.3591
58	0.37818	0.37818	189.09	173.201	15.8894
59	0.37323	0.36927	185.625	174.968	10.6569
60	0.36729	0.34551	178.2	170.844	7.3562
61	0.37521	0.38313	189.585	176.69	12.8953
62	0.38511	0.38808	193.298	176.686	16.6111

것이 필요할 것으로 생각된다. 또 다른 방법으로서 마이크로미터 단위의 피치를 가진 dot grid 기반의 calibration을 사용하여 렌즈의 굴절에 따른 영상의 왜곡을 계산해 픽셀 위치에 대응되는 정확한 실물의 위치를 알아내는 방법을 생각할 수 있다.

IV. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 마이크로 BGA의 패키지와 볼의 정확한 위치와 사이즈를 측정하기 위한 방법을 제안하였다.

정확하게 BGA의 결함을 찾아내기 위해, 패키지와 볼의 위치를 찾아내는데 중점을 두었다. 빠른 연산을 위해 원 영상을 이진화한 영상에 대해 라벨링을 하였다. 그리고 특징 파라미터를 이용하여 패키지와 볼 성분만을 검출하였다. 패키지 부분을 검출한 후, 패키지에 대한 정보를 입력 파라미터로 사용하여 사각형 모델로 패키지의 사이즈를 측정하였다. 또한 볼 부분을 검출한 후, 볼 부분에 대한 정보를 입력 파라미터로 사용하여 원형 모델로 볼의 위치와 지름을 측정하였다. 실제 길이를 측정하기 위하여 패키지 모서리 4개의 landmark에 근거한 calibration을 수행하였으며, SEM으로 볼을 측정한 데이터를 기준으로 측정치와 비교하였다. 위의 실험으로부터 제안 기법에 의한 볼의 반지름 측정값의 정확도가 평균 94%가 되는 사실을 확인하였다.

향후, 보다 높은 정확도를 얻기 위해서는, landmark를 광범위한 범위에서 많은 수를 사용하거나, 혹은 마이크로미터 단위의 피치를 가진 dot grid 기반의 calibration을 통한 영상의 왜곡을 보정하는 방법이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing, 2nd Edition, Prentice Hall, 2001.

[2] I. Pitas, Digital Image Processing Algorithms And Applications, WILEY, 2000.

[3] Mengxiang Li and Lavest, J.M. "Some aspects of zoom lens camera calibration," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.18, pp. 1105-1110, 1996.

[4] Xia Nianjiong, Cao Qixin, Fu Zhuang, Jey Lee, "A machine vision system of ball grid array inspection on RT-Linux OS", Business of

Electronic Product Reliability and Liability, 2004 International Conference on, pp. 81-85, Apr 27-30, 2004.

[5] eVision 6.2 C++ Reference Manual, Euresys, 2002.

[6] Ikenaga, T. and Ogura, T., "Real-Time Morphology Processing Using Highly Parallel 2-D Cellular Automata CAM2", Image Processing, IEEE Transactions on Volume 9, Issue 12, pp. 2018-2026, Dec. 2000.

[7] Antti Soini, "Machine vision technology take-up in industrial applications", Image and Signal Processing and Analysis, ISPA 2001. Proceedings of the 2nd International Symposium on, pp. 332-338, Jun. 19-21, 2001.

[8] Mitchell, C, "Assembly and reliability study for the micro-ball grid array", Electronics Manufacturing Technology Symposium, 1994. 'Low-Cost Manufacturing Technologies for Tomorrow's Global Economy'. Proceedings 1994 IEMT Symposium, Sixteenth IEEE/CPMT International, Vol. 1, pp. 344-346, Sept. 12-14, 1994.

유 상 현 (Sang-Hyun Yu)

정회원



2004년 호서대학교 정보통신공학과 졸업
2006년 호서대학교 정보통신공학과 공학석사
<관심분야> 이미지 프로세싱, 머신 비전

김 용 관 (Yong-Kwan Kim)

정회원



1998년 서울대학교 제어계측공학과 학사
1990년 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
1996년 서울대학교 제어계측공학과 공학박사
1997년 3월~현재 호서대학교

정보통신공학과 부교수
<관심분야> 영상 신호 처리, ARM 기반 H/W 시스템 Design