

BGA(Ball Grid Array)의 고속 3차원 측정

조태훈*, 장동선
한국기술교육대학교 정보기술공학부
thcho@kut.ac.kr

High Speed 3D Measurement of BGAs(Ball Grid Arrays)

Tai-Hoon Cho*, Dong-Sun Jang
School of Information Technology, Korea University of Technology and Education

요 약

최근 전자제품의 초소형화에 따라, PCB 기판위의 부품의 집적도를 높이기 위해, 기존의 리드대신 부품 밑면에 볼(ball)이 격자형태로 배열되어 있는 BGA(Ball Grid Array) 형태의 패키지가 많이 사용되고 있다. 하지만, BGA의 구조상 한번 장착되면 외관검사가 불가능하므로, 장착전 BGA의 검사가 필수적이다. BGA의 검사항목중 가장 중요한 항목인 볼 높이검사를 실시간으로 하기 위해서는 고속 비접촉 3차원 측정기술이 요구된다. 본 논문에서는 일반카메라보다 100 배이상 높이 프로파일 취득속도가 빠른 3D smart camera와 레이저 슬릿광 slit ray)을 이용하여 고속으로 BGA 볼의 3D 프로파일을 얻은 후, clipping과 morphological filter를 사용하여 인접한 볼표면에서의 난반사로 인한 여러 데이터를 보정하여 정확한 3D 영상을 취득할 수 있는 시스템을 소개한다.

1. 서론

최근 전자제품의 초소형화에 따라, PCB 기판위의 부품의 집적도를 높이기 위해, 기존의 리드대신 볼(ball)이 부품 밑면에 격자형태로 배열되어 있는 그림 1에 보이는 것과 같은 BGA(Ball Grid Array) 형태의 패키지가 많이 사용되고 있는 추세이다.

이러한 BGA는 한번 PCB 기판위에 장착되면, 외관검사가 불가능하기 때문에, 볼들의 위치나 크기, 높이검사 등의 품질검사가 사전에 필수적이다. 특히, 볼의 높이가 균일하여, 볼의 정점들이 하나의 평면에 있어야 하는 동평면성(coplanarity)은 매우 중요하다. (볼의 높이가 균일하지 않으면 볼의 높이가 낮은 볼들은 접촉이 제대로 안될 가능성이 매우 높기 때문이다.) 하지만, 일반적인 카메라에 의한 2차원 영상검사는 볼 위에서 본 볼의 크기(직경)만을 측정할 수 있기 때문에 정확한 볼의 높이를 측정하기 위해서는 3차원 측정기술이 요구된다. 또한, 3차원 측정기술 중에서, 볼에 손상이 가면 안되므로, 비접촉 3차원 측정기술이 요구된다.

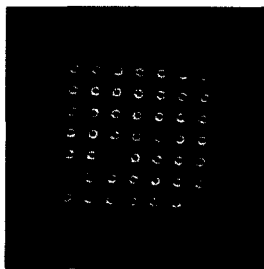


그림 1. BGA의 한 예

비접촉 3차원 측정기술[1]에는 여러 방법이 있으나, 슬릿광 slit ray) 삼각측량법에 의한 BGA의 볼 높이 측정방법을 본 논문에서는 이용하였다. 슬릿광에 의한 삼각측량법은 그림 2(a)와 같이 각도 α 로 슬릿광이 물체에 조사되어, 그림 2(b)와 같이 간격이 d 인 두 평행선을 포함하는 영상이 카메라로 취득되면, 물체의 높이 h 는 삼각법에 의해 $h = d \tan \alpha$ 로 주어진다. 물체 전체의 3차원 프로파일을 얻으려면, 카메라와 광원을 고정시키고, 물체를 광이 조사되는 방향으로 움직인다. 이때, 물체의 최대 가능 이동속도는 1라인의 높이 프로파일을 취득하는 속도에 비례한다.



(a) (b)
그림 2. 라인광에 의한 삼각측량 원리

슬릿광에 의한 삼각측량법은 1라인의 높이 프로파일을 얻으려면, 카메라가 1장의 영상을 취득하여, 영상처리에 의해 d 를 구하고, 다시 h 를 구하는 시간이 소요된다. 따라서, 컴퓨터가 최근 성능이 급격히 향상되어 영상으로부터 높이 프로파일을 얻는데 걸리는 영상처리 시간이 크게 줄었지만, 일반적인 카메라의 1장의 영상취득시간은 표준규격(NTSC)에 의해 33msec가 걸리게 되어 (1초에 33개의 라인 프로파일 취득 가능) 물체 전체에 걸쳐 높이를 측정하려면, 긴 시간이 요구된다. 예를 들어, 512

라인의 높이 프로파일을 얻기 위해서는 $0.33 \times 512 = 17$ 초가 걸리게 되어, 실시간 3D 검사가 불가능해진다.

본 논문에서는 초당 라인 프로파일 취득 속도가 4000 정도로 일반적인 표준규격의 카메라보다 100배이상 빠른 3D Smart Camera를 사용하여, BGA 칩의 높이 프로파일을 취득하고, 불표면에서의 빛의 난반사로 인한 에러 데이터를 영상처리에 의해 보정하는 기법을 소개한다.

2. MAPP Smart Camera [2]

MAPP Smart Camera는 스웨덴 IVP(Integrated Vision Products AB) 사의 제품으로, Smart Vision Sensor, embedded 프로세서, 호스트 PC와의 고속 직렬 통신 인터페이스로 구성된 독립형 machine vision system이다.

smart vision sensor는 CMOS image sensor, A/D converters, 범용 영상프로세서가 하나의 칩에 집적된 것이다. 내장된 프로세서 어레이는 128~512 병렬처리 소자를 갖는 SIMD(Single Instruction Multiple Data) 구조로서, 영상에서 한 줄(row)의 pixel들을 병렬로 동시에 처리한다. embedded 프로세서는 smart vision sensor를 제어하고, scalar 연산을 수행한다. MAPP 2500은 512x512 CMOS image sensor와 512개의 병렬처리소자를 가진다.

MAPP Smart Camera를 이용하여 고속으로 3D 데이터를 얻을 수 있다. laser diode로 라인(line)광을 조사하고, Smart Camera로 3D 프로파일 데이터를 삼각측량법에 의해 취득한다. 3D 프로파일 취득은 짧은 시간 내에 매우 많은 영상 데이터 처리를 요구하지만, Smart Camera의 병렬처리기능으로, MAPP 2500을 사용할 경우, 초당 4000-6000 라인의 높이 프로파일을 얻을 수 있다. 각 프로파일은 512 개의 높이값을 포함한다.

3. 3D 측정

BGA 3차원 측정시스템은 MAPP Smart Camera와 라인광을 조사하는 레이저 광원, BGA를 이동시키는 linear stage로 구성된다. 카메라에 장착되는 렌즈의 FOV(Field of View)는 측정대상인 BGA 볼의 크기에 따라 결정된다. 일반적으로 BGA 볼의 크기가 작아지면 FOV를 작게 하여야 요구되는 측정정밀도를 만족시킬 수 있다. 현재 실험에 사용한 FOV는 약 10mm로 약 20um/pixel의 높이 해상도를 가지며, 레이저 라인광의 선폭은 약 15um이다.

1) 기판 시작점 검출

BGA 칩이 리니어 스테이지에 의해 이동되면서 카메라의 시야범위를 지나갈 때 BGA의 시작점을 검출하여야 BGA 칩부분만의 3차원 데이터를 얻을 수 있다. BGA의 시작점은 불이 놓여있는 기판의 시작점을 뜻한다. 매 라인 프로파일을 분석하여 이 시작점을 검출한다.

2) 기판 높이 보정

BGA 볼의 높이를 측정하려면, 기판을 기준으로 볼의 높이를 구해야 한다. BGA를 스캔하여 3차원 데이터를 취득한 후, 이 데이터의 히스토그램을 구하면, 기판표면 높이에 해당되는 데이터들이 가장 큰 피크(peak)를 이루게 된다. 히스토그램에서 이 피크의 위치를 찾아 볼 높이 측정을 위한 기준으로 삼는다. 그림 3에 높이 히스토그램의 한 예를 보인다. 왼쪽의 큰 피크가 기판 표면의 높이에 해당되는 데이터이며, 이 피크의 왼쪽저점을 높이 측정의 원점으로 삼는다.

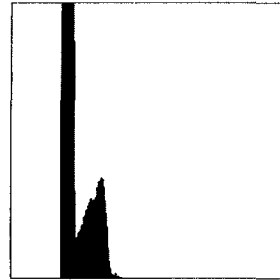


그림 3. 높이 히스토그램

3) Post-processing

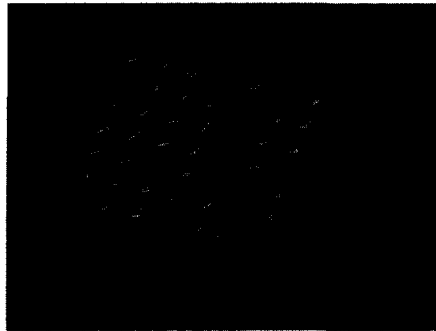


그림 4. BGA의 3D 데이터

BGA의 볼을 3D 스캔한 데이터의 한 예를 그림 4에 보인다. 이것은 그림 1의 BGA를 스캔한 것이다. 이 칩은 정상적인 볼의 직경은 0.45mm이며, 볼 2개가 없고, 볼 1개는 볼의 크기가 매우 크다. 레이저 슬릿광이 45도 각도로 조사되고, 볼들이 매우 근접해 있으므로, 라인광이 볼의 끝부분에서 카메라 방향으로 정반사가 일어나 3D 데이터에서 매우 큰 값을 갖는 경우가 빈번히 발생한다. 따라서, 이러한 에러데이터를 제거하는 clipping이 요구된다. 그림 5와 그림 6에 이 clipping 동작을 설명하였다. 그림 4와 같이 취득한 원시 3D 영상, $H(x,y)$ 을, 각 x 값에 대해 y 축 방향으로 스캔하면서, 반사면으로 진입하는 상단취득점과 하단취득점을 구한다. 상단취득점은 $H(x,y) > T$ 이고 $H(x,y+1) < T$ 인 (x,y) 로 구하고, 하단취득점은 $H(x,y) < T$ 이고 $H(x,y-1) > T$ 인 (x,y) 로 구해 이 두 점을 이어 보정선을 얻는다. 여기서 T 는 가능한 볼의 최대 높이보다 큰 값으로 설정한다. 3D영상 전체에 대해

스캔을 하게되면, 모든 반사선을 찾아 보정선으로 바꾸게 되고 보정선의 집합으로서 보정면을 얻을 수 있다.

clipping 작업 후 아직 남아있을 수 있는 spot noise를 없애고, 볼의 모양을 보다 부드럽게 하기 위해, morphological filter의 일종인 3x3 min filter[3]를 2회 적용한 후, 3x3 max filter를 2회 적용한다. min filter는 neighborhood 영역에서 가장 작은 값으로, max filter는 neighborhood 영역에서 가장 큰 값으로 치환하는 영상처리 기법이다. 이와 같은 후처리에 의한 보정작업이 이루어진 후의 데이터는 그림 7과 같다.

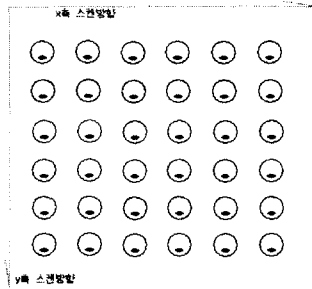


그림 5. clipping의 스캔방향

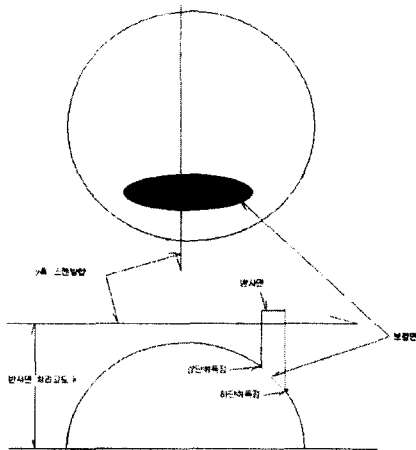


그림 6. clipping

4. 고찰

BGA 같은 반짝거리는(specular) 물체에 슬릿광에 의한 삼각측량법을 사용할 때, 고려해야할 몇 가지가 있다. BGA의 한 볼에서 반사된 후, 인접한 다른 볼에 다시 반사되어 image sensor에 들어오는, 간접적인 laser 반사에 대한 위험이 항상 존재한다. 이 경우, 주위의 데이터보다 크거나 작은 높이 값을 가지게 된다. 이러한 반사는 데이터 처리에 의해 쉽게 제거될 수 있다. 즉, BGA

기판보다 낮거나 어떤 정상적인 볼 반사보다 훨씬 크다면, 간접반사로 간주하고 제거한다. 또 하나의 주요 이슈는 기판의 낮은 반사율과 볼의 높은 반사율사이의 큰 차이가 있다는 것이다. 하지만, 기판의 높이는 단지 기준면으로서 의미를 가지므로, 기판 영역에서의 missing data는 허용될 수 있다.

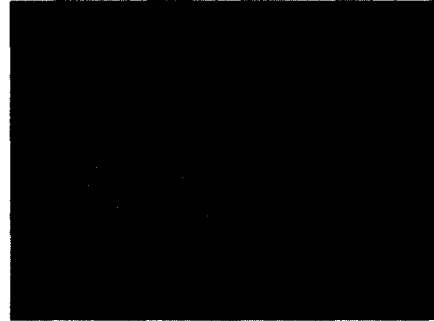


그림 7. 반사면 보정후의 3D 영상

가는 레이저라인의 생성은 고려해야 할 또 하나의 문제이다. 궁극적으로, 레이저라인의 폭은 파장에 의해 제한되는데, 현재 라인광원은 굵기가 10-20um 까지 나와 있다. (최근에는 굵기가 5um정도인 레이저라인광원도 등장하였다.) 하지만, 레이저라인이 영상에서 적어도 3 pixel이상의 굵기를 가져야 라인의 중심위치가 강건하게 추출될 수 있다.

5. 결론

최근 PCB 기판위의 부품의 집적도를 높이기 위해, 기존의 리드대신 BGA 형태의 패키지가 많이 사용되고 있다. BGA의 검사항목중 가장 중요한 항목인 볼 높이검사를 실시간으로 하기 위해서는 고속 비접촉 3차원 측정기술이 요구된다. 본 논문에서는 일반카메라보다 100 배이상 높이가 프로파일 취득속도가 빠른 3D smart camera와 레이저 슬릿광을 이용하여 고속으로 BGA 볼의 3D 프로파일을 얻은 후, 선형보정을 이용한 clipping과 3x3 min/max filter를 사용하여 인접한 볼표면에서의 난반사로 인한 에러 데이터를 보정하여 정확한 3D 영상을 취득할 수 있는 시스템이 제시되었다.

참고문헌

[1] 吉澤徹, 光三次元計測, 新技術 커뮤니케이션, 1993.
 [2] <http://www.ivp.se>
 [3] R. Crane, A simplified Approach to Image Processing, Prentice-Hall, 1997.