

Vision 을 이용한 MLGA Chip 장착시스템 개발

노병욱(선문대 산업공학과), 강판식*(선문대 대학원 기계공학과)

Development of Mounting System for MLAG Chip using Vision

B.O.Roh (Industrial Eng. Dept., SMU), P. S. Kang(Mechanical Eng. Dept., SMU)

ABSTRACT

In this study, the control of mounting system for MLGA package was developed using machine vision for the control of rotating position compensation and mounting position of X-Y table. Two type of material (polymer, alumina) were used for the dielectric insulator of the MLGA. And the illumination system and the algorithm of position compensation that be suitable for these materials was developed. Also, the position control order that compensated by machine vision actuated to micro stepping motor and X-Y servo motor by controlled PC and mounted the MLGA on PCB in resolution to $\pm 10 \mu m$.

Key Words : MLGA(멀티라인그리드어레이), Machine Vision(머신 비전), MLGA Package Mounting System(MLGA 패키지 실장 시스템), Angular Compensation Algorithm(각도 보정 알고리즘), Position Compensation Algorithm(위치 보정 알고리즘)

1. 서론

최근 전자정보통신의 기술의 발달에 따라 Package 부품의 기술발달도 한층 진보화 되어가고 있다. 이에 따라 기존 BGA(Ball Grid Array)보다 더 소형이며 다수의 전극을 형성할 수 있는 MLGA (Multiple Line Grid Array)가 시작품 형태로 개발되었다. 본 연구에서는 MLGA Package 를 PCB 에 실장 할 수 있는 MLGA 전용 Mounting System 의 제어를 Machine Vision 을 이용 장착 위치 보정과 실장시 X-Y 의 실장위치 보정을 수행하였다. MLGA 의 재질은 Polymer 재질로 된 제품과 Alumina 재질로 된 제품이 있어 이들 재질에 맞는 조명시스템과 위치 보정 알고리즘을 개발 하였다. 또한 Machine Vision 에 의해 보정된 위치 제어명령은 PC 에서 제어되는 Micro Stepping Motor 와 X-Y Servo Motor 를 구동하여 PCB 에 위치정밀도 $\pm 10 \mu m$ 의 오차 범위 내에서 실장되도록 하였다.

2. MLGA (Multiple Line Grid Array) Package

기존 BGA(Ball Grid Array)는 패키지용 기판 하부에 Solder Ball 이 붙어 있으며 이 Solder Ball 이 반도체 Chip 의 전기적 신호를 실장 Board 에 연결하는 외부 단자(I/O Connection)의 역할을 한다.

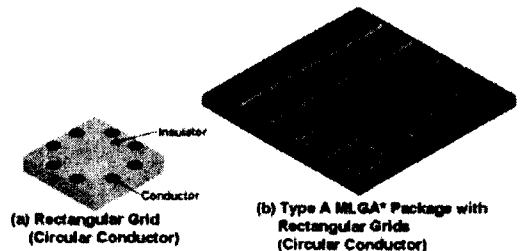


Fig. 1 Examples of MLGA Package and Grid

이에 비해, MLGA Package 는 Fig.1 에서 보여지는 것과 같이 Polymer 또는 Ceramic 으로 된 Grid 에 다수의 전극을 형성(MLG, Multiple Line Grid)한 것을 Array 상태로 BGA 의 Solder Ball 대신 패키지용 기판 하부에 붙인 것이다. 이렇게 Array 상태로 있는 MLGA 는 반도체 Chip 으로부터의 전기적 신호를 실장 Board 에 전달하는 외부단자의 역할뿐만 아니라 Fig. 2 와 같이 MLG 를 Resistors, Inductors, Capacitors, Transistors 와 같은 수동소자로 제작 활용 하므로써 반도체 Chip 과 실장 Board 사이의 전기적 특성을 정합할 수 있는 부가기능을 갖고있어 SiP (System in Chip)로 활용할 수 있는 신개념의 CSP (Chip Scale Package)이다. 즉, 기존의 패키지는 반도체 Chip 과의 전기적 특성 정합을 위해 실장 Board 에 별도의 수동소자를 붙이기 때문에 Chip 과 실장 Board 사이의 전기적 신호선의 길이가 길어지므로 신호전달 속도가 느리거나 혹은 고주파대역에서 임

피딩스 부정합의 문제를 갖는다.

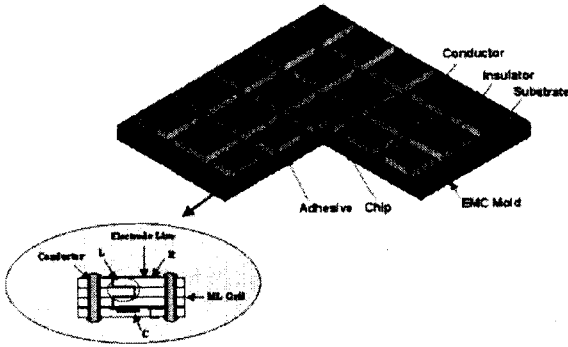


Fig. 2 Example of Grids with Circuit Elements (Identical Pitch for Both Sides)

또한 별도의 수동소자를 실장 Board 에 붙이기 위한 공간이 필요하므로 전자제품의 경박단소화에 어려움이 있다. 그러나 MLGA Package 는 수동소자를 MLG 내에서 처리하므로써 반도체 Chip 과 실장 Board 사이의 전기적 신호선의 길이가 아 고속 신호 전달이 가능하며 별도의 수동소자를 Board 에 붙이지않아도 되므로 Board 면적이 감소되어 전자제품의 경박단소화에 크게 기여할 수 있다.

본 연구에서는 상기의 특성을 지니고 있는 MLGA 를 PCB 에 실장하기 위한 MLGA 전용 실장기를 Machine Vision 과 고정밀위치제어기술을 활용하여 개발하였다. 본 연구에서 사용된 MLGA 의 외관은 Fig.3 와 같다.

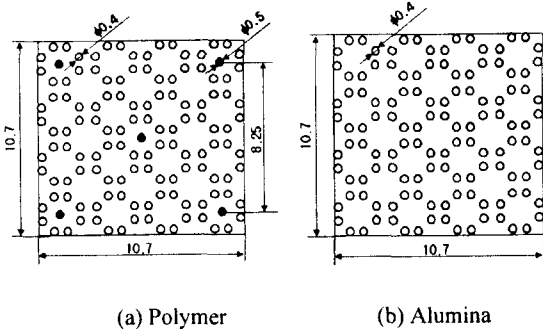


Fig.3 Shape of MLGA Package

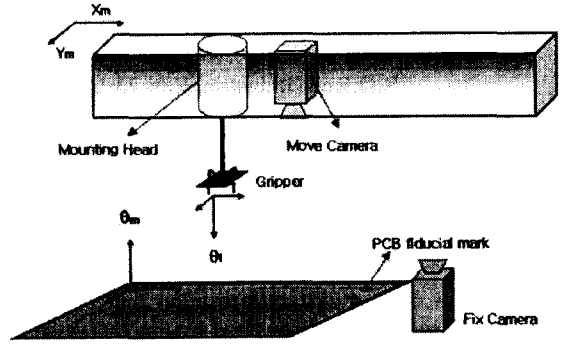
3. MLGA 장착위치 보정 알고리즘

장착위치 보정은 크게 장착각도(θ)보정과 위치보정(Position)으로 나뉘어진다. 장착위치 보정은 작업대상 PCB 의 틀어짐과 Gripper 에 부품 흡착시 틀어짐을 Mounting Head 에 장착된 Move Camera 와 Gripper 에 있는 부품을 인식하는 Fix Camera 를 이용하여 Gripper 부품과 작업 PCB 의 장착위치를 일치시키도록 하는 일련 과정이다. 각도 보정과 위치 보정은 서로 독립

적으로 수행하며 각도 보정 후 위치 보정작업을 수행한다.

3.1 각도 보정 알고리즘

각도 보정은 Mounting Head 에 부착된 Micro Step Motor 를 0.01° 단위로 제어하여 수행한다. 이를 위하여 Mounting Head 에 장착된 Move Camera 는 PCB 보드의 fiducial mark 를 인식하고 Fix Camera 는 Gripper 흡착



부품을 인식하게 된다.

Fig. 4 The Schematics of the mouter for MLGA package

Fig.4 에서와 같이 Mounting Head 는 X_m 의 방향으로 직선운동을 하게되므로 좌표축 X_m 을 reference 로 설정한다. Mounting Head 에 장착된 Move Camera 는 Gripper 와 함께 직선운동을 하게 되므로 PCB 상의 두 점을 인식하면 좌표축 X_m 에 대하여 PCB 의 틀어짐 각도 θ_m 을 알 수 있다. 마찬가지로 아래에 부착된 Fix Camera 를 이용하여 Gripper 에 흡착된 Grid 를 X_m 좌표계로 일정거리만큼 이동시켜 인식시키면 X_m 에 대한 상대 틀어짐각도 θ_f 를 알 수 있다. 따라서 Mounting Head 의 Moving 좌표계 X_m 에 대하여 Grid 와 PCB 의 상대적인 틀어짐은 (식 1)과 같다. 즉, Gripper 에 장착된 Grid 를 Micro Step Motor 를 이용하여 θ_r 만큼 틀어주면 PCB 각도와 Grid 각도를 일치시킬 수 있다.

$$\theta_r = \theta_m + \theta_f \quad (\text{식 } 1)$$

3.2 위치보정 알고리즘

위치보정은 장착할 Grid 의 중심과 장착할 PCB 의 중심을 일치시키기 위하여 수행하는 Calibration 이다. Grid 가 장착될 PCB 에는 각 Grid 가 놓여질 위치마다 Fiducial Mark 가 있으며 이 Fiducial Mark 를 이용하면 놓여질 Grid 의 중심 위치를 알 수 있다. 그러나 Gripper 에서 Grid 를 진공흡착 시 Grid 의 틀어짐으로 인하여 Fix Camera 를 이용하여 Grid 의 중심을 인식할 필요가 있으며 Fix Camera 에서 인식된 Grid 중심과 Move Camera 에서 인식된 PCB Grid Fiducial mark 간의 상관관계를 구하여야 한다. 이를 위하여 Fig.5 과 같이 시스템 Teaching 과 Running Mode 를 설정한다.

Teaching Mode 에서는 시스템 Calibration 시 필요한 Parameter 값을 얻기 위하여 임의의 위치에 Grid 를 장착한다

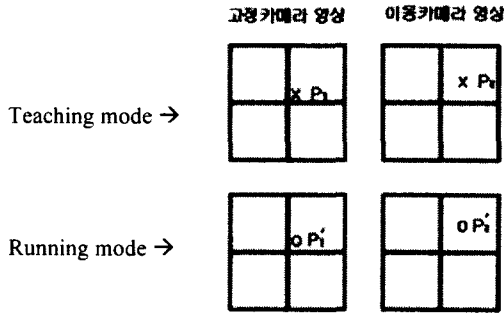


Fig.5 System teaching and running mode for sensing of the relation between Grid center and PCB Grid Fiducial mark

Gripper 를 Part Feeder 에서 Grid 를 흡착한 후 Fix Camera 를 이용하여 장착된 Grid 의 중심 P_1 을 구한다. 이 Grid 를 임의의 위치에 장착한 후 Mounting Head 를 Δ_1 만큼 이동시켜 Grid 의 중심위치 P_2 를 Move Camera 로 인식한다. 이를 (식 2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_2 = P_1 + d \quad (식 2)$$

Running Mode 에서는 실제 Grid 장착 시 인식할 고정카메라에서의 Grid 중심을 P_1' 이라 하고 Δ_1 만큼 Mounting Head 이동 시 이동카메라에서의 Grid 중심을 P_2' 이라 하면 (식 3)과 같이 나타낼 수 있다. 즉, Δ_1 이 일정할 경우 Mounting Head 는 강제운동을 한다고 가정할 수 있으므로 d 는 항상 일정한 값이 된다. 이때 Fig.6 과 같이 좌표계를 설정할 수 있다.

$$P_2' = P_1' + d \quad (식 3)$$

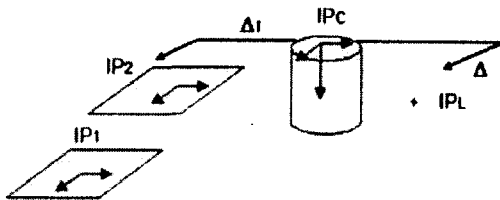


Fig. 6 The system of coordination for teaching and running mode

IP_1 은 Fix Camera 위치에서의 Grid 중심좌표이다. IP_2 는 Gripper Nozzle 에서의 Grid 중심좌표이며 IP_c 는 Camera 중심 좌표, IP_L 은 Grid 가 놓여질 위치의 좌표

이다. 이와 같이 좌표계 설정시 (식 4), (식 5)와같이 나타낼 수 있다.

$$IP_1 = \Delta_1 + P_2 + IP_L \quad (식 4)$$

$$IP_L = IP_c + \Delta \quad (식 5)$$

P_2 는 Move Camera 에서 얻은 Grid 중심 위치이며 Δ_1 은 Gripper Nozzle 과 Move Camera 사이의 Offset 이다. (식 4), (식 5)에서 다음 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} IP_2 &= IP_L - \Delta + \Delta_1 + P_1 \\ &= IP_L - \Delta + \Delta_1 + P_1 + d \\ \therefore IP_L - IP_2 &= \Delta - \Delta_1 - P_1 - d \quad (식 6) \end{aligned}$$

즉, Gripper 에 장착된 Grid 와 PCB 에 놓여질 위치 (식 6)로 표현될 수 있다. 이때 Δ 는 PCB Cad Data 에서 얻을 수 있는 상수이고 Δ_1 과 d 는 Teaching Calibration 을 통하여 구해지는 Parameter 이며 실제 Running 시에는 P_1 값만을 Fix Camera 에서 얻으면 Grid 가 놓여질 장착위치를 구할 수 있다.

3.2.1 Polymer Grid 인식 알고리즘

Polymer Grid 는 Vision 인식을 위하여 Fig.7 와 같이 Grid 위에 5 개의 Mark 를 가지고 있다.

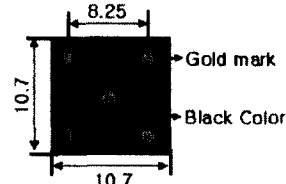


Fig. 7 Polymer Grid

위치보정용 중심위치 검출을 위해 중앙의 Mark Center 를 Vision 을 통하여 인식하게 되고 틀어짐 검출을 위하여는 동일한 Mark Center 검출방법을 이용하여 두 점을 구하고 이를 통한 직선 기울기로서 틀어짐 각도 θ 를 구하게 된다.

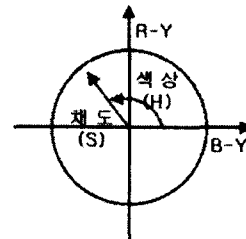


Fig. 8 The color signal (C1,C2) and brightness(Y) on the R,G,B signal

시스템은 Color CCD Camera 를 사용하여 Color 정보를 처리하므로 다음과 같은 전처리 과정을 수행한다. R,G,B 신호에서 휘도신호 Y와 색신호 C_1, C_2 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.3R+0.59G+0.11B \\
 C_1 &= R-Y = 0.7R-0.59G-0.11B \\
 C_2 &= R-Y = -0.3R-0.59G+0.89B \quad (\text{식 7})
 \end{aligned}$$

여기서 휘도신호 Y는 흑백영상의 농담값에 해당하며 색을 표현하기 위하여 다음과 같이 나타낸다. Fig.8 에서와 같이 Color 값은 색상과 채도로 표현하게 되며 아래와 (식 8), (식 9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{색 상 (H)} : H = \tan^{-1}(C_1/C_2) \quad (\text{식 8})$$

$$\text{채 도 (S)} : S = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} \quad (\text{식 9})$$

Polymer Grid의 Gold mark는 Yellow 성분이며 이때 $H=173^\circ$ 이므로 흑백영상의 농담값 Y 또는 H 값을 이용하면 적정 임계값 설정이 가능하다. Mark 중심을 구하는 Flowchart는 다음과 같다.

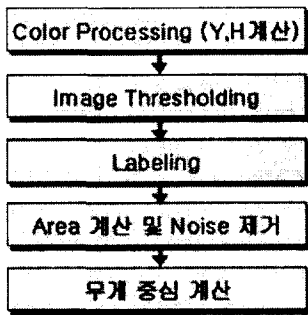


Fig. 9 Flowchart for detection of the mark Center

3.2.2 Alumina Grid 인식 알고리즘

Alumina Grid 재질 특성상 Grid 위에 Vision Processing 용 Mark 를 삽입하기 용이하지 않으며 Mark 색깔도 Silver로 제한적이다. Alumina Grid는 흰색을 띄므로 Silver Color mark의 특성이 뚜렷이 나타나지 않으므로 Polymer Grid와 다른 방식으로 Grid의 중심과 틀어짐 각도를 검출한다.

Alumina Grid는 흰색 Color를 가지므로 검정 배경과 뚜렷한 농담차이를 보인다. 따라서 Edge 검출을 통한 직선 추출로서 중심과 틀어짐을 구한다.

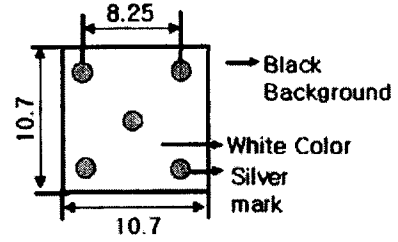
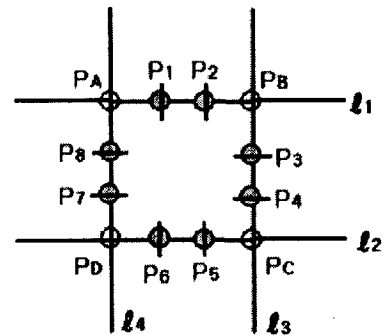


Fig. 10 Alumina Grid

Fig.11 에서와 같이 알루미늄 Edge 점을 검출하여 이로부터 이루어지는 직선 $l_1 \sim l_4$ 를 구하고 각 직선의 교점 $P_A \sim P_D$ 를 구하게 된다. 이때 Grid의 중심 P_{center} 과 틀어짐 각도 θ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{center} = \frac{P_A + P_B + P_C + P_D}{4} \quad (\text{식 10})$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{P_{2y} - P_{1y}}{P_{2x} - P_{1x}}\right) \text{ or } \tan^{-1}\left(\frac{P_{5y} - P_{6y}}{P_{5x} - P_{6x}}\right) \quad (\text{식 11})$$



$P_1 \sim P_8$: Edge 검출 Point

$P_A \sim P_D$: 두 직선의 교점 Point

$l_1 \sim l_4$: $P_1 \sim P_8$ 로 이루어지는 직선

Fig. 11 Edge detection of the Alumina Grid

4. MLGA 장착시스템 개발

Fig.12와 Fig.13은 개발된 Mounting System의 Block Diagram과 사진을 보이고 있다. Fig.12에서 알 수 있듯이 MLGA Mounting System은 MLGA를 Part Feeder에서 Gripper로 공급하기 위한 Part Feeder Motor,와 Gripper에 장착된 MLGA의 회전위치오차를 보정해주는 Micro Stepping Motor로 구성되어 있다. 또한 회전 위치 보정 후 X-Y Stage를 이용 PCB에 MLGA의 장

작동작을 구현하기 위한 XY Servo Motor가 있으며 이들 동작은 PLC를 통해 Machine Vision 기능을 수행하는 PC와 Interface되어 있다. PC에서는 DSP Board를 통해 Machine Vision 기능을 수행하며 2대의 Camera의 화상정보를 해석한다.

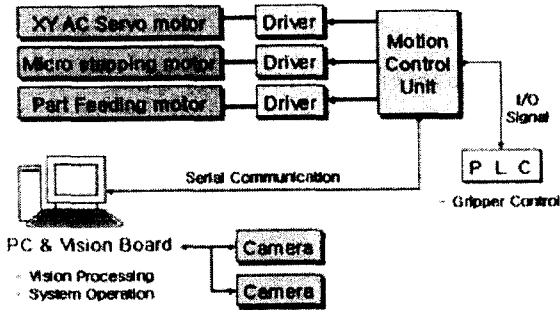


Fig. 12 Block Diagram of MLGA Mounting System

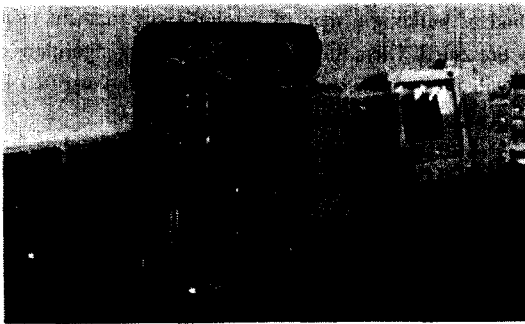


Fig.13 Photograph of MLAG Mounting system

5. 결론

본 연구는 MLGA를 PCB에 $\pm 10 \mu\text{m}$ 의 분해능으로 정밀장착할 수 있는 MLGA 전용 Mounting System을 개발하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) MLGA를 장착하기 위해 Gripper로 부품 Loading시 발생하는 Gripper의 회전오차를 개발된 각도보정 알고리즘을 이용 회전각도 수정이 가능하였다.
- (2) MLGA를 PCB에 장착시 Polymer Grid와 Alumina Grid를 각각의 위치보정 알고리즘을 이용하여 X-Y 위치제어 정밀도를 $\pm 10 \mu\text{m}$ 이내에서 장착할 수 있었다.

향후에는 더욱 소형화된 개별 Grid 형태의 MLGA용 전용 Mounting System도 개발 예정이다.

참고문헌

1. Young Soo Kim and Chong K. Yoon, "Multiple Line Grid Array (MLGA) Package," 2000 International Conference on High-Density Interconnect and Systems packaging 4. pp10-13., May., 2000.
2. Pitas, "Digital image processing algorithms", prentice hall, pp 189-206, 1993
3. Gonzalez, "Digital image processing", Addison Wesley, 1992
4. Hara, "Automatic inspection system for printed circuit board", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, val. PAMI-5, no. 6, Nov., 1983.