

지능인식모델을 이용한 이형부품의 비전 정렬기에 관한 연구

김종원¹, 조영준^{2*}

¹한국기술교육대학교 기전융합공학과, ²한국폴리텍대학 분당융합기술교육원 시응용소프트웨어과

A Study on Vision Alignment of a Dissimilar Components Pick and Place machine with the AI Recognition Model

Jongwon Kim¹, Youngjoon Cho^{2*}

¹Department of Electromechanical Convergence Engineering, Korea University of Technology and Education

²Department of AI Application Software, Bundang Convergence Technology Campus of Korea Polytechnic

요약 반도체 부품으로 PCB를 제조하는 자동화 공정은 부품 공급 장치와 부품 정렬 및 삽입 장치로 구성된다. 피더는 한 가지 종류의 부품을 지속적으로 공급하고, 얼라이너는 공급된 부품의 상태를 확인하고 오류를 수정한 후 계산된 삽입 위치로 부품을 이동시킨다. 따라서 다양한 유형의 부품을 사용하여 PCB를 생산하려면 수많은 피더와 사전 계산된 정렬 장치의 반복적인 설정이 필요하다. 본 연구에서는 정렬 장치에 내장된 비전 정렬 시스템에서 부품 인식과 정렬 오류 수정을 동시에 가능하게 하는 광범위한 이형부품 삽입장치를 사용하여 서로 다른 부품을 정렬하는 방법을 탐구한다. 인공지능 인식 모델을 활용해 부품을 인식하고 인식된 부품의 정렬 오류를 수정하여 부품의 종류와 형태에 상관없이 자동으로 PCB에 삽입하는 방식이다. 개발된 방식은 피더와 얼라이너의 수량을 최소화하고, 공급되는 부품 종류에 따른 얼라이너 설정 과정을 생략하여 PCB의 다품종 소량 제조공정에 적합하다.

Abstract The automated process of manufacturing PCB boards with semiconductor components consists of a component feeder and a component alignment and insertion machine. The feeder supplies one type of component continuously, and the aligner checks the condition of the supplied components, corrects errors, and moves the components to the calculated position for insertion. Therefore, the production of PCB using various types of components requires the repetitive setup of numerous feeders and pre-calculated aligners. This study evaluated a method for aligning dissimilar components using a wide-range component feeder, enabling the simultaneous recognition of components and the correction of alignment errors in the built-in vision alignment system of the aligner. This method utilizes an artificial intelligence recognition mode to recognize components and automatically inserts them, regardless of the type and shape of the supplied components, by correcting alignment errors. The developed method minimizes the number of feeders and aligners, eliminating the setup process for aligners based on the type of supplied components, making it suitable for the low-volume manufacture of multi-variety PCB.

Keywords : PCB Chip-mounter, Pick-and-Place, YOLOv8, AIRM, Dissimilar Component

본 논문은 2023년도 한국기술교육대학교 교수 교육연구진흥과제 지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Youngjoon Cho(Korea Polytechnics)

email: samcho2017@kopo.ac.kr

Received February 6, 2024

Revised March 7, 2024

Accepted March 8, 2024

Published March 31, 2024

1. 서론

PCB 보드를 제작하는 반도체 자동화 조립공정에는 특정 부품을 지속적으로 공급하는 부품 공급 장치(Feeder)와 Feeder로부터 공급받은 부품을 PCB 보드에 삽입하는 정렬장치(Aligner)로 구성되어 있다[1]. 특정 PCB를 제작함에 있어서 해당 보드에 사용되는 각종 부품은 최대한 규격화 되어 Feeder 한 대가 한 종류의 부품을 공급하고 해당 부품이 모두 삽입되어 종료할 때까지는 다른 종류의 부품 삽입 공정을 진행할 수 없다는 문제가 있다. 다양한 부품을 사용하여 조립되는 PCB의 경우, 다양한 부품을 원활하게 삽입하기 위해서 여러 대의 Feeder를 하나의 레인에 연결하여 5~6종의 부품을 자동으로 삽입하는 과정을 한 세트르 정의하여 Aligner를 운용하고 있다. 이때 Feeder에 사용 대상 부품을 순서에 맞게 세팅하고, Aligner 내부에는 세팅된 부품의 순서에 맞게 오삽입 보정 정보와 절차를 적용하여 계산된 순서에 따라 자동 운용한다. 따라서 특정 PCB 보드를 제작함에 있어서 사용되는 부품의 종류와 수량에 따라 Feeder의 수 및 Aligner의 세팅 시간은 비례하여 증가하고 이는 전체 PCB 제작 공정의 지연 요소로 작용되고 있다. PCB 보드의 대량생산이 줄어들고 다품종-소량생산의 PCB 보드 제작 공정을 운용하게 되면 이런 공정의 지연은 생산성 효율 저하 및 고급인력의 활용 저하로 이어지게 된다[2].

본 연구는 범용 이중부품 공급기를 가정하여 다양한 크기와 종류가 다른 부품들이 순서 없이 공급되는 다품종 생산을 위한 PCB 제조공정에서 기존의 Aligner 구조를 특별히 구조변경 없이 Aligner 운용 순서와 비전 검출 과정에서의 부품 위치 오차 보정 방법을 변경하여 이중 부품을 인식하고 위치 오류를 보정하여 자동으로 공정을 운용할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. AIRM을 이용한 부품의 인식

2.1 이형부품의 Pick and Place 메커니즘

PCB 제작을 위한 부품 정렬 삽입 장비(Pick and Place)는 특정 한 종류의 부품을 모든 PCB 보드에 삽입하고 다음 부품을 삽입하는 형태의 공정을 운용하고 있다.



Fig. 1. Pick and Place machine for PCB board

사용되는 부품의 종류에 따라 생산성 향상을 위한 Pick and Place 장비를 여러 대 운용하여 부품의 종류를 중심으로 해당 Board의 생산에 필요한 최적의 제조 스케줄을 고려하여 Fig. 1과 같이 운용한다. Pick and Place 장비 내에는 Feeder로부터 공급되는 부품을 삽입하기 위하여 비전 모듈과 Mechatronics Robot으로 구성된 Aligner 모듈이 Fig. 2와 같이 구성되어 있다. 비전 카메라와 백색 조명을 이용한 부품인식 모듈의 환경은 Picker에 의해 이송된 이형 부품(정렬오류를 포함)을 AIRM에 의해 Image 차원의 정보를 최소한의 광원잡음을 고려하여 구성되어 있다[3].

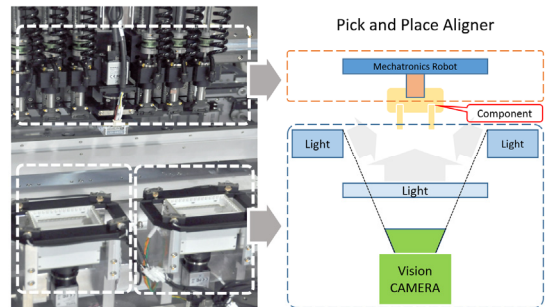


Fig. 2. Vision aligner in Pick and Place machine

사용되는 이형 부품은 Fig. 3과 같이 그 종류와 형태가 다양하고, 구조적인 크기의 다양성으로 인하여 Fig. 2의 Mechatronics Robot이 주로 Gripper에 의해 부품을 Feeder에서 비전 모듈로 옮겨서 위치 보정을 실시한다. 위치 보정이 완료되면 PCB 보드에 부품을 실장 하게 된다.

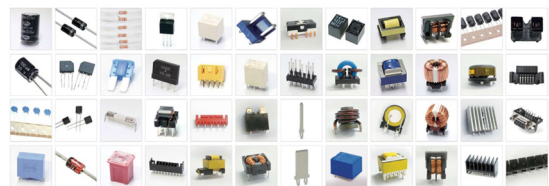


Fig. 3. The dissimilar components.

2.2 AIRM의 구조와 운용

Fig. 4의 적색 사각형 영역은 AIRM의 구조에 대한 블록도를 나타내고 있으며, 기존의 객체 인식 모델을 활용하여 Ideal Image에 대한 선행 학습(Pre-learning)을 통해 Pin에 대한 데이터 셋을 확보한다. Mechatronics Robot에 의해 Vision Aligner에 옮겨진 이형 부품은 PCB에 실장 되기 위하여 부품의 바닥면을 X, Y 평면으로 촬영하고, 촬영된 이미지 내에서 부품의 핀(Pin)을 검출해야 한다. 다양한 이형부품이 무작위로 공급되는 환경에서 실시간으로 공급되는 부품을 빠르게 인식하고 인식된 부품의 Pin을 검출하기 위해서는 인식 모델이 필요 한데 본 연구에서는 YOLOv8 모델을 기본으로 활용하였다[4,5].

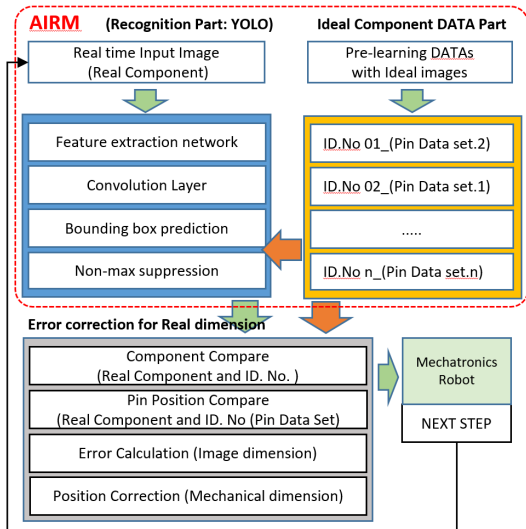


Fig. 4. The AIRM structure and processing steps.

YOLO 인식모델을 반도체 제조 환경에서 활용하기 위하여 모델 학습을 위한 데이터 이미지를 확보해야 한다. 해당 Pick and Place 장비에 공급되는 각종 부품 (42종)의 X, Y 평면에서의 이미지를 획득하고 이를 각각의 Class로 구분하여 각 부품의 고유 ID를 생성한다. 각각 생성된 Class 내에 실제 장비 환경에서 촬영한 Pin의 이미지를 학습을 위한 DATA로 확보하여 해당 부품별 Pin으로 학습데이터를 확보한다. 확보된 DATA를 YOLO 인식모델에 적용하여 해당 부품을 인식하고, 인식된 부품의 Pin 위치정보를 획득한다.

확보된 DATA를 이용하여 YOLO 인식모델의 학습을 통해 Fig. 5와 같이 입력된 부품의 Pin 위치정보(빨간색)

를 획득한다. 보통의 이형부품 Mechatronics는 Vision Aligner로 부품을 이송하게 될 때 Mechatronics Robot의 Picker와 Gripper의 기계적 공차에 의해 Fig. 5와 같이 정확한 정렬이 이루어지지 않는다[6].

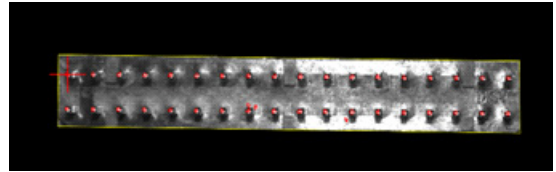


Fig. 5. Component recognition.

3. 비전(vision)을 이용한 부품 정렬

3.1 부품의 위치(Position) 오류의 보정

Mechatronics Robot에 의해 Vision Aligner에 옮겨진 이형 부품은 PCB에 실장되기 위한 위치보정 과정을 거친다. 이를 위하여 부품의 바닥면을 X, Y 평면으로 촬영하고, 촬영된 이미지 내에서 부품의 Pin을 인식하여 위치정보를 추출하게 된다. 심층신경망을 이용한 부품의 인식 방법을 통해 공급된 부품의 Pin의 개수와 형태 및 위치를 이미지 내에서 검출하여 indexing 한다[7].

일반적인 Mechatronics Robot은 Feeder로부터 부품을 이송할 때 Feeder와 Aligner 사이의 기계적 기구 공차로 인하여 미세한 위치 오류가 발생하게 되고, 특히나 부품의 Pin에 이상이 있거나 부품이 갖는 Pin의 개수가 조밀하고 많을수록 정밀한 오류 보정이 필요하다.

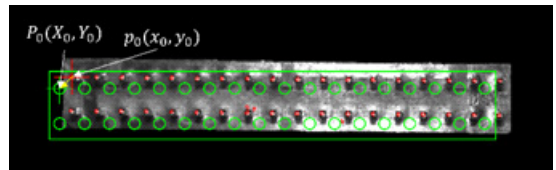


Fig. 6. Component position errors.

Fig. 6은 극단적인 형태의 오류를 보여주고 있다. Ideal DATA를 통해 해당 부품 Pin의 정위치 (녹색마크, $P_0(X_0, Y_0)$)를 기준으로 현재 입력된 부품의 Pin 위치(적색마크, $p_0(x_0, y_0)$)를 Image Dimension 내에서 일치시켜 정렬할 수 있다. 이때 정렬을 위한 기준 Pin은 Ideal Data내에 저장하고, 이미지 좌표값이 $P(0, 0)$ 에 가까운 Pin을 정의하여 정의된 Pin이 갖고 있는 이미지 좌표값을 이용한다.

이때 획득된 이미지 상에서의 해당 부품은 고정된 카메라의 실제 위치점을 기준으로 X, Y 방향으로의 이동 (ΔX , ΔY)과 중심좌표와의 회전각($\Delta\theta$)을 계산하기 위한 Pin의 Indexing 및 각 Pin의 위치 값을 인식한다.

부품의 올바른 정렬을 위해서는 Fig. 7에서 나타낸 바와 같이 X, Y 평면에서의 부품이동과 해당 부품의 회전각 오류를 계산해야 한다. 따라서 부품의 모든 정렬은 2 단계를 통해 완성되며, Eq. (1)-(3)을 이용하여 1단계 X, Y 평면의 정렬 거리를 계산한다.

$$P_0(X_0, Y_0) = p_0(\Delta x + x_0, \Delta y + y_0) \quad (1)$$

$$\Delta x = x_0 - X_0 \quad (2)$$

$$\Delta y = y_0 - Y_0 \quad (3)$$

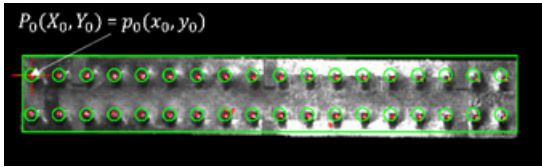


Fig. 7. Complete of the Position error.

3.2 부품의 회전(Rotation) 오류의 보정

2단계는 부품의 회전 오류를 보정해야 한다. Fig. 8과 같이 부품의 회전오류는 Ideal Data로 부터 얻어진 기준점(녹색마크, $P_0(X_0, Y_0)$)을 중심으로 X점좌표가 값이 가장 큰 Pin (적색마크, $p_i(x_i, y_i)$)의 방향의 위치 거리가 가장 큰 Pin의 거리를 근거로 회전각 오차(θ)를 Eq. (4)를 이용하여 계산한다[8].

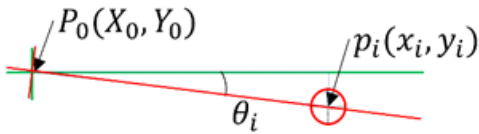


Fig. 8. Rotation error correction of the component.

$$\Delta\theta_i = \arctan\left(\frac{y_i - Y_0}{x_i - X_0}\right) \quad (4)$$

하지만 PCB 보드에 부품이 삽입되는 것은 보드를 통과하는 Pin의 원활함과 삽입된 Pin과 보드 사이에 납이 녹아 전기적인 연결 상태를 만들어야하기 때문에 Pin의 지름(R_p)은 보드 홀의 지름(R_h)보다 반드시 작아야 Pin과 홀 사이에 납이 스며들어 전기적인 연결 상태가 완성될 수 있다.

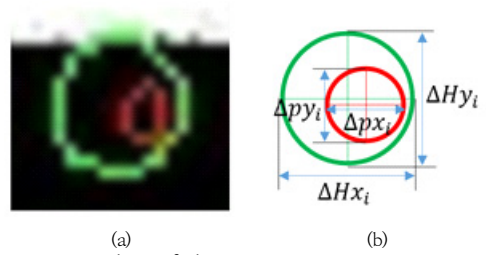


Fig. 9. Complete of the pin position error correction.
(a) Align State (b) Align Position

따라서 실제 Pin은 AIRM에 의해 인식된 보드의 Hole 내부에 안전하게 안착되어 있다면 정렬이 완료되었다고 볼 수 있다. Eq. (4)를 만족하고 모든 Pin의 비전 이미지 정렬 상태가 Fig. 9와 같다면 정렬이 완료되어 Mechatronics Robot에 정렬오류 데이터를 송신하여 최종적인 삽입이 이루어진다.

4. 결론

이형 부품 삽입 장비에 공급된 부품은 무작위 부품으로서 어떤 부품인지에 따라서 최종적인 정렬이 완성된다[9]. 정렬을 위한 기계기구적 공차는 해당 부품의 제조사를 통해 명확히 알 수 있으며, 본 논문에서 활용된 부품과 같이 Pin의 간격과 조밀성에 따라서 허용 공차는 매우 작을 수 있다. 최종적으로 조건을 만족하면 Fig. 10과 같이 허용 공차가 포함된 최종 부품의 삽입 여부를 본 논문에서 활용된 부품과 같이 Pin의 간격과 조밀성에 따라서 허용 공차는 매우 작을 수 있다. 최종적으로 조건을 만족하면 Fig. 10과 같이 허용 공차가 포함된 최종 부품의 삽입 여부가 확인되어 Machine Robot의 기계적 좌표에 의해 PCB 보드에 부품이 삽입된다.

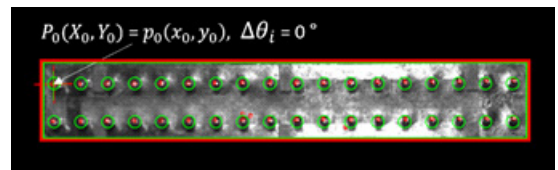


Fig. 10. Complete of the component align.

기존의 PCB 제조장비는 제작 대상 PCB에 사용되는 부품의 종류와 수량에 따라 Feeder를 연결하고, 각 부품의 삽입에 필요한 제조계획을 작성하여 해당 기기의 프로그램에 의해 제조설비를 운용한다. 동일한 부품이 많이 사용되는 PCB 제조의 경우에는 좀 더 쉬운 장비 세팅

을 통해 장비의 운용이 가능하나, 이형 부품의 종류가 많고 대상 PCB의 수량이 적은 경우에는 부품공급을 위한 Feeder의 상태도 함께 제조설계에 고려해야 해서 복잡하고 오류를 유발하는 요소도 많다.

AIRM을 이용한 자동 부품 인식 및 비전 정렬방법은 다양한 부품을 공급할 수 있는 범용 Feeder와 해당 부품의 제조사로부터 얻어진 부품의 형태 정보를 이용하여 장비에 맞는 정상 동작 및 정상 부품의 이미지를 학습하여 오폭급, 오삽입, 오인식 등의 오류 요소를 최소화하고, 제조에 필요한 스케줄 작업을 획기적으로 줄일 수 있으며, 해당 장비의 운용에 발생하는 여러 가지 상태를 자동으로 모니터링 할 수 있는 장점을 가질 수 있다.

본 논문에서는 AIRM을 이용한 PCB 제조장비의 이해를 돕기 위하여 부품의 Ideal image 및 정렬과정을 Fig. 1~10을 통해 순서에 맞추어 정렬과정과 상태조건을 표현하였으나 실제 장비에서는 해당 과정을 시각적으로 표현할 필요성이 없어 부품의 이동과 동시에 부품의 자동 인식과 부품에 해당하는 기계적 정렬을 위한 과정(계산)이 1개의 스텝에 이루어진다. 최종 정렬에서 부품의 회전각은 해당 장비의 기계적 회전 공차에 의해 최소값이 결정되므로 이미지를 통해 인식된 Pin의 정확한 위치점에 따른 정렬 각 $\theta_i = 0$ 을 정확히 만족하지 않을 수 있지만 공차의 범위 내에 있기 때문에 PCB 제조에는 문제가 없고, 이미지 연산을 통해 이루어진 기계적 오차 보정 값은 실제 부품이 삽입되기 위해 Mechatronics Robot의 부품 이동시간 내에 이루어지기 때문에 기존 장비의 기계적 처리시간에 영향을 주지 않는다.

해당 연구는 범용 Feeder가 개발되어 있지 않기 때문에 부품의 삽입에서 실장까지의 총 처리시간을 가름할 대상이 없으나, 동일 부품의 경우 Vision Aligner에서 PCB 실장까지의 시간지연 없이 기존의 장비와 동일한 Take-time 성능을 나타낸다.

향후 연구는 공급되는 부품의 정상 유무(고장난 부품의 공급)를 자동으로 인식하여 오삽입에 의한 PCB 보드의 파손과 및 Mechanical Robot의 보호기능을 갖는 AIRM으로 개선할 수 있을 것으로 생각된다.

References

[1] S. J. Park, "A Study on the Design of Small SMT Platform for Education", Journal of Platform Technology, Vol.8, No.1, pp. 24-32, 2020.
 [2] W. Y. Ohm, "Development of Remote Control Program

for Chip Mounter Reel Taping Machine", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 57, No.12, pp. 112-117, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.5573/ieie.2020.57.12.112>

[3] J. H. Han, Y. H. Seo, "Mechanism to minimize the assembly time with feeder assignment for a multi-headed gantry and high-speed SMT machine", International Journal of Production Research, Vol.55, No.10, pp. 2930-2949, 2017.
 DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1229071>
 [4] G. Jocher, A. Chaurasia, J. Qiu, "YOLO by Ultralytics (Version 8.0.0).", <https://github.com/ultralytics/ultralytics>, (accessed 2023)
 [5] A. MALLICK, P. DEL, P. Angel, E. CERVERA, "Deep learning based object recognition for robot picking task", Proceedings of the 12th international conference on ubiquitous information management and communication, pp. 1-9, 2018.
 DOI: <https://doi.org/10.1145/3164541.3164628>
 [6] V. C. Moulitanitis, N. A. Aspragathos, A. J. Dentsoras, "A model for concept evaluation in design—an application to mechatronics design of robot grippers", Mechatronics, Vol.14, No.6, pp. 599-622, 2004.
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2003.09.001>
 [7] T. H. Cho, "Recognition of Characters Printed on PCB Components Using Deep Neural Networks", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol.20, No.3, pp. 6-10, 2021.
 [8] H. H. Lee, D. J. Lee, M. G. Chun, "Alignment System for Display Panel using Edge Feature", Journal of The Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 25, pp. 260-265, 2015.
 DOI: <https://doi.org/10.5391/JKIS.2015.25.3.260>
 [9] J. W. Jeong, H. C. Tae, "Optimization Algorithm of Gantry Route Problem for Odd-type Surface Mount Device", Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, Vol.43, No.4, pp. 67-75, 2020.
 DOI: <https://doi.org/10.11627/jkise.2020.43.4.067>

김 종 원(Jongwon Kim)

[정회원]



- 2007년 8월 : KOREATECH 전기전자공학과 (공학박사)
- 2007년 8월 ~ 2016년 9월 : 개도국기술이전연구소 책임연구원
- 2016년 9월 ~ 현재 : KOREATECH 기전융합공학과 조교수

〈관심분야〉

지능제어, 융합기술, 산업응용 시스템

조 영 준(Youngjoon Cho)

[정회원]



- 2000년 2월 : KOREATECH 전기 전자공학과 공학석사
- 2024년 2월 : KOREATECH 전기 전자통신공학과 공학박사
- 2016년 7월 ~ 현재 : 한국폴리텍 대학 분당융합기술교육원 AI응용 소프트웨어과 부교수

〈관심분야〉

지능제어, 머신비전, 로봇