

# 산업용 PCB 제조를 위한 지능형 이형부품 삽입장치의 마이크로 그리퍼 대안에 관한 연구

국정근<sup>1</sup>, 김종원<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국기술교육대학교 기계설계공학과, <sup>2</sup>한국기술교육대학교 기전융합공학과

## A Study on Alternative Micro-gripper for Intelligent Dissimilar Component Placement-machine in Industrial PCB Manufacturing

Jeong-Keun Kook<sup>1</sup>, Jongwon Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Design Engineering, Korea University of Technology and Education

<sup>2</sup>Department of Electromechanical Convergence Engineering, Korea University of Technology and Education

**요약** 반도체 부품을 이용하여 PCB를 제조하는 PCB 조립 공정은 부품 공급기와 부품의 정렬 및 삽입 장치로 구성되어 있다. 부품 공급기는 한 가지 종류의 부품을 연속적으로 공급하고, 정렬장치는 계산된 위치좌표에 맞추어 동일한 부품의 이송 및 삽입을 반복적으로 수행한다. 이때 공급된 부품의 좌표 오류에 대하여 보정 과정을 거쳐 최종적으로 PCB에 부품을 삽입하게 된다. 최근에는 다품종 소량 PCB의 제조가 증가하고, 동일한 부품만을 공급하는 부품 공급기는 점차 이형 부품을 공급할 수 있도록 연구되고 있다. 따라서 기존의 계산된 위치좌표에 따른 반복적인 부품의 정렬 및 삽입 장치는 다양한 형태의 부품을 인식하고, 인식된 부품을 정확히 정렬하기 위한 범용적인 그리퍼가 필요하다. 본 연구는 산업용 PCB에 사용되는 다품종 소형 부품을 이용한 PCB 공정에 범용적으로 적용할 수 있는 마이크로 그리퍼에 관하여 연구하였다. 최근 이형부품의 자동 삽입기는 인공지능 제어를 이용하여 이형부품의 인식, 오류계산, 정렬, 및 이송 과정에 적용하고 있고 이러한 제조환경에서 발생하는 다양한 기계적 상태에 능동적으로 대응할 수 있는 범용적인 형태와 모양의 마이크로 그리퍼를 제시하고 이를 각 단계에 적용하기 위한 요소를 정의하여 그 활용 가능성을 검증 하였다.

**Abstract** Automated processes for manufacturing printed circuit boards (PCB) boards using semiconductor components consist of a component feeder and a component alignment and insertion device. A component feeder supplies one type of component continuously, while the alignment device performs the transfer and insertion of the same component repetitively based on calculated position coordinates by the setting up from the operator. In this process, corrections are made for any supply and coordinate errors, ultimately resulting in the insertion of components into the PCB. Recently, there has been an increase in the production of small batches of PCBs with various types of components, prompting research into component feeders capable of supplying heterogeneous components. Consequently, the traditional device for repetitive component alignment and insertion based on the calculated position coordinates requires a universal gripper capable of recognizing various types of components and accurately aligning them. This study assessed a micro-gripper that can be commonly used for various small components commonly used in industrial PCBs. Recently, automatic insertion machines for heterogeneous components have used artificial intelligence controllers for component recognition, error calculation, alignment, and transfer processes. This paper proposes a universal form and shape of the micro gripper in response to these changes and the resulting mechanical activities, identifying the elements necessary for its application at each stage and validating its potential utility.

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

\*Corresponding Author : Jongwon Kim(Korea University of Technology and Education)

email: kamuia1@koreatech.ac.kr

Received April 8, 2024

Accepted July 5, 2024

Revised May 21, 2024

Published July 31, 2024

## 1. 서론

Printed Circuit Board(PCB)를 제작하는 반도체 자동 조립 공정에는 특정 부품을 지속적으로 공급하는 공급기(Feeder)와 공급기로부터 공급받은 부품을 PCB에 삽입하는 정렬기(Aligner)로 구성된 Fig. 1과 같은 자삽기(Placement Machine)를 이용한다[1]. 특정 PCB를 제작함에 있어서 해당 PCB에 사용되는 각종 부품은 최대한 규격화 되어 한 대의 공급기는 한 가지 부품을 지속적으로 공급할 수 있다. 따라서 한 대가 한 종류의 부품을 공급하고 해당 부품이 모두 삽입되어 종료할 때까지는 다른 종류의 부품은 삽입 공정을 진행할 수 없다는 문제가 있다. 다양한 종류의 부품을 사용하여 조립되어야 하는 PCB의 경우, 다양한 부품을 원활하게 삽입하기 위해서 여러 대의 공급기를 하나의 정렬기와 결합하여 5~6종의 부품을 자동으로 삽입할 수 있도록 변경하여 5~6종의 부품을 한 세트(set)의 삽입공정으로 정의하여 정렬기를 운영하고 있다. 이 때 공급기를 통해 공급되는 5~6종의 부품은 부품의 종류에 따라 사용 대상 부품을 순서에 맞게 세팅하고, 정렬기 내부에는 세팅된 부품의 순서에 맞게 오삽입 방지를 위한 보정 기능 절차를 적용하여 계산된 순서에 따라 자동 운용한다[2]. 따라서, 특정 PCB를 제작함에 있어 사용되는 부품의 종류와 수량에 따라 공급기의 수 및 정렬기의 세팅 시간은 비례하여 증가하고 이는 전체 PCB 제작 공정의 지연 요소로 작용한다.



Fig. 1. Through-hole Mount Placement Machine for a PCB Manufacturing.

최근의 PCB 제조는 대량생산이 줄어들고 다품종-소량 생산의 제작 공정을 운용해야 하는 추세에 따라 기존의 장비를 최대한 활용하면서 다품종 소량생산 방식으로의 전환을 준비하고 있어 자삽기의 핵심요소인 마이크로 그리퍼를 이형부품 자삽방식이 가능한 형태로의 개발이 크게 요구되고 있다.

본 연구는 자삽기의 구성요소인 정렬기의 그리퍼를 대상으로 하고 있다. 해당 PCB에 사용되는 부품의 종류에 따라 표면실장(Surface Mount) 방식과 기판실장(Through-hole Mount) 방식의 자삽기로 구분되며 범용 공급기를 이용하는 다품종 부품을 위한 정렬기는 Fig. 2의 같은 체포형(Pick-up) 마이크로 그리퍼(Micro-griper)를 이용해야 한다.

다품종 이형 부품을 대상으로 활용될 정렬기의 그리퍼(Griper)는 부품의 표면 평탄도에 기인하여 활용되므로 석션형(Suction type)이 부적합하고, 기존의 체포형 그리퍼는 형태와 모양이 서로 다른 부품이 공급기 레인(Lane)을 따라 변화하기 때문에 기존의 체포형 그리퍼의 사용도 부적합하다. 또한, 인공지능 기반의 정렬 오류 보정 방식이 적용될 수 있는 기계기구적 요소가 만족될 수 있는 새로운 형태의 마이크로 그리퍼가 필요하다[3,4].

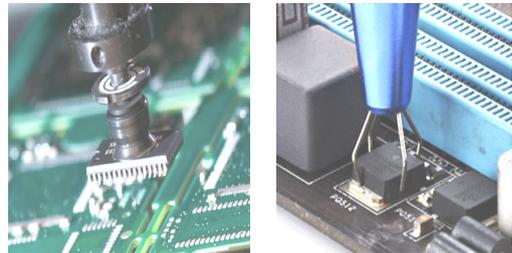


Fig. 2. Two types of Micro-griper (Suction and Pickup).

## 2. 지능형 정렬기를 위한 마이크로 그리퍼

### 2.1 지능형 부품 정렬 메커니즘

PCB 제작을 위한 기존의 자삽 공정은 한 종류의 부품을 해당 수량의 PCB 보드에 삽입하고, 모든 PCB의 삽입이 완료되면 자삽기 운용자에 의해 세팅된 다음 부품을 삽입하는 형태의 공정을 운용하고 있다.

이런 공정 운용법은 단일품종의 대량생산에 적합한 방법이다. 하지만, 산업화의 다양성 증가로 인해 자삽기의 운용인력 감소 및 대량생산 물량의 감소가 현실화되고 기존 장비를 그대로 활용하면서 산업변화에 대응할 수 있는 방법을 모색 중이다. 이를 위해 기존의 정렬기의 특별한 구조변경 없이 정렬기의 운용 순서와 비전(Vision) 검출과정에서의 부품위치 오차 보정 방법을 실시간으로 적용할 수 있는 지능형 정렬기를 도입하여 이종부품을 인식하고, 위치오류를 보정하여 자동으로 PCB 공정을

운용할 수 있는 방법을 고안하였다.

정렬기는 정확한 부품의 삽입을 위한 제어로봇과 그리퍼로 구성되어 있으며, 정확한 정렬을 위하여 공급기의 레인을 따라 공급된 부품을 집어 비전 모듈 위로 부품을 옮긴 후 보정값에 따라 PCB에 실장된다. 이 때 기존의 방법은 단일부품으로 보정에 필요한 부품인식 단계와 그리퍼가 사전에 결정되어 적용되기 때문에 범용 그리퍼가 필요 없으나 지능형 정렬기는 비전모듈에서 부품의 종류를 인식하고 인식된 부품의 종류에 따른 다양한 정렬 보정 기준과 방법이 적용된다.

이러한 일련의 과정을 대체할 지능형 정렬기(Intelligent aligner)를 Fig. 3과 같이 적용하였다.

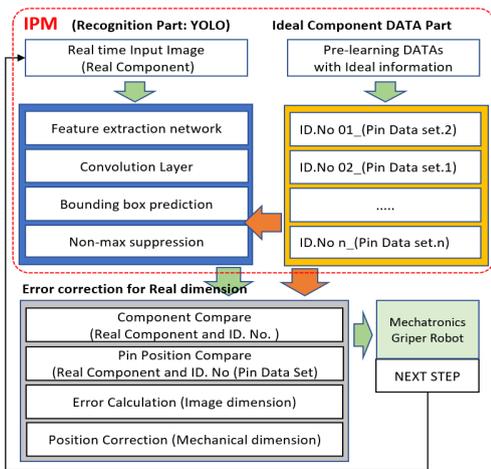


Fig. 3. Alignment process with the Intelligent Aligner.

지능형 정렬기는 PCB 제작에 사용될 다품종 부품의 종류, 무게, 형태에 관한 정보를 부품 제조사에서 제공하는 규격서를 통해 지능형 정렬기의 제어기에 정보를 인공지능 기반의 인식모듈(YOLO-v8)을 이용하여 비전 검사 환경에서 촬영된 이미지를 통해 해당 부품의 정렬기준, 고유코드 등을 부여한 데이터 셋(Data-set)을 저장하고 있다[5,6].



Fig. 4. The Data-set of dissimilar components.

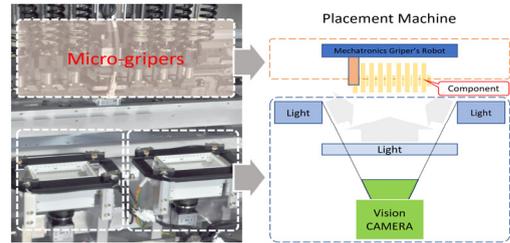


Fig. 5. Structure of the Intelligent Aligner.

## 2.2 마이크로 그리퍼의 설계 조건

이형 부품을 대상으로 한 정렬기는 한 종류의 부품을 공급기로부터 비전모듈로 이송할 때 공급기의 레인으로 부터 부품의 중앙 부분을 구속하여 정렬기로 이송된다. 이 때 정렬기와 공급기 사이의 거리는 비전모듈과 PCB 사이의 거리에 비하여 상대적으로 멀다. 공급기와 정렬기 사이의 정확한 결합, 정렬기의 그리퍼가 최초 그림 구동에 따른 구속오류, 비전모듈로 이송되는 과정에서 이송누적 오류로 인하여 PCB의 위치오류로 인한 정렬 오류가 발생하게 된다. 따라서, 부품의 그림을 위한 이형 부품의 구조적 다양성으로 인하여 정확한 부품의 구속이 어렵기 때문에 최대한 기계적 제한(Mechanical limit) 장치를 활용하여 구속할 수 있는 위치의 변경이 필요하다.

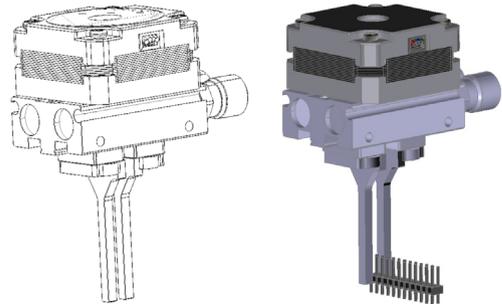


Fig. 6. The Micro-gripper.

따라서, 설계된 마이크로 그리퍼는 Fig. 6과 같이 부품의 엷지를 기계적 제한(공급기 레인과 정렬기 사이의 모듈)을 통해 구속한다. 또한, 사용되는 부품의 최대 무게, 최소 그림길이를 확보하기 위한 임계값이 적용되어야 한다. Fig. 4와 같은 다양한 이형 부품을 대상으로 그리퍼를 설계할 때 대상 부품의 최대높이는 4.5cm, 최소 그림을 위한 핑거(Finger)의 길이는 3mm로 정의하고 그림을 위한 부피 공간을 확보하여 대상 부품의 최대무게 8g과 이송속도 0.5m/s의 조건을 확보할 수 있도록

구성한다. 모든 이형 부품은 Fig. 1의 공급기 레인으로부터 전달되고 레인의 끝부분에 기계적인 리미터(Limiter)에 의해 정지된다. Fig. 6의 그리퍼는 Fig. 7과 같이 공급기 엷지의 부품을 그리퍼의 핑거가 구속한다.

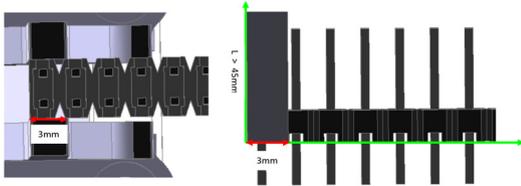


Fig. 7. The Condition of finger

Fig. 7에서의 마이크로 그리퍼 핑거는 2D 이송 형태의 그리퍼 구조를 갖는 것이 유리하다. 또한, 기존의 자삽기를 되도록 원형 상태로 사용할 수 있도록 기존의 정렬기가 위치하는 공간영역에서 구속, 회전, 이송, 삽입의 전 과정을 수행할 수 있는 형태를 갖추고 그립 압력은 기존의 정렬기에 사용되고 있는 공압 장치를 활용해야 적용 효과를 높일 수 있다.

### 3. 마이크로 그리퍼를 이용한 지능형 정렬

기존 정렬기의 오류 종류는 크게 이송과정에서 발생하는 거리 편차에 의한 누적오차와 그리퍼가 부품을 구속할 때 발생하는 부품의 떨림(회전각) 오류이다.

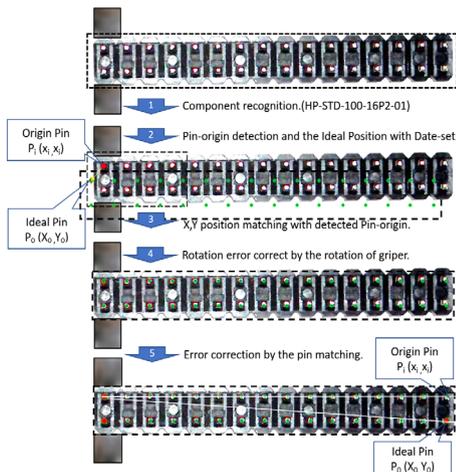


Fig. 8. Alignment process by intelligent aligner.

Fig. 8과 같이 지능형 정렬기는 비전모듈로 부품이 이송되면서 순차적으로 정렬 프로세스가 진행된다. 1단계는 비전 모듈 검사 영역에서 핑거를 인식하고 핑거 사이의 영역(1단계의 점선박스 영역) 내에서 해당 부품을 인식한다[7]. 2단계에서는 인식된 부품의 이상적인 정렬 정보(굵은 점선박스 영역, Foot print)를 데이터 셋에서 로딩하여 이상적인 정렬 위치를 인식한다.

3단계에서는 그리퍼의 핑거 영역 내에서 Pin을 인식하여 정렬을 위한 기준핀 좌표(Origin Pin,  $p_i = (y_i, y_i)$ )를 추출한다. 이와 동시에 부품의 이상적 기준핀(Ideal Pin,  $P_0(X_0, Y_0)$ ) 위치 좌표를 이미지에 매핑하여  $p_i(x_i, y_i) = P_0(X_0, Y_0)$ 가 되도록  $\Delta P(\Delta X, \Delta Y)$ 를 계산한다.

Fig. 9는 극단적인 오류를 가정하여 도식화하였다. 하지만, 실제 기준좌표 오류는 1~2mm 이내에서 발생하고 정렬 허용 공차는 1mm 이내이다. 일반적인 정렬기의 기계적 허용 공차는 0.2mm 이내의 보정 공차를 갖고 있으며, 비전 검사기의 픽셀 오류는 최대 0.1554mm의 공차를 갖는다[8].

4단계는 그리퍼의 회전 메커니즘을 이용한 부품의 회전 오류보정의 단계이다. Fig. 9과 같이 이상적인 데이터(Ideal Data)로부터 얻어진 기준점을 중심으로 X-좌표 값이 가장 큰 핀의 위치와 거리가 가장 멀리 있는 핀의 위치점을 근거로 회전각 오차( $\Delta\theta$ )를 보정하기 위해 Eq. (1)를 이용하여  $\Delta\theta$ 를 계산하고 마이크로 그리퍼에 의한 최종 회전각 보정을 실시한다[9].

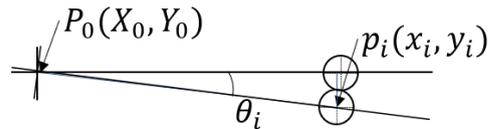


Fig. 9. Rotation error correction of the component.

$$\Delta\theta_i = \arctan\left(\frac{y_i - Y_0}{x_i - X_0}\right) \quad (1)$$

회전각 오류보정 완료된 이후에 PCB에 부품이 삽입되는 것은 보드를 통과하는 핀의 원활함과 삽입된 핀과 보드 사이에 납(Pb)이 녹아 전기적 연결 상태가 보장되어야 하므로 실제 핀의 지름( $R_p$ )과 이상적인 보드의 홀 지름( $R_h$ )은 전기적 신호전달을 위한 간극이 확보되어야 한다. 따라서, 이미지 상에서 핀 영역( $\Delta px_i, \Delta py_i$ )이 이

상적인 홀 영역( $\Delta Hx_i, \Delta Hy_i$ )내에 위치함을 검사하고 최종 정렬 오류의 경계조건이 만족 됐음을 확인한다.

Fig. 10은 부품의 핀 정렬상태로 회전각 정렬과 모든 핀의 비전 이미지 정렬 상태가 Fig. 8와 같이 모든 핀의 정렬 상태가 만족한다면 부품의 삽입을 위한 모든 정렬이 완료하게 된다. 완료되어 기구학적 그리퍼 로봇 (Mechatronics Griper's Robot)에 정렬 오류 데이터를 전송하여 최종적인 삽입 공정을 실시한다.

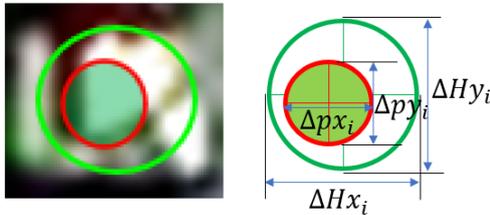


Fig. 10. Complete of the pin position error correction.

마이크로 그리퍼의 회전 오류보정을 위하여 스텝모터 (Step motor)를 이용한 메커니즘으로 구성된다.

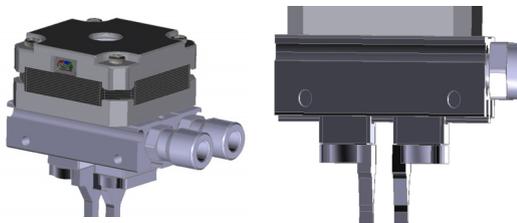


Fig. 11. Rotation mechanism.

기존의 자삽기의 기구적 요소를 그대로 이용하기 위해 Fig. 5에 나타난 기존의 그리퍼 공간 내에 동작해야 한다. 기존의 석션형 또는 그립형 그리퍼가 6세트가 존재했던 영역을 2개의 마이크로 그리퍼로 대체할 수 있다. 이는 비전모듈이 기존의 자삽기에 2세트가 운용되고 있고, 2.2절에서 언급한 동작시간을 확보하는 조건이 충족되어야 자삽기의 성능저하가 없기 때문이다.

Table 1. Specification conditions of mechanics.

Items	Condition	Spec. over
Type	Permanent Magnet.	-
Coil-type	Unipolar	-
Voltage	12VDC	> 24VDC
Step Angle	0.05°	> 0.09°
Diameter Shaft	4mm	> 6mm

대상 이형 부품은 Fig. 4에서 나타난 바와 같이 다양한 형상으로 대상 부품에 대한 최대높이와 폭이 보장되어야 한다. 특히 고중량 트랜스포머(Transformer)는 핀의 개수가 적고, 감겨진 코일의 무게와 프레임의 재질에 따라 인간이 직접 PCB에 삽입하는 경우가 많다. 다만, 고주파 부품의 경우는 Fig. 12와 같이 핑거의 높이를 확보한다.

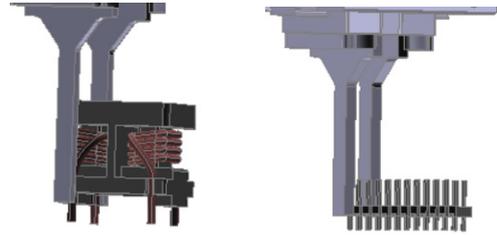


Fig. 12. Capacity of the Micro-griper..

Fig. 11의 경우 Fig. 4에서 나타난 대상 부품의 종류와 형태가 PCB 제조에 있어서 많이 사용되고 있는 부품을 대상으로 하고 있지만, 만일 새로운 형태의 부품이 개발되거나 기존의 자삽기를 이용한 메커니즘의 높은 정밀도가 요구될 경우 스텝모터와 리니어 그리퍼 기구 사이에 기어박스를 추가할 필요가 있다. 또한 석션형과 그립형(하이브리드) 그리퍼를 동시에 이용해야 하는 PCB 제작의 경우에는 이형부품의 공급에 대한 크기와 순서가 그리퍼의 종류에 따른 위치도 고려해야 한다.

#### 4. 결론

이형부품 삽입 장비를 위한 공급기는 무작위 부품으로 부품의 형상에 대한 예상할 수 없으므로 부품의 인식을 통해 최종적인 PCB 삽입을 위한 정렬이 완성된다[10]. 정렬을 위한 기계 기구학적 공차는 해당 부품의 제조사를 통해 명확히 알 수 있으며, 본 논문에서는 기존의 단일부품 삽입기의 정렬장치 부분을 이형부품이 공급되었을 때 자동 정렬이 이루어질 수 있도록 이형부품 삽입이 가능한 지능형 그리퍼의 필요성을 연구하게 되었다.

(1) 지능형 그리퍼는 두 세트르 구성된 비전 검사기의 정렬장치 영역 내에서 설치 및 운용이 가능해야 하고, 이형부품의 공급패턴이 무작위적으로 변화하므로 비전검사 모듈에 지능형 인식모듈과 정렬을 위한 이상적인 데이터 베이스를 사전에 확보하여 인식-정렬오류검출-오류계산

-삽입에 이르는 공정 운용 방식에 적합한 구조와 메커니즘이 확보된 마이크로 그리퍼의 형태로 설계되었다.

(2) 기존의 자삽기에서 활용되는 그리퍼 설비(공압, 전기에너지, 자동삽입 메커니즘 로봇 등)를 최대한 변경 없이 활용할 수 있는 조건을 만족시키기 위하여 28종의 이종 부품에 대한 마이크로 그리퍼를 Table 1과 같은 조건을 찾아 설계하였다.

(3) 마이크로 그리퍼는 최소한의 부피 내에서 대상 부품의 무게 범위(0.75~30g)의 부품을 정렬할 수 있도록 구조화된 24VDC 범위의 모터를 활용한 그립 가능 사양을 만족하였고, 이형 부품의 모양(원형, 사각형)에 대한 그립 정의를 만족하는 부품의 정렬을 위한 회전각 조건을 만족하였다.

(3) 기존 장비의 기구적 그리퍼 로봇에 의한 최소값이 결정되므로 기계설계 공차의 범위 내에서 PCB 기존 장비의 수정-활용에는 문제가 없고, 이미지 연산을 통해 이루어진 기계적 오차 보정은 실제 부품이 삽입되는 기구학적 그리퍼 로봇의 동작시간 내에 이루어지기 때문에 기존 장비의 기계적 처리시간에 영향을 주지 않아 성능저하가 나타나지 않았다.

(4) 현재는 공급기 오류와 부품 정렬 오류로 인한 삽입이 가능한 경계조건을 이용하여 그리퍼를 설계하였고, 이형 부품 28종을 이용하여 정렬 가능성을 검증하였다.

향후 연구 방향은 공급되는 부품의 정상 유무(고장 부품의 공급)를 비전 인식 단계에서 자동으로 비정상 부품을 인식하여 오삽입에 의한 PCB의 파손과 부품의 결함 내용 등을 데이터베이스와 통합할 수 있는 자삽기의 구조와 이를 위한 최적의 그리퍼 및 핑거의 설계를 연구하여 자삽기 성능을 개선하고자 한다.

## 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] Y. Z. Wu, P. Ji, "Optimizing feeder Arrangement of a PCB Assembly Machine for Multiple Boards", Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Vol.1, pp. 2343-2347, 2010.

[4] 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>

[5] G. Jocher, A. Chaurasia, J. Qiu, "YOLO by Ultralytics (Version 8.0.0)," <https://github.com/ultralytics/ultralytics>, (accessed 2023)

[6] 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>

[7] V. C. Moulianitis, 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>

[8] 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.

[9] 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/KIIS.2015.25.3.260>

[10] 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>

국 정 근(Jeong-Keun Kook)

[정회원]



<관심분야>  
구조해석 (기계 분야)

- 2002년 2월 : 한국기술교육대학교 기계공학부 (공학사)
- 2004년 8월 : 한국기술교육대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2021년 8월 : 한국기술교육대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 기계설계공학과 교수

김 종 원(Jongwon Kim)

[정회원]



- 2007년 8월 : KOREATECH 전기 전자공학과 (공학박사)
- 2007년 8월 ~ 2016년 9월 : 개도 국기술이전연구소 책임연구원
- 2016년 9월 ~ 현재 : KOREATECH 기전융합공학과 조교수

〈관심분야〉

지능제어, 융합기술, 산업응용 시스템