

# 정렬 장치와 6축 로봇을 활용한 자동화 파트 로딩 시스템 개발

권용택<sup>1</sup>, 장영민<sup>2</sup>, 이승준<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>부산대학교 전기공학과, <sup>2</sup>한국교통안전공단

## Development of an Automated Part Loading System with an Alignment Device and a 6-axis Robot

Yong-Taek Kwon<sup>1</sup>, Young-Min Jang<sup>2</sup>, Seung-Joon Yi<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Electrical Engineering Department, Pusan national University  
<sup>2</sup>Korea Transportation Safety Authority

**요약** 현재 제조업에서 조립공정은 크게 로봇이 작업하는 공간과 사람이 작업하는 공간으로 분류할 수 있다. 로봇에 의해 조립 및 생산이 수행되는 부분에서는 생산성과 품질 안정화가 균일하게 이루어지지만, 사람이 작업하는 부분에서는 사람의 숙련도에 따른 생산성과 품질 불량률 편차가 크게 나타난다. 다가오는 4차 산업혁명이 요구하는 제조 환경에서는 생산성, 안전성, 품질 불량률이 더욱 중요한 요소로 자리 잡고 있지만, 현재까지 제조업 환경은 사람의 숙련도에 따라 제품 불량률이 발생하며 이에 따른 생산성이 일정하지 않은 고질적인 문제가 존재한다. 또한, 조립 라인에서 사람이 하루 8시간 동안 단순 반복 작업을 수행함으로써 근골격계의 통증을 호소하는 경우가 빈번히 발생하고 있어, 이는 안전사고로 이어질 가능성이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제들을 개선하기 위해 공급 장치, 로봇, 정렬 장치, 그리퍼로 구성된 자동화 시스템을 소개하고, 조립공정의 비가동 시간을 최소화하며 생산성과 안정성을 향상하는 방법을 모색하고 이 시스템이 실제 현장에 적용될 때의 개선 효과에 대해서 논의해 보고자 한다.

**Abstract** In manufacturing, assembly processes can be categorized broadly into areas where robots perform tasks and areas where humans are involved. In segments where assembly and production are carried out by robots, productivity, and quality stabilization are consistently achieved. In human areas, however, there is variability in productivity and quality defect rates depending on the skill levels of the workers. In the Fourth Industrial Revolution, the productivity, safety, and quality defect rates are becoming increasingly crucial. Nevertheless, current manufacturing continues to face persistent issues where product defects arise due to human ability, resulting in inconsistent productivity. Moreover, there are frequent occurrences of musculoskeletal pain among workers performing simple repetitive tasks for eight hours a day on assembly lines, which could lead to safety incidents. This paper addresses these issues by introducing an automation system comprised of supply devices, robots, alignment devices, and grippers. The study aimed to minimize downtime in assembly processes and discuss methods to enhance productivity and stability.

**Keywords** : Alignment Device, Factory Automation, Gripper, Jig, Robot Automation

본 논문은 과학기술정보통신부-경찰청이 공동 지원하는 '폴리스랩2.0 사업(www.kipot.or.kr)'의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.  
(No. 082021D48000000)

\*Corresponding Author : Seung-Joon Yi(Pusan Nat'l Univ.)

email: seungjoon.yi@pusan.ac.kr

Received April 17, 2024

Revised May 27, 2024

Accepted July 5, 2024

Published July 31, 2024

## 1. 서론

조립공정에서는 프레스(Press) 공정에서 생산한 제품을 점용접(Spot Welding)[1] 및 GMAW(Gas Metal Arc Welding) 등의 각종 용접(Welding)[2]을 이용하여 파트 어셈블리(Part Assembly)를 제작한다. Fig. 1과 같이 프레스 공정에서 생산된 제품은 용기(Pallet)에 담겨 나와 조립공정에서 사람이 직접 손으로 꺼내 지그(Jig)[3]에 로딩>Loading) 작업을 수행한다. 이때 제품에 있는 툴링 홀(Tooling Hole)과 지그에 있는 툴링 핀(Tooling Pin)의 위치를 육안으로 확인한 후에 사람이 직접 지그에 로딩하는데 이를 로봇으로 자동화하기에는 제품이 가지고 있는 산포로 인해 툴링 홀의 위치가 제품마다 다르다는 문제가 있다.

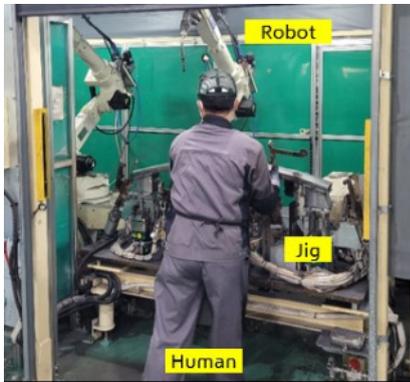


Fig. 1. Manual assembly line

이러한 문제로 인하여 현재까지 자동화 시스템 구현에 어려움이 있을 뿐만 아니라 자동화 시스템이 아닌 작업자의 수작업 방식의 조립공정은 생산량, 불량률, 산업 재해율 등의 한계를 보인다. 예를 들어 첫 번째로 유사한 동작이 반복적으로 수행되거나 부적절한 자세[4]가 장시간 요구되는 환경에서는 신체 일부에 과도한 부담을 주게 되며, 이는 작업자의 실수를 초래할 수 있고, 이는 제품의 품질 불량으로 이어질 수 있다. 두 번째로 작업자의 숙련도 차이에 따라 제품 품질이 균일하지 못하며 시간당 생산량에 차이가 발생하게 된다. 세 번째로 조립공정 내에서 작업자가 제품을 꺼내는 동작 중에 협착이 발생할 수 있으며 이는 안전사고 및 재해율에 영향을 미치게 된다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 도입하고자 하는 자동화 시스템은 다음과 같은 이점들을 제공한다.

(1) 효율성 증대: 자동화 시스템은 반복적인 작업을 정

밀하고 신속하게 수행할 수 있도록 설계되어 운영 효율성을 높여 준다. 이를 통해 생산 속도가 향상되고 사이클 타임이 단축되며 전체적인 작업 흐름이 개선된다.

(2) 비용 절감: 자동화는 수작업의 필요성을 최소화하고 오류를 줄이며 자원 활용을 최적화함으로써 비용 절감으로 이어질 수 있다. 자동화 기술에 대한 초기 투자는 상당할 수 있지만, 장기적인 비용 이점이 초기 비용을 초과하는 경우가 많다.

(3) 생산성 향상: 자동화된 시스템은 중단 없이 지속해서 작동하여 로스타임(Loss Time)을 줄이고 전반적인 생산성을 높일 수 있다. 또한, 사람이 지속해서 수행하기 어려울 수 있는 복잡한 작업도 처리할 수 있다.

(4) 품질 향상: 자동화는 제조공정의 일관성과 정밀성을 확보하여 제품 품질 향상에 이바지할 수 있으며, 자동화된 시스템은 다양한 데이터를 모니터링하고 제어할 수 있어 불량이 적고 제품 표준화 수준이 높아진다.

(5) 안전: 자동화는 위험한 작업을 처리하거나 극한의 조건에서 작업함으로써 더욱 안전한 작업 환경을 조성하는데 도움을 줄 수 있으며, 이는 작업장 사고의 위험을 줄이고 전반적인 산업 안정을 향상할 수 있다.

(6) 유연성과 확장성: 자동화 시스템은 변화하는 생산 요구사항에 유연하고 쉽게 적응할 수 있도록 설계되는 경우가 많다. 이러한 유연성을 통해 기업은 시장 요구사항에 신속하게 대응하고 필요에 따라 운영할 수 있다.

(7) 경쟁 우위: 자동화를 구현하면 출시 기간을 단축하고 비용을 절감하며 전반적인 운영 효율성을 높여 경쟁 우위를 확보할 수 있다. 자동화 기술을 채택한 기업은 시장에서보다 효과적으로 입지를 확보할 수 있다.

(8) 자원 보존: 자동화 시스템은 에너지, 재료, 시간과 같은 자원의 사용을 최적화하는데 도움을 줄 수 있다. 이는 지속 가능한 목표와 일치하며 보다 환경 친화적인 운영에 이바지할 수 있다.

이러한 이유로 자동화 시스템은 빠르게 변화하는 산업 환경에서 효율성 향상, 비용 절감, 안전성 향상 및 경쟁력 유지의 측면에서 필수적인 요소로 여겨지고 있다. 본 연구는 정렬 장치(Alignment Device)를 통한 제품의 위치 산포 문제 해결 및 로봇의 활용으로 지그 로딩 작업의 자동화를 가능하게 해 주는 “파트 로딩 자동화 시스템(Part Loading Automation System)”을 제안한다. 해당 시스템은 근접센서를 사용하여 제품의 산포 측정 및 정위치 여부 판정을 가능하게 하였으며, 산포가 허용치를 넘어 제품이 정 위치에 배치되지 않다고 판정되면 로봇이 현재 수행 중인 작업 대신 다음 차례에 배치된 제품

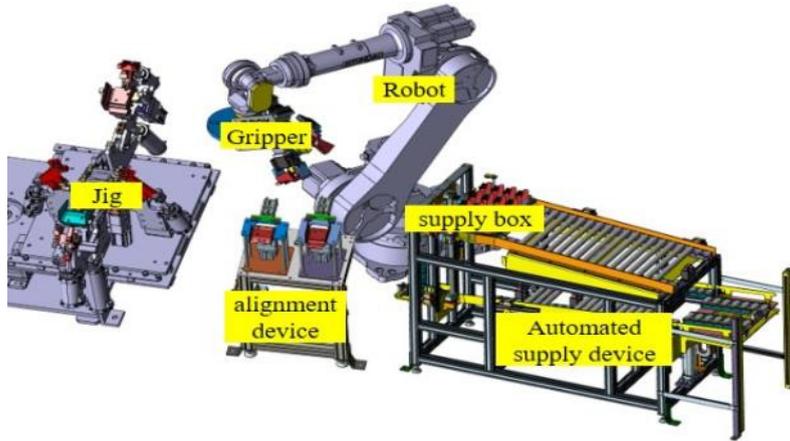


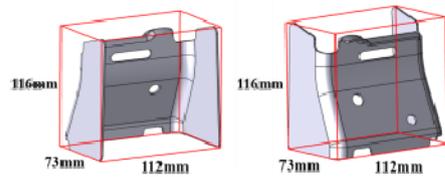
Fig. 2. Part loading automation system

에 대한 작업을 수행하도록 알고리즘을 구성했다[5]. 또한, 로봇이 동작하는 도중 제품의 이탈이 발생할 시 즉시 동작을 멈춘 후 알람을 울려 현장의 작업자가 이상 여부를 알 수 있게 하는 것으로 안전성을 향상했다[6].

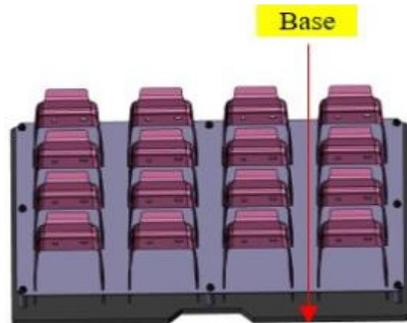
본 연구에서는 시뮬레이션 및 실제 현장에서의 실험을 통해 자동화 시스템을 적용했을 시의 생산성 및 불량률, 그리고 안전성의 변화 여부를 확인하고, 개선된 정도를 정량적으로 확인해 보고자 한다.

## 2. 본론

본 논문에서 소개하는 파트 로딩 자동화 시스템은 로봇을 이용하여 자동 공급 장치에서 제품을 언 로딩한 후 정렬 장치에서 제품 정렬 후 지그에 로딩 하도록 설계되었으며 Fig. 2와 같이 공급 장치, 로봇, 정렬 장치로 구성되어 있다. 작업자가 공급 박스에 제품을 로딩 한 후 채워진 박스를 자동 공급 장치의 하단으로 투입하면 공급 박스가 상단 부분으로 올라오게 되고, 로봇이 그리퍼로 이를 파지하여 정렬 장치로 제품을 이동시킨다. 정렬 장치에서 제품을 재위치 한 후 로봇은 다시 제품을 파지하고 이를 지그에 로딩하게 된다. 이때 정렬 장치를 사용하는 이유는 자동 공급 장치에서 가질 수 있는 제품의 위치 산포를 한 번 더 정렬하기 위함이다. 이와 같은 로딩 자동화 시스템 구성[7]을 통해 공정 내에 작업자를 지속해서 배치하지 않아도 되고 자동으로 지그에 물류 공급을 할 수 있다.



(a) Part Design



(b) Supply box Design

Fig. 3. Concept of part and supply box



Fig. 4. Real model of supply box

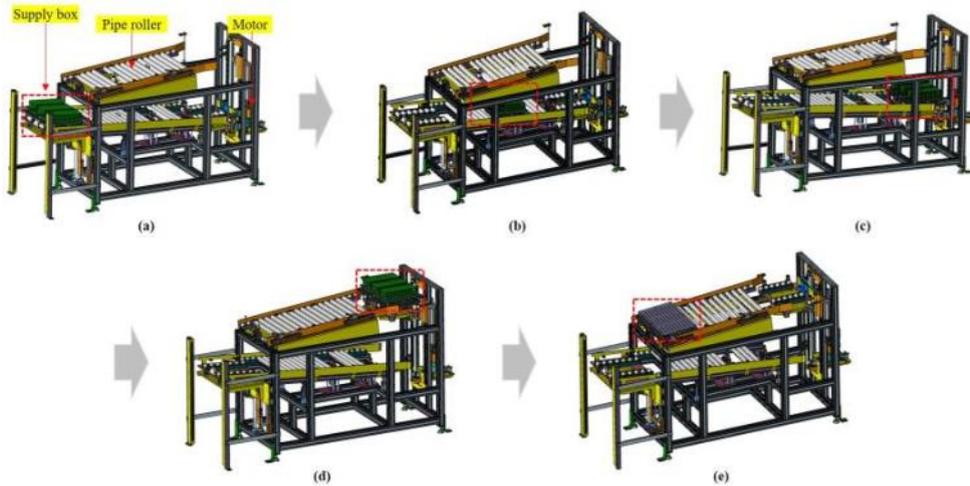


Fig. 5. Automated supply device configuration

## 2.1 공급 장치

### 2.1.1 공급 박스

Fig. 3(a)는 공급되는 제품의 크기이며 Fig. 3(b)는 다량의 제품을 한 공간에 위치 정렬해 주는 공급 박스의 개념도를 보여준다. 공급 박스는 작업자가 한 박스에 작업을 할 때 한 번에 16EA 제품을 적재할 수 있으며, 이때 베이스는 자동화 공급 장치에서 위치 기준이 된다. Fig. 4는 실제의 제품 및 공급 박스 모델을 보여준다. 공급 박스는 하판 베이스와 상판 규제 부로 구성되어 있다. 하판 베이스는 공급 장치 롤러에 마찰 없이 굴러갈 수 있게 평탄한 구조로 제작하였고, 마찰이 적으면서 온도변화에 강한 소재인 MC 나일론을 적용하였다. 상판 규제 부는 열과 행을 일관성 있게 제작하여 제품이 일정한 위치에 안착할 수 있게 제작하였다. 또한, 로봇이 제품을 파지할 때 일괄적인 순서대로 가져갈 수 있도록 열과 행 간격을 맞춰 제작하였다.

### 2.1.2 자동 공급 장치

자동 공급 장치[8]는 Fig. 5(a)에서 보는 바와 같이 프 로파일, 파이프 롤러, 상/하강 모터[9]로 구성되어 있으며 한 번에 공급 박스를 5 EA 적재할 수 있다. Fig. 5(a)와 같이 장치의 하단에 공급 박스를 투입한 후 사람이 기동 버튼을 누르게 되면 Fig. 5(b)와 같이 장치가 틸팅(Tilting)[10]되어 채워진 공급 박스는 전진하게 된다. 공급 박스는 왼쪽에서 오른쪽으로 파이프 롤러를 타고 이동하게 되며 이때는 별도의 동력 장치 없이 중력에 의해 운송된다. 운송된 공급 박스가 Fig. 5(c)와 같이 상/하강

모터가 제어할 수 있는 위치까지 오게 되면 Fig. 5(d)와 같이 모터의 동력으로 공급 장치의 밀판이 상승시킨다. 상승한 위치에서 로봇이 제품을 파지하여 모든 제품을 가져가게 되면 그 후 비워진 공급 박스는 Fig. 5(e)와 같이 파이프 롤러를 타고 오른쪽에서 왼쪽으로 중력에 의해 운송된다. 이후 작업자가 다시 공급 박스를 채워 넣고 장치의 하단에 재투입하는 것으로 Fig. 5(a)부터의 과정을 반복하게 된다.

## 2.2 로봇

### 2.2.1 매니플레이터

Fig. 6에서 보는 바와 같이 공정 내 6축 로봇 사용 시에는 가반 하중이 크고 작업 반경이 넓은 현대 로봇틱스의 HS220 모델보다 자동화 공정 고려시 공간적인 상황과 각축의 로봇 이동 속도 고려했을 때 HH050 모델이 적절하다. 반면에 Hanger의 무게가 50kg 이상 될 때는 예외가 될 수 있으므로 제품 및 용도에 따라 모델이 달라질 수 있다. Fig. 7은 두 매니플레이터의 비교 내용을 보여준다. 해당 자료는 HS220 모델과 HH050 모델을 가반하중, 작업 반경, 최대 속도 등으로 비교하였다. 우선 가반 하중으로만 비교 시 HS220 모델이 효율적으로 보일 수 있다. 하지만 각 축의 속도 비교 시 1축부터 3축까지는 HH050 모델이 평균 60°/s 빠르다는 것을 알 수 있고 4축부터 6축까지 또한 평균 110°/s 빠르다는 것을 알 수 있다. 이는 실제 공정 구현 시 공정에 대한 Cycle Time 및 UPH(Unit per hour)에 영향을 주기 때문에 로봇 모델을 선택할 때 중요한 사항이라 볼 수 있다. 보

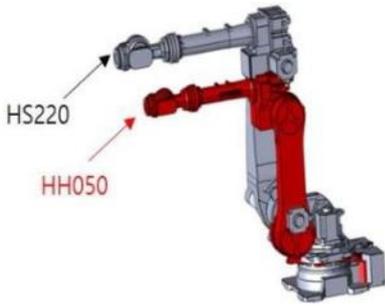


Fig. 6. Robot 3D Modeling

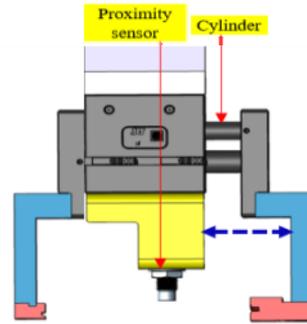
NO	Index	HH050	HS220	
1	Picture			
2	Allowable load	50kg	220kg	
3	Radius	2,239mm	2,666mm	
4	Maximum speed	1 axis	175° /s	120° /s
		2 axis	175° /s	105° /s
		3 axis	175° /s	115° /s
		4 axis	250° /s	145° /s
		5 axis	250° /s	145° /s
		6 axis	350° /s	220° /s
5	Support size	800mm <sup>2</sup>	1,000mm <sup>2</sup>	

Fig. 7. Robot Specification

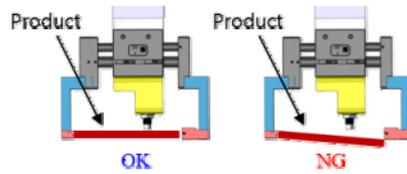
고대의 치수를 고려하여도 HS220 모델에서 1,000mm<sup>2</sup>의 면적이 필요하다면 HH050 모델에서는 800mm<sup>2</sup>의 면적만 필요하여 HS220 모델 대비 면적을 최소화하여 공정을 구현할 수 있다. 따라서 HH050 모델이 HS220 모델보다 공정에 설치할 필요 평수도 적을뿐더러 각축 속도도 빠르다는 점에서 해당 모델을 사용하는 것이 더욱 적절함을 알 수 있다.

### 2.2.2 그리퍼

제품을 파지할 수 있는 그리퍼는 Fig. 8(a)와 같이 그리퍼 좌측은 기준면으로 두고 우측은 실린더 스트로크를 이용하여 파지 할 때 제품(Product)의 위치가 변하지 않도록 구성하였다[11]. 해당 그리퍼에는 감지 거리 2mm의 근접센서(Proximity sensor)가 부착되어 있으며, Fig. 8(b)와 같이 그리퍼가 제품을 파지한 후 들어 올렸을 때 센서가 제품을 인식한다면 제품이 올바르게 파지



(a) Hardware Design



(b) Mechanism

Fig. 8. Gripper

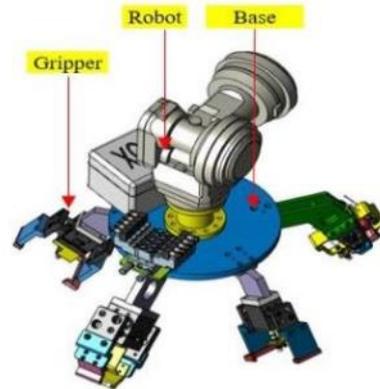


Fig. 9. Assembled Multi Gripper

된 것으로 판정하며, 센서가 물체를 인식하지 못한다면 제품이 올바르게 파지 되지 않은 것으로 판정한다. 제품이 올바르게 파지 되지 않은 것으로 판정되었을 경우 그리퍼는 공급 박스에서 현재 작업 중인 제품 대신 다음 차례에 배치된 제품을 대상으로 작업을 재개하며, 로봇이 움직이는 도중 제품이 이탈했을 시에는 동작을 멈춘 후 이상 알람을 울려 작업자가 즉각적인 조치를 할 수 있게 해 준다.

해당 그리퍼는 Fig. 9와 같이 베이스(Base)에 장착이 되어 활용된다. 그림에서 볼 수 있듯이 하나의 베이스에 여러 개의 그리퍼를 장착하는 형태로 구성하는 것으로 로봇이 한 번에 하나의 제품만을 가져갈 수 있는 것이 아니라 다수의 제품을 동시에 파지할 수 있게 하는 것으로 생산량을 증가시켜 준다.

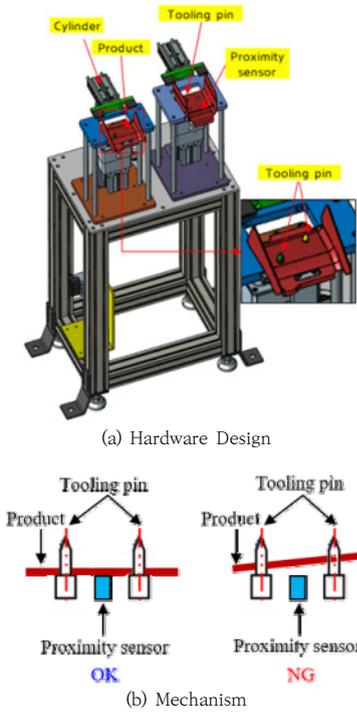


Fig. 10. Alignment Device

### 2.3 정렬 장치

정렬 장치는 제품을 지그에 로딩하기 전에 제품이 가진 위치 산포를 툴링 핀으로 정렬하고, 로딩에 적합한 상태인지 사전 확인하기 위한 장치이며, Fig. 10(a)와 같이 실린더(Cylinder), 툴링 핀, 근접센서로 구성되어 있다.

그리퍼가 공급 장치로부터 가져온 제품을 정렬 장치에 로딩했을 때 Fig. 10(b)와 같이 제품의 툴링 홀과 정렬 장치의 툴링 핀이 결합하며 제품의 위치가 정렬된다. 이때 제품이 정렬 장치에 올바른 형태로 로딩된다면 근접 센서가 제품을 인식할 수 있지만 올바르지 못한 형태로 로딩된다면 센서가 제품을 감지하지 못하기 때문에 센서의 제품 감지 여부에 따라 지그에 로딩하기 적합한지 결정된다. 제품이 지그에 로딩하기 적합하다고 판정될 시 그리퍼는 다시 제품을 파지하여 지그로 로딩하게 되고, 그렇지 않으면 실린더를 통해 제품을 배출한 후 다음 차례에 배치된 제품을 자동으로 해당 작업을 반복한다. 또한, 그리퍼와 마찬가지로 작업 중 제품의 이탈 발생 시 로봇을 멈추고 비상 알람을 울려 작업자가 조치할 수 있게 한다.

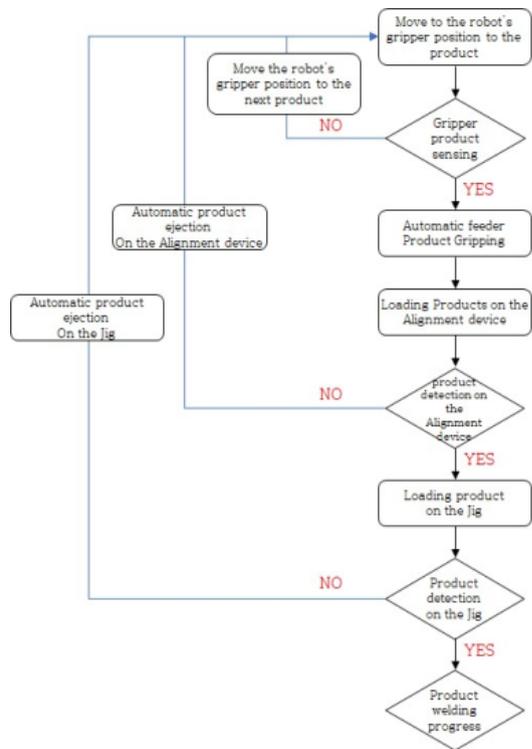


Fig. 11. Robotic Algorithm

### 2.4 동작 알고리즘

Fig. 11은 로봇 그리퍼의 센서 감지를 시작으로 지그에 제품을 로딩하기까지 총 3단계에 걸쳐 제품 정위치 유/무의 판별을 시행하는 알고리즘이다.

첫 번째 단계에서는 로봇 그리퍼의 제품 감지 센서를 통해 정위치 유/무를 판별하고 정렬 장치로 제품을 이송한다. 두 번째 단계에서는 정렬 장치의 제품 정위치 유/무를 판별 후 로봇이 제품을 파지하여 지그에 로딩을 수행한다. 마지막 단계에서는 지그에 제품이 정위치에 로딩이 되었는지 최종 판별 후 용접을 진행하도록 전체 알고리즘이 구성되어 있다. 단계별 센서 감지를 통해 제품이 정위치에 존재하지 않을 때는 피드백을 수행하여 다시 첫 번째 단계로 돌아온 후 위의 과정을 반복한다.

해당 알고리즘은 PLC(Programmable Logic Controller)를 통해 성능 및 안정성 테스트가 수행되며, 이후 다회의 사전테스트를 거쳐 적합성이 검증된 후 실제 현장에 적용이 된다.

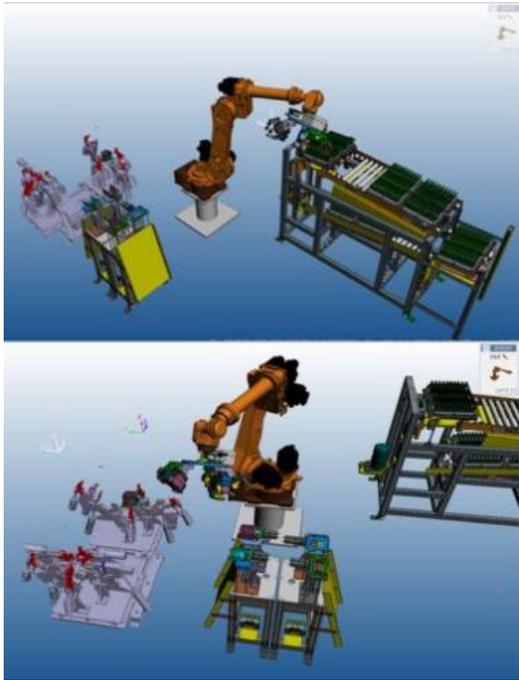


Fig. 12. Simulation screen

### 3. 실험 결과

#### 3.1 시뮬레이션

실제 공정을 형상화하기 전 로봇과 자동화 설비 간의 간섭 구간 확인 및 로봇의 반경을 확인하기 위해 산업용 로봇 시뮬레이션 프로그램인 Dmworks를 사용하여 Fig. 12와 같은 환경을 구성했다.

시뮬레이션 내에서 로봇을 공급 장치와 지그 사이에 위치하여 로봇 반경 안의 제품에 대한 로딩/언 로딩을 가능하게 했으며, 지그와의 간섭 및 자동 공급 장치와의 간섭을 고려하여 서로 간의 충돌을 피할 수 있게 그리퍼를 설계했다. 정렬 장치의 경우에는 지그와 공급 장치 사이에 위치하면서 로봇이 자동 공급 장치에서 제품을 언 로딩한 후 로봇의 무빙 시간을 최소화할 수 있는 위치에 배치했다.

시뮬레이션 결과 로봇이 공경별 동작에서 1축부터 6축까지의 부하 및 속도, 그리퍼의 제품 파지 및 지그 로딩/언 로딩을 하는 시간을 고려하여 최적의 이동 동작 및 경로를 확인하였고 그리퍼가 로딩/언 로딩 시 간섭받지 않도록 3D 시뮬레이션 기준으로 설비배치를 하여 LAYOUT을 구성하였다. 그리하여 양산라인 설치 공사 기간을 최소화할 수 있었고 현장에서 발생할 수 있는 그리퍼, 공급 장치 등 기계 부품 문제점들을 최소화했다.

#### 3.2 개선 결과 및 고찰

본 연구의 실험은 같은 환경에서 기존 사람이 일했을 때와 로봇 자동화 시스템 적용 후 비교해 보는 형식으로 구성했다. 실험은 23년 2월부터 23년 4월까지 90일(12주) 동안 수행되었으며 시간당 생산량, 불량품 횟수, 안전사고 발생 건수를 비교해 보고, 해당 결과에 대해 고찰해 보는 방식으로 진행했다.

##### 3.2.1 개선 전

Table 1은 현재 작업자의 수작업 방식을 통해 조립공정에서 나타나고 있는 생산량, 불량률, 재해율과 관련된 정량적인 수치를 나타내는 표이다.

Table 1. Quantitative number in assembly line

NO	Index	Data	Note
1	Production	43 EA/HR	
2	Defect	15 EA	
3	Accident	5건	

1) NO 1은 작업자가 한 시간 동안 제품을 생산하였을 때 나타나는 수치이다. 조사하고자 하는 공정은 90일간 총 52,632 EA의 제품이 생산되었다. 매월 근무일을 24일, 근무 시간을 하루 17시간으로 본다면 시간당 생산량은  $52,632 \text{ EA} / (24 \times 3 \times 17) \text{ HR} = 43 \text{ EA/HR}$ 로 산출이 된다.

2) NO 2는 작업자가 직접 작업했을 때 생산된 불량품 개수를 나타내는 수치이며 3개월간 15 EA가 생산되었다. 제품 불량 형태는 단순 반복 작업으로 인한 작업자의 실수로 제품 안착 불량 및 형상 불량이 주로 발생하였다.

3) NO 3은 3개월간 안전사고 발생 건수를 나타낸다. 3개월간 총 5건의 안전사고가 발생하였으며, 주로 지그 클램프의 협착으로 인한 타박상이 발생하였다.

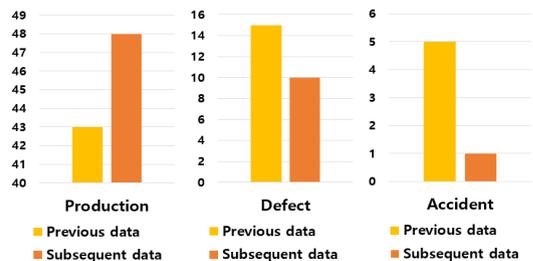


Fig. 13. Comparison Graph

### 3.2.2 개선 후

파트 로딩 자동화 시스템을 구성한 결과로 Table 2와 같은 개선된 수치를 얻었다.

Table 2. Improved quantitative number in assembly line

NO	Index	Previous data	Subsequent data	Improvement (%)
1	Production	43 EA/HR	48 EA/HR	11.6%
2	Defect	15 EA	10 EA	39.2%
3	Accident	5건	1건	80%

1) 기존의 시스템에선 3개월간 52,632 EA의 제품이 생산되었으나, 자동화 시스템을 도입한 후 58,752 EA의 제품이 생산되었다. 이를 시간당 생산량으로 환산하면  $58,752 \text{ EA} / (24 \times 3 \times 17) \text{ HR} = 48 \text{ EA/HR}$ 가 되며, 로봇에 의해 작업속도가 빨라지면서 생산성이 11.6% 늘었음을 확인할 수 있다. 또한, 이전에는 사람의 숙련도에 따라 시간당 제품이 고르지 않게 나왔으나 개선 후 제품이 일률적으로 나오는 것을 볼 수 있었고 생산량 측면에서도 일정하게 나오는 것을 확인했다.

2) 사람이 작업을 수행할 때 3개월간 15 EA의 불량품이 생산되었으나, 로봇을 이용한 자동화 시스템의 경우에는 시간당 생산량이 더 늘었음에도 이전보다 더 적은 10 EA의 불량품이 생산되었다. 이는 사람의 실수로 인해 불량품이 생산되는 경우가 없어졌기에 나타난 결과이며, 자동화 시스템이 생산한 제품당 불량률(불량 제품 생산량/총 제품 생산량)을 고려할 시 39.2%의 개선율을 보이는 것을 확인했다.

3) 기존의 시스템에서는 3개월간 지그 클램프에 의한 5건의 안전사고가 발생하였으나, 본 시스템에서는 1건의 사고(작업자가 공급 박스에 물건을 로딩하는 중에 발생한 가벼운 찰과상)만 발생한 것을 확인했다. 기존에는 사람이 직접 지그에 제품을 로딩하는 도중 협착 사고가 발생하였지만, 로봇으로 해당 부분을 자동화 한 시스템에서는 사람이 지그 클램프의 협착 사고를 당할 일이 없기에 이처럼 사고율이 감소 되었음을 확인했다.

## 4. 결론

본 논문에서 제시한 파트 로딩 자동화 시스템을 실제 현장에 적용했을 시 기존의 수작업 조립공정과 비교 결

과를 요약하면 다음과 같다.

1. 사람이 직접 작업을 수행했을 시 지속적이고 반복적인 동작을 하게 되면서 사고가 발생하거나 실수하게 되고 이는 생산량, 제품 불량률, 안전사고 발생률에 영향을 끼친다.
2. Fig. 13에서 볼 수 있듯이 파트 로딩 자동화 시스템을 도입하자 안전사고를 예방할 수 있음과 동시에 불량률이 줄어들었고 생산량 또한 향상되었다.
3. 앞으로도 자동화 시스템을 통해 산업 현장에서 생산성을 높이고 불량률 최소화 및 안전성을 향상하기 위한 연구가 지속해서 진행되어야 할 것이며, 이러한 연구를 통해 사람이 작업하는 제조 공정을 로봇으로 점차 대체하게 된다면 많은 제조업에서 긍정적인 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- [1] A.-B. Ryberg and L. Nilsson, "Spot weld reduction methods for automotive structures," Structural and multidisciplinary optimization, vol. 53, pp. 923-934, 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00158-015-1355-4>
- [2] W. H. Kim and C. W. Ji "Trend of Resistance Spot Welding Technology of Al-Si Coated Hot-Stamped Boron Steel for Automobile Body" Korean Welding and Welding Association 40, no.2 (2022) : 187-197  
DOI : <http://dx.doi.org/10.5781/JWJ.2022.40.2.10>
- [3] Hebbbar, Raghavendra. (2018). Design, Fabrication and Automation of Indexing Drill Jig. International Journal of Scientific and Engineering Research. Volume 9. 70-76.
- [4] C. K. Rah and M. Y. Park, "Ergonomic interventions to control work-related musculoskeletal disorders in automated light assembly manufacturing system," Journal of the Ergonomics Society of Korea, vol. 24, no. 2, pp. 57-63, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5143/jesk.2005.24.2.057>
- [5] S. H. Hyun, Y. H. Song and S. J. Kim, "HRpalware™ Development of Palletizing Software based on Hyundai Robot Controller," in INFORMATION AND CONTROL SYMPOSIUM, 2014, pp. 140-142.
- [6] Murray, Yvonne & Ribeiro, Pedro & Anisi, David & Sirevåg, Martin & Mossige, Morten. (2022). Safety Assurance of an Industrial Robotic Control System Using Hardware/Software Co-Verification.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2021.102766>
- [7] J. H. An and G. S. Kim, "Design and Manufacture of a Machine Tool Control System for Workpiece

Automatic Loading System," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, vol. 18, no. 6, pp. 62-68, 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14775/ksmpe.2019.18.6.062>

- [8] J. E. Kwon and C. H. Lee "Development of Automatic Ball Feeder and Alignment System for Remote-Controlled Munition System" Journal of the Korean Society of Production and Manufacturing 30, no.2 (2021):162-167. DOI: <https://doi.org/10.7735/ksmte.2021.30.2.162>
- [9] K. S. Jung 1 "Characteristics of the Double Reduction Gearing System Using Magnetic Gears" Journal of the Korean Society of Production and Manufacturing 27, no.5 (2018) : 417-423. DOI: <https://doi.org/10.7735/ksmte.2018.27.5.417>
- [10] S. K. Gupta, D. A. Bourne, K. Kim and S. Krishnan, "Automated process planning for sheet metal bending operations," Journal of Manufacturing Systems, vol. 17, no. 5, pp. 338-360, 1998. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0278-6125\(98\)80002-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0278-6125(98)80002-2)
- [11] D. I. Park, T. Y. Choi, H. S. Kim, S. H Song, C. H. Park "Development of a Gripper for Assembly Process Automation Applicable to Commercial Industrial Robots," J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng, vol. 29, no. 6, pp. 520-527, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.7735/ksmte.2020.29.6.520>

---

권 용 택(Yong-Taek Kwon)

[정회원]



- 2014년 2월 : 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 (학사)
- 2024년 8월 : 부산대학교 로봇융합전공 (석사)

<관심분야>

로봇 시스템 설계 및 모델링

---

장 영 민(Young-Min Jang)

[정회원]



- 2014년 2월 : 울산대학교 전기전자컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2020년 2월 : 울산대학교 전기전자컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2020년 11월 ~ 2021년 8월 : SK하이닉스 책임연구원
- 2021년 9월 ~ 2023년 12월 : 뉴알엔디 책임연구원
- 2023년 12월 ~ 현재 : 한국교통신안전공단 과장

<관심분야>

시스템 반도체, 센서, 컴퓨터 비전, 자율주행, 머신러닝, 무인운반로봇

---

이 승 준(Seung-Joon Yi)

[정회원]



- 2000년 2월 : 서울대학교 전기공학부 (학사)
- 2002년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (석사)
- 2013년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 조교수

<관심분야>

지능로봇, 인공지능