

반도체 물류 이송로봇의 개발

황우현*, 장일준*, 황나윤*, 채승병*, 김성윤^o

*동양미래대학교 로봇자동화공학부,

^o동양미래대학교 로봇자동화공학부

e-mail: acts@dmu.ac.kr*, {ilil5678, skdbs167}@naver.com*, byung10040@gmail.com*, s3476659@naver.com^o

Development of Transportation Robots in Semiconductor Logistics

Woohyeon Hwang*, Iljun Jang*, Nayun Hwang*, Seungbyeong Chae*, Seongyun Kim^o

*School of Robot and Automation Engineering, Dongyang Mirae University,

^oSchool of Robot and Automation Engineering, Dongyang Mirae University

● 요약 ●

세계적으로 물류 자동화 시장은 2026년까지 약 44조원으로 예상되며, 연평균 10.6%의 성장률을 기록할 것으로 예측된다. 특히 국내 시장은 2025년까지 연평균 성장률 11.5%로 1조원 이상으로 전망되고 있다. 2025년까지 물류 자동화 시장은 270억 달러로 급성장할 것으로 예상되며, 반도체 분야에서 로봇이 상품 입고, 보관, 상품 피킹, 분류, 출고 작업을 담당하는 트렌드가 강조된다. 본 논문은 반도체 물류 분야를 대상으로 작은 크기와 민첩성을 갖춘 로봇을 개발하여 작업 공간을 효율적으로 활용하고 인력을 최소화하려는 목적이다. 수직 및 수평 로봇은 효율적인 자동화 시스템을 제공하며, UI를 사용하여 AGV, 선반, 스카라 로봇을 하나의 통합 시스템으로 개발하고자 한다. 특히 코드 인식, 초음파 센서, 아두이노 MCU, 스카라 로봇, AGV 등을 활용한 로봇 시스템을 개발하여 반도체 물류 작업을 효율적으로 수행하고자 한다. 다양한 분야에서 활용 가능한 스카라 로봇을 개발하기 위해 마이크로 스텝과 풀리, 타이밍 벨트를 이용한 구동 방식 등을 채택한다. 반도체 물류 센터에서의 자동화는 물류 공간의 확대와 인건비 절감을 기대할 수 있으며, 로봇 및 드론을 활용하여 인건비 절감과 효율성 향상을 통해 기업 비용 절감에 기여할 것으로 예상된다.

키워드: 물류 이송로봇(transfer robot), 지능형로봇(intelligent robot), 스카라로봇(Selective Compliance Assembly Robot(SCARA) Robot)

I. Introduction

로봇은 급증하는 풀필먼트 서비스의 수요와 물류 작업의 증가로 인해, 물류 자동화를 통해 로봇이 인간의 역할을 대신하는 추세에 발맞추어 만들었다. 2026년까지 약 44조원 규모로 예상되는 글로벌 물류 자동화 시장에서의 성장 전망과 국내 시장에서의 연평균 성장률 11.5%에 대한 전망은 이 분야에 대한 수요의 크기와 중요성을 보여주고 있다. 2025년에는 연평균 성장률 11.5%로 규모가 1조원을 넘어설 것으로 전망된다. 2025년까지 물류 자동화 시장은 270억달러로 급성장할 것으로 예상되며, 로봇이 상품 입고, 보관, 상품 피킹, 분류, 출고의 작업을 담당하는 트렌드가 강조된다. 로봇의 작은 크기와 민첩성은 작업 공간을 효율적으로 활용할 수 있도록 도와주며, 로봇을 통한 자동화된 물류 시스템은 불필요한 인력을 최소화하는 데 기여한다.

아마존은 기술 혁신을 통해 성장을 견인하고 있는데, 특히 2012년에 7.75억 달러로 키바 시스템스(Kiva Systems)를 인수한 이후, 자주식 로봇 및 다양한 기술 시스템을 지속적으로 도입해 왔다. 이로써 아마존은 전 세계 물류창고에 52만대 이상의 지능형 로봇을 배치하여 풀필먼트 작업에 효과적으로 활용하고 있다. 뿐만 아니라, 창고 자동화시스템 개발 업체인 벨기에의 클루스터먼스를 인수함으로써 기술을 획득하고, 이를 통해 더욱 진보된 시스템을 구축하는 데 주력하고 있다. 또한, 전기 동력 배달 밴과 드론에 '모창' 기술을 탑재하여 운전자들에게 최적 경로를 제시하고 운전을 보다 효율적으로 수행할 수 있도록 개발하였다. 아마존은 이러한 기술적인 전략을 통해 물류 및 배송 프로세스를 혁신하고 지속적인 성장을 이루고 있다. 아마존의 주요 경쟁사인 월마트도 풀필먼트 강화를 통해 커커머스 분야에서 강세를

보이고 있다. 미국 전역에 걸친 강력한 유통망을 활용하여 월마트는 커커머스 부문에서 빠르게 성과를 내고 있다.

리테일 풀필먼트는 단순히 배송만 하는 것이 아니라 제품을 선택하고 포장한 뒤 배송까지 모든 과정을 책임지는 서비스를 말한다. 이를 위해 유통기업들은 서비스 지역별로 물류센터를 보유하고 있어야 하는데, 특히 도심 속 매장 기반 물류창고, 마이크로 풀필먼트 센터가 미국에서 주목받고 있다. 월마트는 주문 처리 자동화 시스템에 대한 투자를 통해 종전의 12단계 주문 프로세스를 5단계로 단축하고, 로봇 기반 피킹 자동화 시스템 알파벳을 도입하여 물류센터를 효율적으로 운영하고 있다. 또한, 2026년까지 미국 전역에 AI, 머신러닝, 로봇틱스를 결합한 차세대 풀필먼트 센터 5곳을 건설하고 전체 매장의 65%를 자동화할 계획을 선언하였다. 이를 통해 월마트는 물류 분야에서의 기술 혁신에 주력하고 있다.

본 논문의 로봇 시스템은 다양한 작업을 수행할 수 있도록 AGV, 선반, 스키라 로봇을 하나로 통합하여 구현되었다. 이는 물류 작업의 자동화 및 효율화를 위한 혁신적인 솔루션으로, 로봇의 작은 크기와 민첩성을 통해 작업 공간을 효율적으로 활용하고, 불필요한 인력을 최소화함으로써 생산성을 극대화한다. 로봇은 수직 및 수평로봇을 하나로 통합하여 로봇의 대수를 줄이고, 사용자가 직관적으로 조작할 수 있는 UI를 활용하여 AGV, 선반, 스키라 로봇을 통합적으로 제어할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 물류 자동화 시스템의 운영이 보다 효율적이고 간편하다.

II. Design and Control of Robot

물류 로봇 시스템은 AGV와 스키라 로봇으로 구분되며, AGV는 선반을 타고 랙을 올라가 로봇 팔을 활용하여 박스에 접근한 후 허스키 렌즈를 사용하여 부착된 코드를 인식한다. 그 후, 공압 그리퍼를 이용하여 물건을 획득하고 다시 랙을 타고 내려오는 역할을 한다. 이후에는 스키라 로봇이 허스키 렌즈로 박스를 감지하고, 공압 그리퍼로 박스를 잡은 뒤 서보 모터의 회전운동을 활용하여 트럭에 싣는 역할을 수행한다. 이러한 로봇의 동작은 사용자가 편리하게 제어할 수 있는 UI를 통해 구현되었으며, PyQt5를 이용하여 AGV, 선반, 스키라 로봇을 하나의 자동화 시스템으로 통합한다. 또한, 코드 인식 후 선반으로 이동할 때는 랙에 있는 기어와 맞물려 동작하며, 초음파 센서를 이용하여 현재 위치를 감지하고 정확한 이동을 지원한다. 이를 위해 이두이노 MCU를 사용하였으며, 스키라에는 NK243-01AT 모터, AGV에는 AX-12 모터를 사용하였다. AX-12 모터는 자체 포지션을 알 수 있고 무한히 구동이 가능하며, 직렬 통신을 통한 다수의 연결이 가능한 장점이 있다. 스키라에 사용된 NK243-01AT 모터는 정교한 제어에 사용한다.

로봇은 허스키 렌즈를 통해 상자의 고유 번호를 인식하고, 블루투스 통신을 통한 직렬 통신을 활용하여 간단한 동작을 수행한다. 허스키 렌즈는 환경 변화에 강하며, I2C 통신과 이두이노 라이브러리 지원으로 편리하게 사용 가능하다. 이러한 통합된 시스템을 통해 자동화된 물류 작업이 효율적으로 수행될 수 있다.



Fig. 1. Design of SCARA Robot

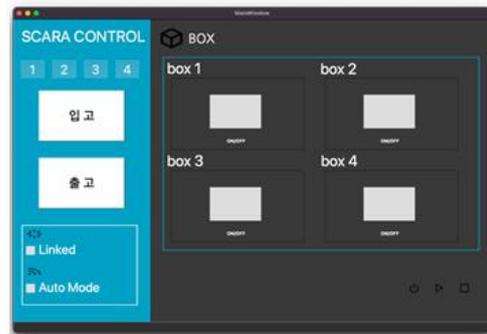


Fig. 2. Control Window of SCARA Robot

선택한 스키라 로봇은 x-y 평면에서 고정된 2개의 수평 관절과 1개의 수직 운동을 할 수 있는 축으로 구성되어 있다. 이 로봇은 조립, 정밀 생산, 절삭 분야에서 사용되는 자동화 로봇 설비로, 다양한 말단 장치를 구현하여 범용성이 높다. 로봇은 몸체, 관절, 그리퍼로 이루어져 있으며, 3D 프린터를 사용하여 제작된 몸체의 전체 크기는 500mm이고 높이는 300mm로 설정하고, 각 관절 간의 거리는 (Joint1-2) 120mm, (Joint2-3) 130mm로 정해졌다.

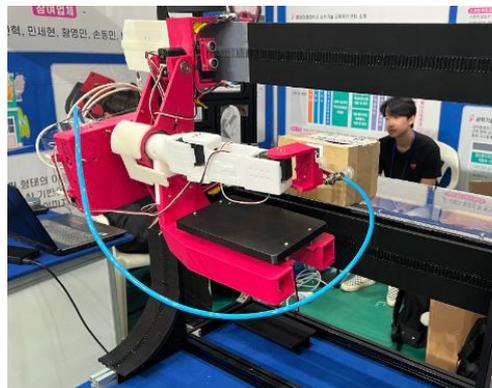


Fig. 3. Operation of Transfer Robot

로봇의 각도는 다양한 식들을 통해 계산되며, NK243-01AT 모터는 step당 1.8°로 이동하고, TB6600 모터 드라이버의 마이크로 스텝 기능을 활용하여 0.45°로 움직인다. 폴리와 타이밍 벨트를 통해 1:5, 1:20 기어비로 구동되므로 각각의 액추에이터는 0.09°, 0.0225°로 움직인다. 따라서 360°를 움직이기 위해서 1축 액추에이터는 16000, 2축은 4000 스텝이 필요하다. AGV의 움직임은 AX-12를 사용하여 제어되며, 포지션 모드와 무한 모드 두 가지 종류의 모드를 코드를 통해 쉽게 전환할 수 있다.

허스키 렌즈를 활용한 코드는 허스키 렌즈가 연결되어 있고 학습 데이터가 있는 경우에 태그를 계속해서 인식하고 해당 위치를 출력한다. 특정 조건을 충족할 때 모터의 동작을 제어하고 중간 포지션을 설정할 수 있다.

마지막으로, QT 디자이너로 디자인한 UI를 PyQt5를 사용하여 이두이노와 통신하는 코드와 결합하여 AGV와 스키라 로봇을 통합한 입/출고 시스템을 시각적으로 구현하였다.

III. Conclusions

반도체 물류 자동화의 도입은 물류 센터 내에서의 작업 효율성을 향상시키고, 보관 용량을 확대하며, 인건비를 감소시킬 것으로 기대된다. 특히, 지게차 이동 공간의 최소화는 보관 용량을 최적화하고 작업 환경을 최대한 활용하는 중요한 요소로 강조된다. 현재의 피킹 단계에서 포장 단계까지의 작업 시간이 상당한 비중을 차지하고 있는데, 자동화 장비의 도입으로 이러한 작업 시간이 현저히 단축될 것으로 전망된다.

글로벌적인 시각에서 2026년까지 물류 자동화 시장은 약 44조원으로 예상되며, 연평균 10.6%의 성장률을 보일 것으로 예측된다. 특히 국내 시장은 높은 성장세를 기록하며, 2025년까지 연평균 성장률 11.5%로 규모가 1조원을 넘어설 것으로 전망된다. 이러한 추세는 물류 자동화 시장이 상품 입고, 보관, 상품 피킹, 분류, 출고와 같은 다양한 작업을 로봇이 효과적으로 수행하는 방향으로 나아가고 있음을 시사한다.

로봇 및 드론을 활용한 물류 자동화는 초기 투자가 크지만, 이로써 발생하는 인건비 절감과 효율성 향상으로 기업은 전반적으로 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 더불어 로봇 및 드론의 제공 및 유지보수 서비스는 새로운 수익의 원천으로 작용할 것으로 전망된다.

마지막으로, 가상 매장과 물류 자동화 시스템은 대량의 데이터를 생성하며, 이를 분석하여 소매업체 및 물류 회사에 비즈니스 인텔리전스를 제공하는 서비스는 높은 수요를 기대할 수 있다. 그러나 이러한 새로운 기술의 도입에 따라 기업은 직원들에게 교육 및 훈련이 필요할 것으로 예상되며, 이를 위한 교육 및 훈련 서비스는 물류 분야의 혁신과 함께 새로운 비즈니스 모델의 발전을 촉진할 것이다.

REFERENCES

- [1] S. J. Park, J. H. Park, K. H. Lee, and M.-Y. Lyu, "Deposition Strength of Specimens Manufactured Using Fused Deposition Modeling Type 3D Printer", pp. 5, 2016.
- [2] H.-W. Nam, K.-J. "Hong Safety and serviceability of form-liners manufactured by a FDM 3D printer," Kookmin University, Seoul, Korea 2018.
- [3] S. Lee. "Giant Warehouse Transport Robot with Vertical Mobility," techrecipe, March 2, pp. 1. 2021.
- [4] Korea Transport Institute. "Global Logistics Technology Trends." V. 17, pp. 696, 2023.
- [5] S. I. Hong, "Quick commerce' competition intensifies, automation becomes mainstream in the U.S. logistics industry," THE GURU, pp. 1, 2023.