

레거시 공작기계 머신텐딩 구현

조창노*, 황정훈*, 전세웅*, 김동엽*, 신동인*, 정병진*, 김태근*, 김근환*
한국전자기술연구원 지능로보틱스연구센터*

Machine tending of legacy CNC machines

Chang Nho Cho*, Jung Hoon Hwang*, Se Woong Jun*, Dong Yeop Kim*, Dongin Shin*, Byung-jin Jung*,
Tae-Keun Kim*, Keunhwan Kim*
Intelligent Robotics Research Center, Korea Electronics Technology Institute*

Abstract - 공작기계는 전자기기, 자동차 등 제조업 전반에 걸쳐 폭넓게 사용되고 있으며 이러한 공작기계를 자동화 하기 위한 machine tending에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다. 신형 공작기계들은 OPC UA나 MTConnect와 같은 다양한 통신 프로토콜을 지원하며 auto-door와 같은 편의 기능을 갖추고 있어 상대적으로 간단하게 machine tending구현이 가능하지만 이러한 기능을 보유하고 있지 않은 구형 레거시 공작기계의 경우 machine tending구현에 많은 어려움이 있었다. 본 연구에서는 이러한 구형 레거시 공작기계의 machine tending 방법을 소개한다. Auto-door기능을 대체하기 위해 전용 메커니즘을 개발, 부착하였으며 공작기계 상태 확인을 위해 deep learning기술을 적용하였다. 개발된 기술을 실제 공작기계에 설치하여 검증하였다.



〈그림 1〉 레거시 공작기계 (대우 PUMA CT250)

1. 서 론

공작기계는 제조 공정의 핵심 장비 중 하나로 전자기기, 자동차 등 다양한 공정에 널리 사용되고 있다. 효율성 향상을 위해서 로봇 머니플레이터를 이용해서 공작기계를 무인화 하는 machine tending에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 신형 공작기계들은 Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA)나 MTConnect와 같은 통신 프로토콜을 지원함으로써 손쉽게 로봇 머니플레이터와 같은 타 장비와의 연동이 가능하다 [1][2]. 하지만 구형 레거시 공작기계는 이러한 통신 기능이 탑재 되어 있지 않아 machine tending 구현에 제한이 있었다.

많은 구형 레거시 공작기계의 machine tending구현의 또 다른 한계점은 하드웨어적으로 foot switch의 사용이 필요한 경우가 많으며 auto-door 등의 기능이 없다는 것으로 이러한 기능들의 자동화를 위해선 추가적인 장비가 요구되었다. 로봇 머니플레이터를 이용하여 이러한 기능들의 자동화를 수행하는 연구도 수행되어 왔으나 cycle time의 증가 및 로봇 하드웨어 사양 및 단가 상승의 문제가 있었다.

본 연구에서는 레거시 공작기계의 machine tending구현 방법을 소개한다. Foot switch 및 공작기계 문 개폐를 위한 전용 메커니즘을 설계, 제작하였으며 OPC UA나 MTConnect없이 공작기계의 상태를 판단하기 위해 deep learning을 적용하였다. 제안된 machine tending방법을 실제 레거시 공작기계에 적용하여 그 성능을 검증하였다.

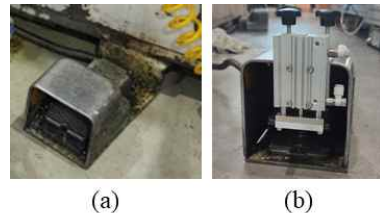
2. 본 론

2.1 레거시 공작기계

본 연구에서 사용된 공작기계를 그림 1에 나타내었다. 공작기계는 대우의 PUMA CT250 모델로 3축 CNC선반 시스템이다. 해당 공작기계는 OPC UA나 MTConnect와 같은 통신 프로토콜을 지원하지 않으며 auto-door 또한 없어 본 연구에 적합한 공작기계라 할 수 있다.

2.2 Foot switch 메커니즘

PUMA CT250은 chuck을 제어하기 위해 foot switch를 사용한다 (그림 2 (a)). 이러한 foot switch는 구동을 위해 높은 압력을 필요로 하므로 본 연구에서는 그림 2 (b)와 같이 공압 실린더를 이용하여 foot switch 메커니즘을 구현하였다. 이러한 공압 실린더는 로봇의 digital output 포트를 통해 제어될 수 있다.



〈그림 2〉 (a) foot switch and (b) foot switch 메커니즘

2.3 문 개폐 메커니즘

공작기계 문 개폐 메커니즘 역시 공압이 사용되었다. 공압 실린더와 슬라이드 메커니즘을 이용하여 제작되었으며 별다른 공작기계의 개수 없이 메커니즘의 탈부착이 가능하도록 네오디움 자석이 사용되었다. 또한 센서가 부착되어 문의 개폐여부를 체크어가 확인할 수 있도록 하였다. 개발된 문 개폐 메커니즘의 부착 사진을 그림 3에 나타내었으며 본 메커니즘 역시 로봇의 digital input 및 output port를 통해 제어할 수 있도록 하였다.



〈그림 3〉 문 개폐 메커니즘

2.4 Deep learning 기반 상태 진단

Machine tending을 위해선 로봇 머니플레이터가 공작기계의 가공상황을 파악하여 가공이 끝나면 작업물을 교체하는 작업을 수행하여야 한다. 그러나 레거시 공작기계는 OPCUA, MTConnect와 같은 통신 프로토콜을 지원하지 않음으로 이러한 작업의 구현에 제약이 있었다. 본 과제에서 사용된 공작기계의 NC 패널을 그림 4에 나타내었으며 NC패널에 복수의 상태 LED가 부착되어 있음을 알 수 있다. 본 연구에서는 deep learning network 학습을 통해 이러한 LED를 바탕으로 공작기계의 상태를 파악할 수 있도록 하였다.

Deep learning network는 classification을 위한 convolutional layer - fully connected layer 형태로 구성하였으며 RGB image 입력을 받아서 LED의 ON/OFF여부를 classification 하도록 하였다 [4]. Classification 강인성을 높이기 위해 다양한 조명 조건에서 데이터를 수집하였으며 data augmentation을 통해 충분한 양의 학습 데이터를 확보하였다.



<그림 4> 레거시 공작기계 NC패널

2.5 전체 시스템 구성 및 시험 결과

본 연구에서 제안하는 machine tending 시스템의 전체 모습을 그림 5에 나타내었다. 로봇은 작업물 이송에 충분한 가반중량 확보를 위해 Universal Robots사의 UR10e가 사용되었으며 학습된 deep learning 모델을 적용하기 위해 로봇 end-effector에 RGB 카메라를 설치하였다.



<그림 5> 전체 시스템 구성

가공 전 모재의 위치와 가공이 끝난 부품의 위치는 일정하다고 가정하였으며 지그를 통해 위치를 설정하였다. 로봇 제어기는 지그 및 척의 위치를 알고 있다고 가정하였으며 모재 파지, 척에 모재 설치, 문 닫기, 가공 시작, 상태 모니터링, 문 열기, 파트 추출 및 배치의 작업을 반복 수행하도록 하였다.

개발된 시스템을 이용하여 가공 작업을 수행하였으며 개발된 시스템이 오류 없이 성공적으로 공작기계의 machine tending 작업을 수행할 수 있음을 확인하였다. 또한 NC패널의 오류 LED 인식을 통해 가공 작업 중 오류가 발생하면 이를 감지하고 사용자에게 알릴 수 있음을 검증하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 레거시 공작기계의 machine tending을 수행하였다. Deep learning 기반 classifier를 이용하여 레거시 공작기계의 소프트웨어적인 한계점을 극복하였으며 하드웨어적 문제를 해결하기 위해 foot switch mechanism 및 문 개폐 메커니즘을 설계 제작하였다. 향후 공작기계 생산 효율성 향상을 위해 deep learning 기반 파지점 인식 기술 적용을 적용, 지그 없는 machine tending을 구현할 예정이다.

감사의 글

This research is supported by "Cooperative Intelligence Based Manufacturing Robotization Support Project " through the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) (P0014165).

[참 고 문 헌]

- [1] Florian Pauker, Iman Ayatollahi and Burkhard Kittl, "OPC UA for machine tending industrial robots - prototypic development of an OPC UA server for ABB industrial robots", International Conference on Advances in Mechanical and Robotics Engineering, pp. 79-83, 2014
- [2] Axel Vick and Jorg Kruger, "Using OPC UA for distributed industrial robot control", 50th International Symposium on Robotics, pp. 1-6, 2018
- [3] Chao Liu, Hrishikesh Vengayil, Yuqian Lu and Xun Xu, "A cyber-physical machine tools using OPC UA and MTConnect", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 51, pp. 61-74, 2019
- [4] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever and Geoffrey E. Hinton, "ImageNet classification with deep convolutional neural networks", Advances in Neural Information Processing Systems, 2012