

산업용 로봇 적응형 제어 프레임워크

신길종, 조든솔, 권준형, 김동연, 조재민, 김원태*

한국기술교육대학교

{home05296, whomsthf123, jhkwon0512, bk077711, chobblue95, wtkim}@koreatech.ac.kr

Metaverse-based industrial robot adaptive control framework

GillJong Shin, Deun-Sol Cho, JunHyung Kwon, DongYeon Kim, Jae-Min Cho, Won-Tae Kim*

Koreatech University

요약

최근, 국내 산업 현장의 스마트 팩토리 구축을 위해 산업용 로봇 제어 기술들을 기반으로 제조 혁신을 추진 중에 있다. 이에 관련하여 수행되고 있는 산업용 로봇 제어 기술에 대한 연구가 진행되고 있지만, 연구의 성장과는 달리 실제로 산업용 로봇에 연구 결과를 적용하는 것에 대한 고려는 미비하다. 산업용 로봇은 연구 환경과는 다르게 시뮬레이션, 교육용 로봇처럼 실시간 상호 연동이 보장된 체계에서 진행되지 않는다. 또한, 연구 환경에서 로봇을 제어했던 프로그래밍 방식을 사용하지 않고 제조/산업에서 사용되는 Job, URP 형식의 작업 파일 형태로 제어되기 때문에 연구의 결과를 실제 산업 현장에 적용하는 데 어려움이 있다. 하지만 기존의 소품종 대량생산 방식에서 소비자들의 개인 맞춤형 제품을 생산할 수 있는 다품종 대량생산 방식으로 변화함에 따라 산업 현장의 산업용 로봇은 오프라인 티칭을 줄이고, 최적화된 작업을 도입하기 위한 AI 기술을 산업 현장에 적용시키는 것이 중요하다. 본 논문에서는 메타버스 환경을 기반으로 시뮬레이션 환경의 최적 AI 모델을 다양한 로봇 물리 시스템의 제어 형식으로 변환할 수 있는 변환기 모듈을 설계하여 로봇 제어 기술의 연구 결과를 산업 현장에 적용할 수 있는 산업용 로봇 적응형 제어 프레임워크를 제안한다.

I. 서론

스마트 팩토리는 사물인터넷, 인공지능, 빅데이터, 로봇 제어 등의 기술을 기반으로 데이터를 시간으로 수집, 분석하여 목적에 따라 자율적으로 제어되는 공장으로서, 공장의 관리 비용 절감과 생산성 최적화, 더 나아가 공장의 고도화를 가속시킬 수 있는 첨단 지능형 공장이다. 대다수의 국내 산업 공장이 스마트 팩토리화를 추진 중이며, 대량, 고속 생산을 위해 로봇 제어 기술이 핵심이 되어 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다.

현재 로봇 제어 기술의 연구는 대부분 임의의 환경에서 ROS와 같은 로봇 제어 플랫폼을 기반으로 진행되고 있기 때문에 실시간 상호 연동이 보장된 체계에서 다양한 API를 제공받고 있다. 하지만, 산업 현장의 로봇은 실시간 상호 연동이 보장된 API를 제공하고 있지 않으며, Job, URP 형식과 같이 제조/산업에서 사용되는 Basic 언어 기반의 작업 파일 형태로 제어되기 때문에 연구 결과를 실제 산업 현장에 적용하는 데 어려움이 있다.[1]

또한, 현재 산업 현장은 아직 소품종 대량생산 방식으로 산업용 로봇이 특정 작업을 반복해서 수행한다. 엔지니어가 수동으로 로봇과 연결된 터치 펜던트로 웨이포인트를 지정해야 하는 한계점이 있지만, 특정 작업의 자동화를 함으로써 공정의 프로세스를 수행하는데 부족함이 없기 때문에 국내 대다수의 산업 공장에서는 연구 결과를 산업 현장에 적용하는 것이 고려되지 않는 상황이다.

하지만, 기존의 소품종 대량생산 방식에서 소비자들의 개인 맞춤형 제품을 생산할 수 있는 다품종 대량생산 방식으로 변화함에 따라 산업 현장의 산업용 로봇은 오프라인 티칭을 줄이고, 최적화된 작업을 도입하기 위한 AI 기술을 산업 현장에 적용시키는 것이 중요하다. 따라서 로봇 제어 기술 연구에서 사용되었던 로봇 제어 형식을 실제 산업용 로봇이 제어될 수 있는 형식으로 변환하는 것이 필수적이다.

본 논문에서는 로봇 기술의 연구를 산업 현장에 적용하기 위한 산업용 로봇 적응형 제어 프레임워크를 제안한다. 시뮬레이션 상의 로봇으로 학습했던 최적 AI 모델을 Job file 변환기를 통해 산업용 로봇을 제어할 수 있는 형식으로 변환함으로써 연구의 결과를 산업 현장에 적용되도록 한다.

II. 본론

그림 1에서 도시하는 바와 같이, 제안하는 제어 프레임워크는 Digital System, Physical System Adapter, Physical system으로 구성되어있다. Digital System은 메타버스 환경에서 AI 학습이 이뤄지는 시스템으로 학습 관리 모듈, 심층 강화학습 엔진, 시뮬레이터 엔진으로 구성된다. Physical System Adapter는 산업용 로봇이 실제로 제어될 수 있는 언어 형식으로 변환시켜주기 위한 변환기로 Job file 생성/실행 모듈로 구성된다. physical system은 실제 로봇을 제어할 수 있는 환경으로 산업용 로봇팔 제어 소프트웨어로 구성된다.

학습 관리 모듈은 주어진 작업(예: 경로 최적화, 공정 Cell 최적화)을 위해 인공지능 모델에 대한 학습을 수행하는 모듈이다. 학습 관리 모듈은 작업 요청 블록, DB 탐색 블록, 모델 학습 블록으로 구성된다. 작업 요청 블록은 로봇 엔지니어가 인공지능 모델에 대한 학습 요청 시, 로봇의 정보와 관련 작업에 대한 데이터를 DB 탐색 블록으로 전달한다. DB 탐색 블록은 수집된 데이터를 기반으로 관련 작업 또는 물리 시스템 정보를 DB 내에서 탐색하여 유사 AI 모델이 존재한다면, 전이 학습을 수행하고, 유사 AI 모델이 존재하지 않는다면 새로운 AI 모델 학습을 결정한다[2]. 모델 학습 블록은 결정된 학습 내용에 따라서 엔지니어가 요청한 작업을 학습하며, 학습이 완료된 경우 관련 정보를 저장한다.

시뮬레이터 엔진은 심층 강화학습 엔진으로부터 제어 명령을 수행하기

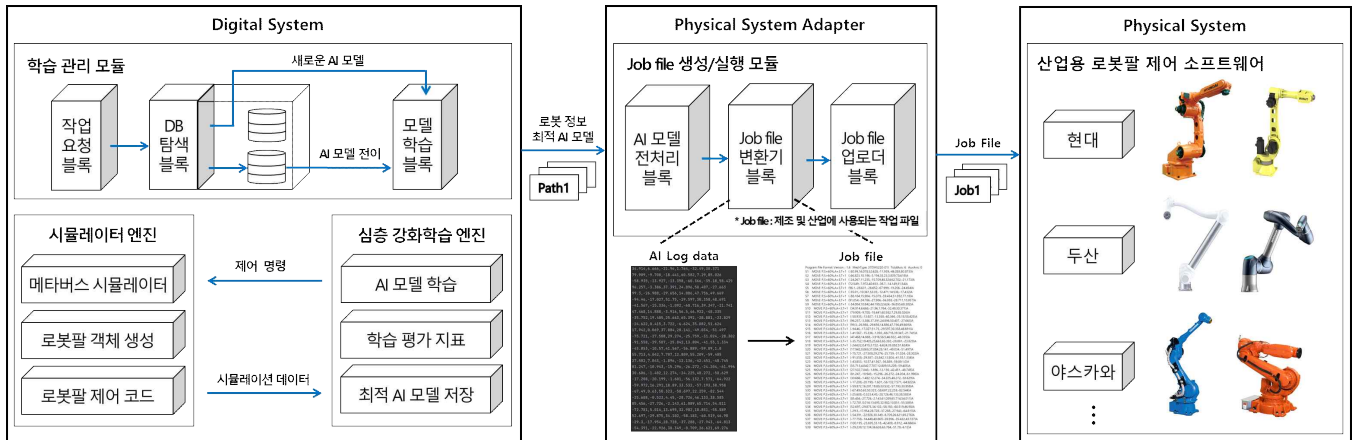


그림1. 산업용 로봇 적응형 제어 프레임워크

위한 가상의 산업용 로봇팔을 가지고 있는 엔진이다. 메타버스 환경의 산업용 로봇팔은 로봇의 시각적 모델링 파일과 URDF(Unified Robot Description Format)와 같은 로봇의 역학 정보로 이루어진다. 메타버스 환경에서 로봇의 정보와 일치하는 가상의 로봇 객체를 생성하고, 심층 강화학습 엔진에서 전달받은 제어 명령을 수행함으로써 제어에 대한 가상 로봇의 상태 값을 다시 심층 강화학습 엔진으로 전달한다.

심층 강화학습 엔진은 시뮬레이터 엔진과 상호작용하여 AI 모델을 학습시키는 엔진이다[3]. 학습 관리 모듈에서 결정된 학습 정보를 기반으로 AI 모델을 학습시키며, 시뮬레이터 엔진으로 제어 명령을 전달한다. AI 모델은 학습 평가 지표(시간, 경로 등)에 의거하여 최적 AI 모델을 저장한다.

Job file 생성/실행 모듈은 전달받은 로봇의 정보와 최적 AI 모델을 바탕으로 실제 산업용 로봇을 제어할 수 있는 Basic 언어 형식으로 변환시켜 주는 모듈이다. AI 모델 전처리 블록, Job file 변환기 블록, Job file 업로더 블록으로 구성된다.

AI 모델 전처리 블록은 전달받은 최적 AI 모델을 전처리하는 작업을 진행한다. Digital System에서 전달받은 최적 AI 모델은 시뮬레이션 상의 데이터로써 사용하고 있는 컴퓨팅 자원에 민감하여 불안정한 로봇 제어(예: 최적 경로 제어 수행시 중복되거나 끊어진 경로)와 같은 신뢰성 문제가 발생할 수 있다. 따라서 물리 시스템에 안정적인 로봇 제어를 적용시키기 위해서 AI 모델 전처리 블록에서 최적 AI 모델을 분석하고 보간법과 같은 전처리를 수행한다.

함수 변환 블록은 전처리된 최적 AI 모델을 산업용 로봇이 실제로 제어될 수 있는 Basic 언어 형식인 Job file 형식으로 변환한다. 그림1의 Job file 처럼 산업용 로봇은 하나의 함수 형태로 제어 값을 입력받는다. 최적 AI 모델에서 필요한 로봇의 속도, 모터값, 좌푯값 등의 데이터를 추출하여 Job file 형식의 함수로 재구성하여 Job 확장자 파일 형식으로 저장한다.

Job file 업로더 블록은 산업용 로봇팔 제어 소프트웨어와 통신할 수 있도록 개방형 인터페이스를 구성하고 산업용 로봇팔 제어 소프트웨어에 저장된 Job file을 업로드한다.

산업용 로봇 제어 소프트웨어는 실제 로봇에게 Job file로 작업을 수행하도록 하는 자체 소프트웨어이다. 산업용 로봇은 티치 펜던트(Teach Pendant)를 활용하여 간단한 수작업 프로그래밍이 가능하며 일반적인 프로그래밍 언어처럼 자체적으로 조건 연산 및 변수 조작 등의 기능을 가지고 있다. 티치 펜던트를 활용하여 만든 간단한 프로그래밍 file은 로봇 내부 소프트웨어에 Job file 형식으로 저장되고, 이를 실행시킴으로써 로봇 제어가 가능하다. 변환기로부터 전달받은 Job file을 해당 경로에 위치하여 산업용 로봇에서 해당 작업을 수행할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 기존 로봇 제어 연구의 결과를 산업용 로봇에 적용하지 못했던 문제점을 해결하기 위해 산업용 로봇 적응형 제어 프레임워크를 제안하였다. 제안하는 프레임워크는 산업 현장이 소비자들의 개인 맞춤형 제품을 생산할 수 있는 다품종 대량생산 방식으로 변화함에 따라 AI를 접목한 최적화된 로봇 제어 연구를 산업 현장에 적용할 수 있다.

빠르게 성장하고 있는 스마트 팩토리 구축에 AI를 활용한 산업용 로봇 적응형 제어를 하게 된다면 더욱 효과적인 생산라인을 구축할 수 있고, 작업 자율화로 오프라인 인력이 줄어드는 효율적인 공정 구축할 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 스마트엣지디바이스기술개발사업(2022-0-00454)의 지원으로 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] 김효규, 산업용 로봇 제어기술. 전자공학회지, 2004.
- [2] Fuzhen Zhuang, Zhiyuan Qi, Keyu Duan, Dongbo Xi, Yongchun Zhu, Hengshu Zhu, Hui Xiong, Qing He. A comprehensive survey on transfer learning. Proceedings of the IEEE, 2020.
- [3] Zhijun Li, Ting Zhao, Fei Chen, Yingbai Hu, Chun-Yi Su, Toshio Fukuda. Reinforcement learning of manipulation and grasping using dynamical movement primitives for a humanoidlike mobile manipulator. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2017.
- [4] Julian Ibarz, Jie Tan, Chelsea Finn, Mrinal Kalakrishnan, Peter Pastor, Sergey Levine, How to train your robot with deep reinforcement learning: lessons we have learned. The International Journal of Robotics Research, 2021.