

21 인공지능을 활용한 강화 학습을 통한 PID 튜닝 방법

연구자 정보: 지속가능기술연구소 산업전환기술부문 유영준 수석연구원 기술이전문의 | tlo@kitech.re.kr

기술 구분

기술 분류

기계/소재 **전기/전자** 섬유/화학 바이오/의료

기술 단계 구분

기초원천기술 상용화·제품화 기술

기술 개요

본 발명은 인공지능을 활용한 강화학습 기반의 PID 튜닝 방법에 관한 것으로, 기존의 규칙 기반 또는 시행착오 방식에서 벗어나 제어 성능을 향상시키는 기술

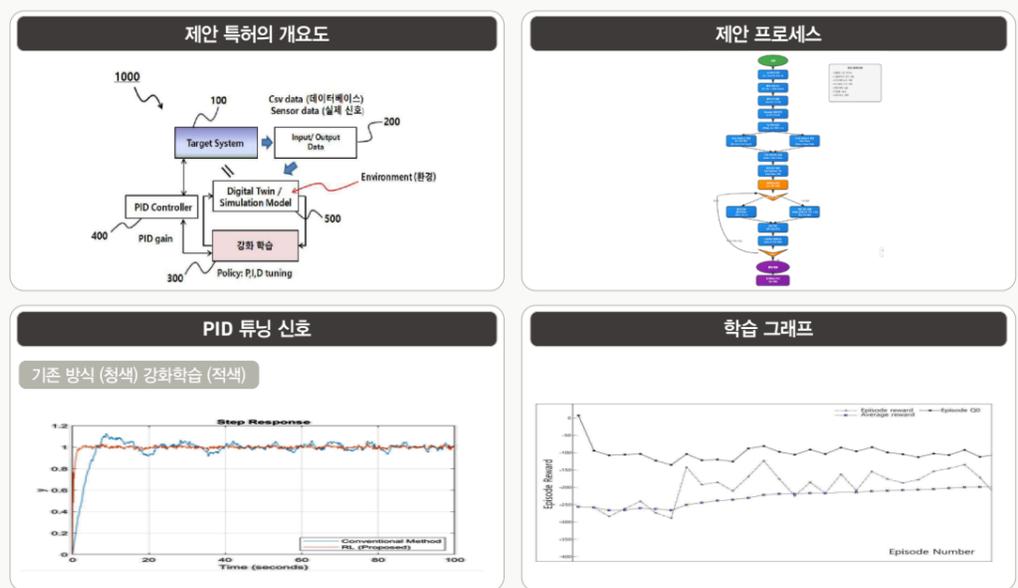
PID 제어기는 비례(P), 적분(I), 미분(D) 제어 요소를 조합하여 목표 값에 빠르게 도달하고 안정적인 상태를 유지하는 일반적인 폐루프 제어 방식

전통적인 PID 튜닝 방식은 경험적 시행착오나 Ziegler-Nichols, Cohen-Coon 등 규칙 기반 알고리즘을 이용하지만, 특정 조건에서 진동 발생이나 오버슈트 등의 성능 저하 문제가 존재

기존 AI 기반 기법은 실제 시스템 (모터, 온도) 장치에서 수집한 데이터로만 학습되어 초기 단계에서 활용이 제한되는 문제가 있어, 본 발명은 시스템 식별/디지털 트윈을 활용한 튜닝을 통해 및 안정성 확보를 목표

→ 즉, 본 발명은 강화학습을 통해 최적의 PID 게인을 도출하는 AI 기반 튜닝 기법을 제안

주요도면/사진



기술의 특징 및 장점

기존 기술 한계	개발 기술 특성
기존 PID 튜닝은 작업자의 경험과 시행착오에 의존 Rule 기반 기법(Ziegler-Nichols, Cohen-Coon 등)은 간단하지만 진동 응답, 오버슈트 문제로 인해 제어 안정성 확보가 필요 제어 목표나 루프 성능 조건을 명확히 반영하려는 제약 조건이 있음 (오버슈트, 정착 시간, 정상 상태 오차를 최소화할 동시에 만족하기 어려움)	본 기술은 강화학습 기반 인공지능 모델을 이용하여 최적의 PID 게인을 자동 도출 디지털 트윈 기반 시뮬레이션 또는 실제 센서 데이터를 통해 사전 학습된 모델로 튜닝 가능 정책(policy) 기반으로 reward 함수를 활용하여 오버슈트, 정착 시간, 정상 상태 오차를 최소화 하며 성능을 지속적으로 향상

기술 적용제품 및 활용 분야

구동기 (모터)가 들어가는 산업용 자동화 설비의 제어기(PID Controller) 최적화 시스템에 적용 가능
 로봇, 드론, 자율주행 차량 등 정밀한 제어가 필요한 지능형 기기에 활용 가능
 반도체, 스마트 팩토리, 에너지 시스템 등 복잡한 프로세스를 가지는 제조 공정 제어 분야에 폭넓게 활용 가능

국·내외 시장 동향

[글로벌 PID 컨트롤러 시장 규모와 성장률 (출처: Fortune Business Insights 등)]

- 2022년 기준 글로벌 PID 컨트롤러 시장 규모는 약 15.2억 달러로 추정되며, 산업 자동화 수요 확대에 따라 꾸준히 성장 중
- 석유화학, 에너지, 반도체, 제약 등 다양한 산업에서 정확한 공정 제어 수요가 증가하면서 PID 제어기의 중요성 증대
- 2029년까지 연평균 4.2% 성장률을 기록하며 약 19.4억 달러 규모로 성장할 것으로 전망
 (※ <https://www.fortunebusinessinsights.com/pid-controller-market-106844>)

[AI 및 강화학습 기반 PID 튜닝 기술 트렌드]

- 최근 연구에서는 강화학습(예: DDPG, TD3, PPO 등)을 이용하여 시뮬레이션 환경에서 PID 게인을 자동으로 최적화하는 시도가 활발
- 디지털 트윈 기반 시뮬레이터와 연동하여 실제 시스템의 동작을 반영한 PID 튜닝이 가능해지고 있으며, 이는 학습 시간과 데이터 비용을 절감
- 해당 기술은 고비용/고위험의 실제 설비 적용 전에 안정성 검증을 가능하게 하며, 향후 스마트 제조, 항공 우주, 로봇틱스 분야에서 핵심 기술로 주목

기술 완성도

해당되는 단계에
 ● 체크 표시

TRL 1 TRL 2 TRL 3 TRL 4 TRL 5 **TRL 6** TRL 7 TRL 8 TRL 9

TRL 6 시스템/서비스시스템 모델 또는 시제품이 유사환경에서 시험 및 검증된 단계

지식재산권 현황

No.	특명명	출원일자	출원번호	등록번호
1	인공지능을 활용한 강화 학습을 통한 PID 튜닝 방법	2023. 05. 22.	10-2023-0065656	-