

기획위원회

기획 : 강석태(기획위원회 위원장, KAIST)

Water AI (II) : AI기반 설계 자동화와 자율 운전

경희대학교 환경학 및 환경공학과 유창규 교수
부강테크 Water AI 팀장 박민석

일반적으로 수처리 플랜트를 건설하기 위한 첫 단계인 제안 및 설계는 숙련된 공정 설계 인력의 노하우에 크게 의존하며 많은 양의 문서 작성과 계산, 도면 수정 작업과 같은 단순 반복 업무가 수반되어 대표적으로 효율성이 떨어지는 업무로 알려져 왔다. 물 산업 분야의 업무 효율 증가와 시변성이 강한 처리장 부하 변동에 따른 운전 효율성 증가를 위해 모델링 및 AI 기술을 이용한 수처리 플랜트의 설계 자동화와 자율 운전은 Water AI 적용에 매우 적합한 분야로 보고되어 왔다 [1].

본 기고 내용은 4차 산업혁명기술과 물 산업의 융합 연구인 Water AI의 수처리 플랜트 응용 사례를 소개하고자 한다. Water AI 응용 사례로 3D BIM 기법을 도입한 하수처리장 설계 자동화 사례와 AI 자율 운전 연구 사례를 소개하고자 한다. 첫번째 케이스는 Water AI Design 자동 설계로 하수처리 플랜트 빅데이터 정보(유입수 정보, 공정 부하, 처리 효율/공법등)를 하수처리 설계 인자로서 feedback하여 하수처리장의 3D 도면을 통한 BIM(Building Information Modeling) 설계 자동화 사례를 소개하고자 한다. 두 번째 응용은 AI기반 Smart O&M으로 유입 수질, 처리효율 및 운전 데이터를 바탕으로 인공지능 에이전트를 통해 최적 운영 전략을 수립하는 Water AI 자율운전 플랜트(Water AI-based Autonomous plant)을 소개하고자 한다.

CASE I: AI기반 설계 자동화 (3D-BIM)

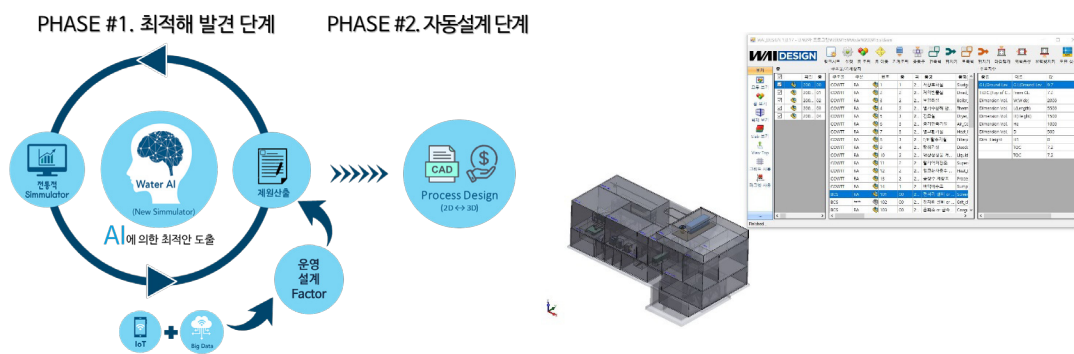


Fig. 1. Water AI Design을 통한 수처리플랜트 3D CAD-BIM 설계 자동화 [2]

수처리분야의 AI를 도입한 하수처리장 설계 자동화는 설계 빅데이터와 강화학습에 기반한 AI agent가 처리장 계획 부지 및 유입수 수질 등의 조건에 따라 모델링 기반 시뮬레이션에 따른 프로젝트 맞춤형 최적 공정 및 3D CAD 도면을 제공하고 다양한 설계변경 및 자원/물량을 자동화하여 평가함으로써 신속한 의사결정을 가능케 한다.

설계 자동화는 크게 최적 공정 선정 및 자원 산출 단계, 3D 도면의 레이아웃 배치/검토, 3D 도면 및 내역서 자동산출 단계로 구성된다 (그림 1). 실제 하수처리시설 건설에 설계 자동화 기술을 도입할 경우, 기존 설계 대비 물질 수지 및 용량 계산, 기기 선정 및 레이아웃, 공사비 및 유지관리비, 도면작업까지 약 280시간의 작업시간이 소요되었으나, 자동화 프로그램을 통해 약 9~12시간 이내로 단축하여 기존 소요시간 대비 약 95% 이상의 man-hour를 단축할 수 있음을 보였다. Water AI Design 설계 자동화 tool은 3D 설계 산출을 통한 체계화된 관리로 플랜트 엔지니어링 시간 및 소요비용을 절감할 뿐만 아니라 3D 모델링을 통한 구조물 간섭 여부를 확인하여 직관적인 오류 및 Human Error를 줄일 수 있어서 다양한 수처리 효율적인 설계를 가능케 한다.

CASE II: AI기반 하수처리장 자율 운전

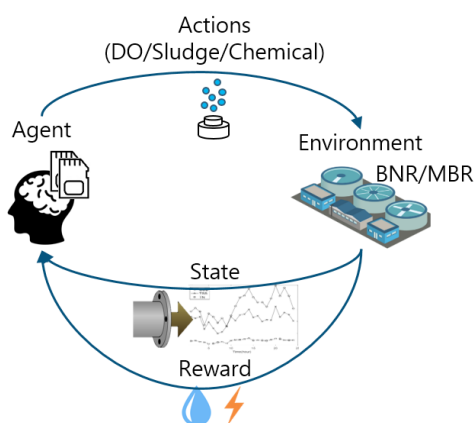


Fig. 2. Water AI기반 처리장 자율운전시스템 [3]

생물막 반응조 (membrane bioreactor, MBR) 공정은 오염물질 제거 효율이 높으나 막 오염으로 인해 공정 운영 비용이 크게 증가하는 대표적인 수처리 공법으로 특히, 막오염(membrane fouling) 저감하는 운전 전략이 MBR공정 운영에 가장 중요한 운전 인자로 알려져 있다. MBR공정은 유입 부하 예측 모델과 강화 학습을 결합한 자율 운전 인공지능 기술 응용을 통하여 다양한 운전변수 (용존산소 농도, 반송/내부 슬러지량, 외부탄소원, 막 공정 운영 set-points 등)의 최적 운영 전략을 제공함으로써, MBR공정운전시 operating expenditure (OPEX)를 획기적으로 저감 가능한것으로 보고되어 있다[3]. 특히 빅데이터 해석 및 인공지능 모델링을 통한 공정 효율 예측과 막 오염 진단/막교체 정보는 MBR 공정의 예지 정비 (Preventive Maintenance, PM) 주요 기술로 응용될 수 있다.

Water AI 자율 운전 목표: 인공지능(AI) 학습을 통하여 Agent가 플랜트 상황을 스스로 판단해 공정 변수의 매순간 최적치를 자율 결정하는 AI 기반 자율운전 시스템 개발

1) AI 기반 하수처리 유입 부하 예측 모델링

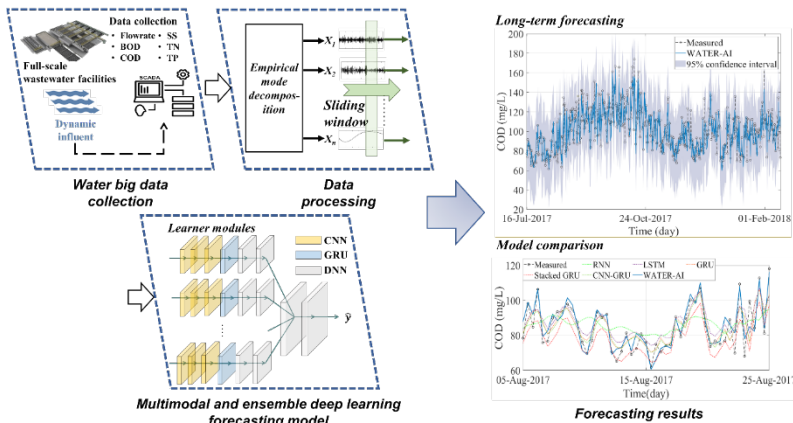


Fig 3. Data-AI (Multimodal and Ensemble Deep Learning) 하수처리장 유입 Load 예측 모델 [4]

요에 맞게 다양한 Forecasting horizons에 대하여 유입 Load를 정확히 예측할 수 있었으며, 기존의 인공지능 기술을 이용한 유입수 예측 모델과 비교하여 90% 이상의 높은 예측성과 뛰어난 모델 적합성을 보였다.

2) Deep-RL 기반 MBR 최적 자율 운전 시스템

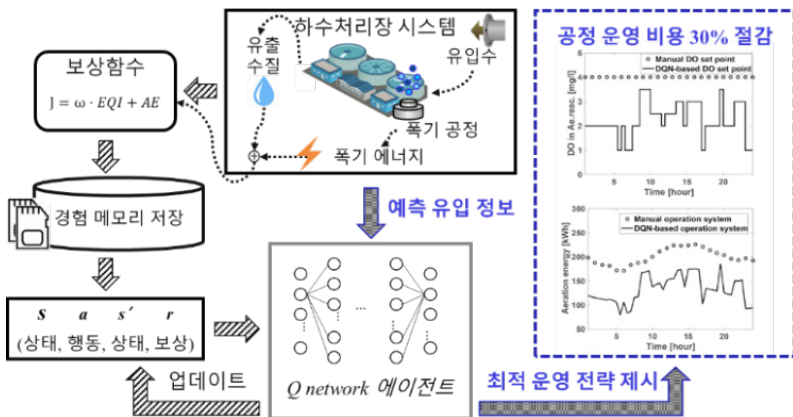


Fig. 4. MBR 하수처리장 AI 기반 최적운영시스템 [5]

달성하는데 활용이 가능하다.

현재 연구가 진행 중인 빅데이터와 AI를 이용한 Water AI 연구분야는 수처리 플랜트를 시작으로 상수/간망/관거/수계/담수화/기후변화 같은 수처리분야에 확대 적용하여 수처리 분야의 AI 설계 자동화와 자율 운전 원천기술을 확보 및 환경분야 고부가가치화의 breakthrough technology로서 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] Sami, W. et al., Digital Water, International water association (IWA), 2019
 [2] Water AI (4차 산업 기술과 물 산업의 융합), www.bkt21.co.kr/wai, 2020
 [3] 유창규, AI를 활용한 MBR 관리 및 운전 최적화 관련 알고리즘 및 소스코드 개발, SECL, 2019
 [4] SK Heo, KJ Nam, Jorge Loy-Benitez and CK Yoo*, Data-Driven Hybrid Model for Forecasting Wastewater Influent Loads Based on Multimodal and Ensemble Deep Learning, IEEE Transactions on Industrial Informatics 2020 (in revision)
 [5] KJ Nam†, SK Heo†, and CK Yoo*, An autonomous operational trajectory searching system for MBR plant using deep reinforcement learning, Water Science and Technology, 81(8), 1578, 2020 (Editor's choice: 표지논문)

저자약력



유창규

포항공대에서 박사학위를 받았으며 현재 경희대학교 환경학 및 환경공학과 교수로 재직 중이다(경희 Fellow). 모델링/AI에 기반한 환경시스템 자율설계/제어/최적화/자율제어에 관한 원천기술을 연구하고 있다. 2019~2020년 (주) 삼성전자 DS 환경안전연구소 친환경기술부문(배기/그린) 겸직.



박민석

부강테크 Water AI 팀장으로 재직 중이며, 하수처리분야 제안/설계 자동화프로그램 'WAI Design' 및 하수처리시설에 가상물리시스템(CPS) 기법을 적용한 'WAI Operation' 프로그램을 개발을 총괄하고 있다.