

"세계 최초"는 이제 일상- ENEOS Materials, AI를 활용한 공장 자율 제어 성공

ENEOS Materials Corporation

위치: 일본 미에현
완료시기: 2023년 3월
산업분야: 기초화학



ENEOS Materials Corporation

Executive Summary

에네오스그룹에서 소재 사업을 담당하는 주식회사 ENEOS Materials Corporation(이하 에네오스머티리얼)은 합성고무, 열가소성 엘라스토머, 라텍스 연구·개발·제조·판매하는 화학회사이다. 이 회사의 고품질 제품은 자동차, 공산품, 신발 등 생활필수품에 널리 사용된다.

에네오스머티리얼의 Yokkaichi 공장은 세계 최초^{*1}로 AI 기술을 활용하여 장기간의 실제 공장의 운전을 성공했다. Yokogawa의 이 자율 제어 AI 솔루션은 이전에 자동화가 어렵다고 입증되었던 이 공장의 시설에서의 가동을 제어함으로써 에너지 절감과 제품 품질을 모두 달성하고 현재까지도 Yokkaichi 공장에서 사용하고 있다. 이 세계 최초^{*1}의 AI 솔루션은 이제 이 공장에서 일상적인 작동의 일부가 되었다.



About the Project

AI가 공장을 제어할 수 있음을 입증하는 것을 목표로

2020년 Yokogawa Digital의 DX 서비스 부문 책임자인 Keiichiro Kobuchi는 자율 제어 AI가 공장의 운전을 직접 제어하는 작업에 적합한지를 입증하는 테스트가 필요한 시점이라고 판단했다. 검토 중인 AI 솔루션은 Yokogawa와 나라첨단과학기술대가 공동 개발한 강화 학습 기반 AI 알고리즘인 FKDPP(Factor Kernel Dynamic Policy Programming)로, 이번 테스트는 경제산업성(METI)이 보조하는 산업안전 고도화 촉진 프로젝트의 일환으로 실시해 스마트 산업안전 기술의 활용을 실증할 계획이었다.

Kobuchi는 이번 실증에서 Yokogawa의 제후 제안으로 JSR코퍼레이션의 엘라스토머 사업부(현재 에네오스머티리얼 소유)에 연락했다. 이 사업부는 신기술 도입에 항상 적극적이었기 때문에 대화는 순조롭게 진행됐다. Kobuchi는 경제산업성(METI)을 위한 『플랜트 안전 분야 AI 신뢰성 평가 가이드라인』 문서를 작성한 위원회에서 함께 일했던 경험이 있어 이 회사 생산엔지니어링부의 Masataka Masutani 단장과도 친분이 있었다. Masutani 와 동료들은 Yokogawa가 자율제어 AI 실증 테스트를 진행하겠다는 계획을 접하자마자, 이를 적용할 수 있는 대상으로 이 회사 Yokkaichi 공장의 부타디엔 생산 설비를 떠올렸다.

이 프로젝트의 목표

2020년 8월 Yokogawa와 Yokkaichi 공장의 제조 3팀 구성원들은 이 공동 실증 프로젝트를 시작했다. 이 팀은 합성 고무의 원료인 부타디엔 생산용 증류탑을 담당하고 있었고, 제조 공정에서 해결해야 할 문제가 있었기 때문에 선정하였다.

고순도의 부타디엔을 추출하기 위한 증류탑에서는 끓는점이 가까운 물질과 부타디엔을 효율적으로 분리하기 위해 증류탑 내의 레벨 및 증류탑에 주는 열(폐열·스팀을 사용)을 적절히 유지할 필요가 있다. 증류탑 내 액체 레벨의 변동은 추출된 제품의 품질 저하를 초래하며, 다량의 증기 사용은 에너지를 낭비하고 비용이 많이 든다. 품질과 에너지 절약을 모두 고려하면서 탑 내의 레벨을 일정하게 유지하는 열계통의 두 밸브를 조절할 필요가 있었다. 그러나 날씨와 관련된 주변 온도 변화와 같은 외란이 많기 때문에 DCS나 APC(Advanced Process Control)에서는 완전히 제어되지 않았다. 회사는 이러한 밸브를 수동으로 제어하기 위해 공장 운전자에게 의존해왔기 때문에 이러한 밸브 설정이 자율 제어 AI에 의해 제어될 수 있는지 여부를 결정하기 위해 이 테스트를 수행하기로 결정했다. 목적 중 하나는 운전자의 작업 부하를 줄이는 것이었다.

한편, Yokogawa는 이번 실증을 통해 자율제어 AI가 공장의 운영을 직접 제어할 수 있고, 나아가 PID와 APC가 효과적으로 적용될 수 없는 공정까지 AI가 제어할 수 있음을 증명하고 싶었다.

에네오스머티리얼과 Yokogawa는 AI가 이 시설에 대한 조작 변수(MV)까지 자율 제어하는 것을 목표로 활동을 개시했다. 주목해야 할 점은 코로나19 여파로 그 때 당시에 두 팀은 직접 만나지 못한 채 프로젝트를 진행했다.



Yokkaichi 공장의 생산 시설

실증까지의 단계

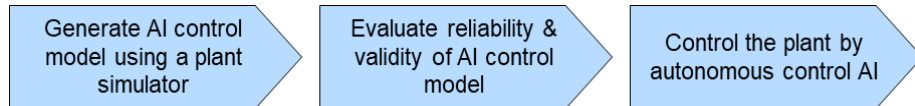
에네오스머티리얼과 Yokogawa는 다음과 같은 단계로 FKDPP에 의한 실제 공장 제어를 성공시켰다. 이 때 생성된 AI 제어 모델은 세계 최초로 35일간에 걸친 AI 운전을 실현했다(2022년 1월 17일~2월 21일)*1

Press release: [Yokogawa와 JSR, 35일 연속 AI 기반 화학 공장 자율 제어 현장 테스트 최초 성공](#) | Yokogawa Electric Korea Co., Ltd.

Step 1: 공장 시뮬레이터(Omega Land) 상에 실제 공장의 모델을 구축하고 시뮬레이터 상에서 FKDPP에 학습시켜 AI 제어 모델을 생성

Step 2: 현장의 지식과 데이터를 바탕으로 생성된 AI 제어 모델을 평가하고 개선, AI가 제시한 조작변수(MV)값을 오퍼레이터가 DCS에 입력하는 형식으로 실제 공장에서의 운전을 실시

Step 3: 안전을 확보한 다음 FKDPP가 자율적으로 제어를 실행



AI 제어 모델 개선

공장이 주기적인 유지보수와 수리를 위해 예정된 가동 중단 이후, 훨씬 더 높은 안정성을 가진 새로운 버전의 AI 제어 모델이 2022년 4월에 가동을 시작했다. 이 모델을 수정하면서 Yokogawa는 자율 제어 AI의 작동 행동에 대한 정보와 에네오스머티리얼가 제공한 데이터 분석 결과를 고려했다. 비록 이 프로젝트는 "품질과 에너지 절감을 극대화"라는 복잡한 조건으로 시작했지만, FKDPP는 그 후 1년 내내 자율 학습 AI 제어 모델을 사용하여 두 개의 밸브를 효율적으로 작동시킬 수 있다는 것을 보여주었다. 그렇게 함으로써, 에네오스머티리얼은 세계 최초의 자율제어 AI*2에 의한 공장의 장기간 자율제어라는 빛나는 기록을 세웠다.

Press release: [Yokogawa의 자율 제어 AI, 세계 최초로 에네오스머티리얼 화학공장에 공식 채택](#) | Yokogawa Electric Korea Co., Ltd.

프로젝트의 성과

FKDPP는 현재까지도 해당 공장에서 계속 사용되고 있으며, 이제는 일상적인 운전의 한 축을 담당하고 있다. 밸브 조작의 자동화를 통해 다음과 같은 의미 있는 성과가 나타났다:

- 자율제어를 통한 운전원 업무 부담 경감
- 공정 안정화를 통해 고품질 부타디엔의 안정적 생산 실현
- 스팀 사용량 40% 절감으로 에너지 절약 및 비용 절감 달성

현재의 AI 제어 모델은 안정적으로 작동하고 있지만, 공장 현장에서는 모델의 완성도를 더욱 높이기 위한 추가적인 개선 작업을 지속하고 있다. 궁극적인 목표는 공정 안정화를 극대화할 수 있는 세계 최고 수준(best-in-class)의 AI 제어 모델을 구축하는 것이다.

고객 만족

Q. 공장에 AI를 처음 적용한다는 계획을 들었을 때 어떤 생각이 드셨나요?

“매우 흥미롭다고 생각했습니다. 우리 회사는 새로운 기술을 적극적으로 도입하는 매우 전향적인 기업 문화를 가지고 있습니다. 그동안 IT와 DX를 지속적으로 추진해 왔고, 드론을 활용한 설비 점검이나 합성고무 제품의 이상을 영상 데이터로 검출하는 등 많은 개선 활동을 실시해왔습니다. AI는 이러한 혁신의 최신 단계라고 생각합니다.”

이 프로젝트의 대상자로 선정되었을 때 매우 설렜고, 최신 자율제어 AI 기술과 함께 일할 수 있는 기회를 얻게 되어 감사하게 생각합니다.”



Fukami (생산본부 제조 3팀), Yada (생산본부 제조 3팀)

Q. 해당 밸브 제어는 어려운 작업인가요?

우리는 DCS와 APC를 활용해 해당 밸브의 자동화를 시도해 왔지만, 성공하지 못했습니다. 운전원들은 증류탑 레벨에 미치는 영향을 고려하면서 수동으로 밸브를 조작해야 했고, 외란이 발생할 경우에도 빈번하게 수동 개입이 필요했습니다. 업무 부담이 매우 컸습니다. 모두가 이 공정을 자동화하고, 동시에 에너지 절감과 비용 절감을 이루고 싶어 했습니다.”

Q. 실제 공장을 AI가 제어하는 것에 대한 우려는 없었나요?

“전혀 걱정하지 않았습니다. 우리 플랜트에는 안전 계장 시스템이 갖춰져 있고, 문제가 발생하면 언제든지 AI를 정지시키고 기존 DCS 운전으로 되돌리면 됩니다.”

“35일간의 연속 운전 기간 동안, 운전원들로부터 ‘AI를 멈춰도 괜찮은지’ 묻는 전화를 몇 차례 받았습니다. 처음에는 AI가 사람이 생각하지 못한 방식으로 밸브를 조작하는 것을 보고 다소 걱정했기 때문입니다. 하지만 지금은 FKDPP에 운전을 맡기는 데 완전히 익숙해졌습니다.”

Q. FKDPP 적용 후 운전 상태는 어떤가요?

“현재는 목표 레벨 대비 $\pm 5\%$ 범위 내에서 동작하는 AI 제어 모델을 사용하고 있으며, 이에 따라 제어가 실행되고 있습니다.”

“사람은 두 개의 밸브를 동시에 조작할 수 없지만 FKDPP는 가능합니다. 때로는 사람은 생각할 수 없는 밸브 조작을 수행하기도 합니다. 이를 지켜보며 우리 운전원들은 새로운 노하우를 얻고 있습니다.”

Q. 자율제어 AI에 대한 신뢰 수준은 어느 정도인가요?

“FKDPP와 현재의 AI 제어 모델에 대한 신뢰도는 100%입니다. 현재 새로운 모델을 구축 중이지만, 만약 기대에 미치지 못하더라도 즉시 기존 모델로 되돌릴 수 있습니다. 전혀 문제가 없습니다.”

Q. 당시 "세계 최초"라는 성과를 달성했는데, 사내 반응은 어땠나요?

“그 공로로 사장상을 수상했습니다.”

“에네오스그룹사 직원들로부터 ‘Yokkaichi 공장의 그 제조 3팀 맞죠?’라는 말을 종종 듣습니다. 그룹 내에서 큰 주목을 받았다는 것을 실감하고 있습니다.”

“공장의 젊은 직원들을 대상으로 AI 워크숍도 개최했습니다. ‘FKDPP로 제어해 보고 싶은 공정이 있나요?’라고 질문했더니 예상보다 훨씬 많은 의견이 나왔습니다. 자율제어 AI가 사람이 감당하기 어려운 영역까지 자동화할 수 있다는 인식이 직원들 사이에서 확산되고 있다고 느낍니다.”



Suzuki (생산본부 제조 3팀 차장), Tachi (생산본부 제조 3팀)

Q. Yokogawa와 협업에 대한 의견이나 기대를 들려주세요

“코로나19로 인해 대부분 온라인으로만 협업했고, 최종 보고회에서 처음으로 대면 미팅을 할 수 있었습니다. 처음부터 대면으로 진행했다면 정보 공유가 더 수월했겠지만, 주간 온라인 미팅과 데이터의 온라인 교환을 통해 프로젝트를 성공적으로 마무리할 수 있었습니다.”

“이러한 제약 속에서도 프로젝트는 꾸준히 진전을 이뤘습니다. Yokogawa 담당자들과 긴밀히 소통했고, 제공한 데이터에 대해 매일같이 세심한 코멘트를 주었습니다.”

Q. 향후 과제는 무엇인가요?

“현재 증류탑 상태는 만족스럽지만, 레벨 안정도를 $\pm 2\%$ 수준까지 끌어올리고 싶습니다. 그렇게 되면 운전원 업무 부담은 더욱 줄어들 것입니다. 또한 레벨 안정화뿐만 아니라 합성고무 품질 향상과 에너지 절감 효과도 더욱 높이고자 합니다.”

“이 자율제어 AI 솔루션을 하류 공정인 중합 공장에도 적용하고 싶습니다. 중합 공정은 매우 어려운 도전이 될 것이지만, 증류탑에서의 성공을 다른 공정에서도 재현하고 싶습니다.”

“우리는 이미 개선의 한계에 도달했다고 생각했지만, AI와 같은 새로운 기술을 도입하면서 아직도 더 많은 가능성이 있다는 것을 깨닫게 되었습니다.”



Fukami, Yada, Suzuki, Tachi (Yokkaichi 공장 생산본부 제조 3팀),
Kobuchi (Yokogawa)

부서명 및 직함은 인터뷰 당시 기준입니다.

*1 2022년 2월 Yokogawa 시장 조사 기준 - 화학 플랜트에서 조작 변수(MV)를 AI가 직접 변경하는 사례

*2 Yokogawa 정의에 따른 자율제어AI - 높은 견고성을 바탕으로, 처음 접하는 상황에서도 최적의 제어 방식을 도출하고 일정 수준까지 자율적으로 대응 가능한 AI



Yokogawa 본사 쇼룸에 전시 중인 FKDPP 데모 시스템

Yokogawa Electric Corporation

YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION

World Headquarters

9-32 Nakacyo 2-chome, Musashino-shi, Tokyo 180-8750, Japan

<https://www.yokogawa.com/>

Subject to change without notice

All Rights Reserved, Copyright © 2024, by Yokogawa Electric Corporation