

디지털 트윈을 활용한 스마트 팩토리 에너지 효율화 모델링 및 플랫폼 개발

팀명

EcoNOVA

지도교수

이상금 교수

참여학생

박선아, 서지윤

작품 개요

1. 제지 산업의 디지털 전환 필요성과 프로젝트 목표

제지 산업은 에너지 사용이 많은 업종으로 에너지 절감과 품질 개선, 환경 대응이 중요한 과제다. 산업계에서는 이를 해결하기 위해 디지털 전환과 디지털 트윈 기술을 활용한 공정 개선에 주목하고 있으며, 특히 디지털 트윈은 생산성과 에너지 효율을 사전에 분석할 수 있는 핵심 기술로 평가된다. 그러나 제지 공정은 여전히 작업자의 경험에 의존해 정량적 분석과 객관적 의사 결정이 어려운 상황으로, 본 프로젝트는 공정 데이터를 통합 관리하고 분석해 에너지 절감과 품질 향상을 동시에 달성하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 데이터 기반 의사결정 지원, 가상 공정 시뮬레이션을 통한 최적 운전 전략 도출, 실시간 모니터링 및 운전 가이드 제공을 주요 목표로 설정하였다.

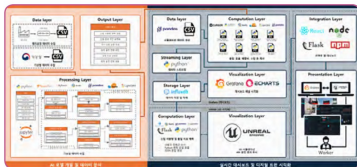
2. 웹 대시보드 구성 및 기능

웹 대시보드는 React 기반으로 제작되었으며 Python 기반 모듈이 모델 연산을 수행하고 Flask API를 통해 이를 실시간으로 스트리밍해 화면에 반영한다. 대시보드는 속도, 수분, 압력, 품질 점수, 센서 중요도 등의 지표를 ECharts 기반 차트로 시각화하고 유사 공정 비교, 품질 예측, 센서 민감도 분석 등 다양한 분석 결과를 통합해 작업자의 의사 결정을 지원한다. 또한 웹사이트 형태로 구축되어 PC, 노트북, 현장용 태블릿 등 다양한 환경에서 접근이 편리하며 기능 확장성과 활용 가능성을 높인다.

3. 디지털 트윈 시뮬레이션 구성 및 연동 방식

디지털 트윈 시뮬레이션은 Unreal Engine 기반으로 제지 공정을 단순화한 3D 가상 환경을 구현하고, 공정 상태에 따른 결과 예측이 가능한 시뮬레이션 환경을 제공한다. Python 기반 모듈은 Flask API를 통해 수집·예측된 데이터를 Unreal Engine과 연동하며, VaRest플러그인을 통해 JSON 데이터를 HUD 및 3D UI에 실시간 반영한다. 주요 지표(스팀 사용량 예측, 초과 여부, 품질 점수)를 시각화하여 에너지 소비와 품질 변화를 직관적으로 파악할 수 있으며, 공정의 에너지 효율성과 운전 안정성 향상에 기여한다.

작품 추진과정



[그림 1. 시스템 아키텍처 구성도]



[그림 2. 모델 구조 및 결과 요약도]



[그림 3. Grafana 실시간 대시보드]

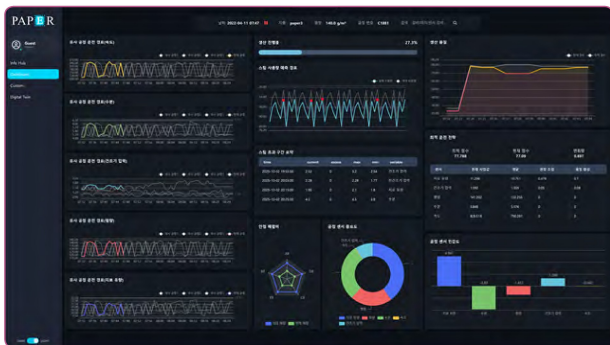


[그림 4. 디지털 트윈 시뮬레이션 초안]

기대효과

본 프로젝트를 통해 제지 공정 데이터를 통합 관리함으로써 분석 효율을 높이고, 데이터 기반의 과학적 의사결정 체계를 구축할 수 있다. 또한 실시간 모니터링이 가능한 웹 대시보드를 통해 작업자의 공정 대응 속도와 관리 효율성을 향상시켜, 작업자의 숙련도와 관계없이 안정적이고 효율적인 공정 운영이 가능하다. 디지털 트윈 시뮬레이션을 활용하여 다양한 운전 조건을 사전에 검증함으로써 에너지 소비를 절감하고 운전 안정성을 확보할 수 있다. 이를 통해 공정을 친환경·저탄소 체계로 전환하여 산업 전반의 ESG 경영 실현에 기여할 수 있다.

완성품



[그림 5. 실시간 데이터 스트리밍 웹 대시보드]



[그림 6. 디지털 트윈 시뮬레이션 HUD 및 3D UI 완성본]