

디지털 트윈을 활용한 스마트 팩토리 에너지 효율화 모델링 및 플랫폼 개발

Development of Energy Efficiency Modeling and Platform
for Smart Factories Using Digital Twin

캡스톤 디자인 표 계획발표

팀명 : EcoNOVA
팀원 : 박선아, 서지윤
지도교수 : 이상금
발표자: 박선아
발표일: 2025.07.09

#Digital Twin
#Smart Factory
#Optimization
#Artificial Intelligence
#Big Data
#Web
#Real-Time Monitoring



CONTENTS

01 배경 및 필요성

02 목표 및 비전

03 요구사항 정의

04 추진 전략

05 활용 방안

Background & Necessity

배경 및 필요성



제지 산업의 특성과 디지털 전환 배경

에너지 다소비 산업

고온 스팀을 사용하는 에너지 다소비 산업 → 높은 에너지 소비와 탄소 배출.

환경 부담 및 대응 요구

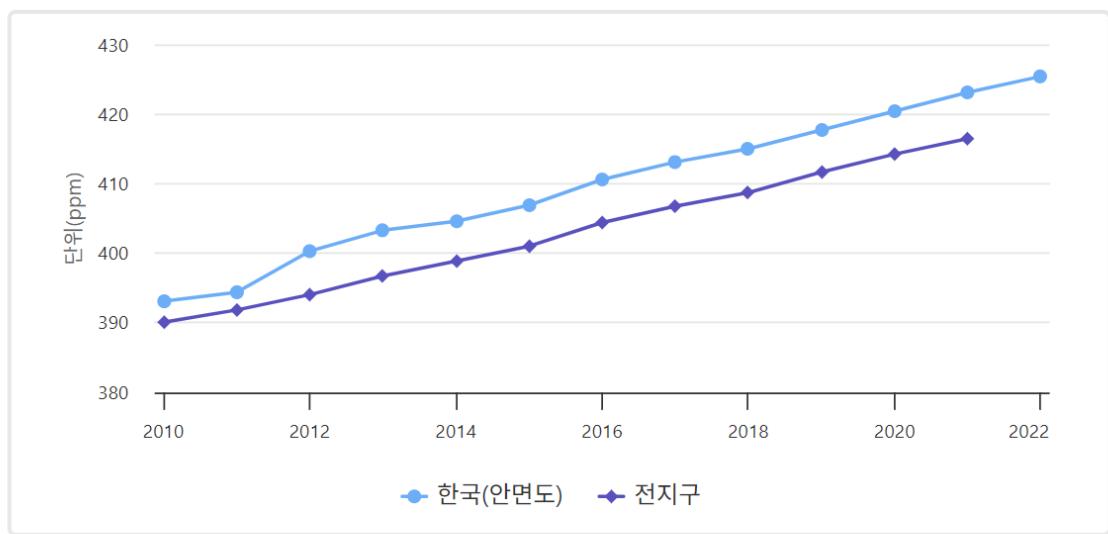
에너지 절감, 품질 개선 요구 및 친환경 · 저탄소 공정 전환이 필수 과제로 부상^[1].

디지털 전환 흐름

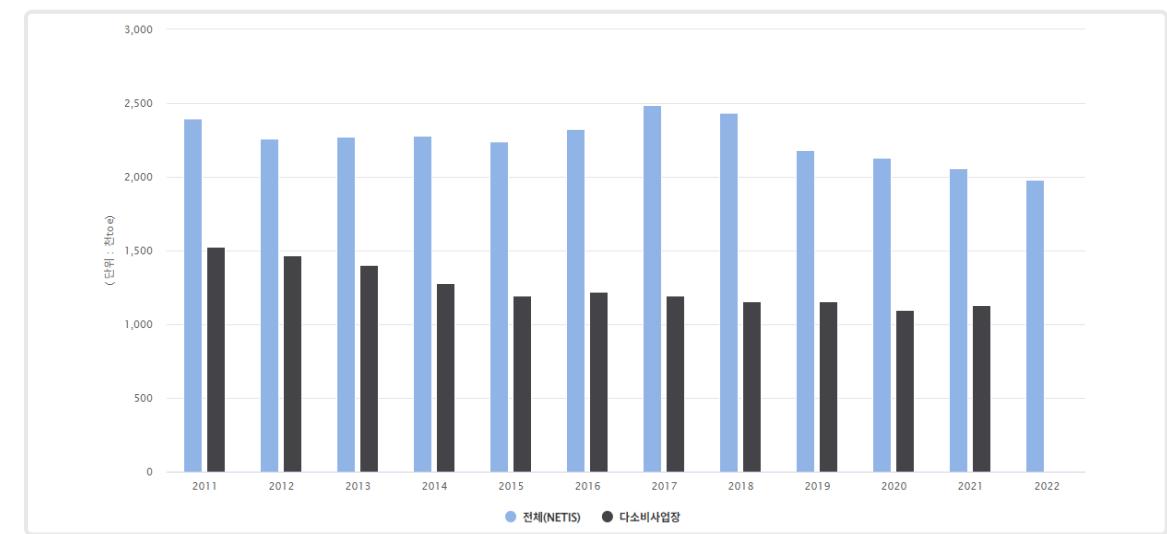
전 세계 산업계에서 디지털 트윈, 데이터 통합, AI 최적화 등 기술 도입 확대.

디지털 트윈 기술

공정을 가상 공간에 구현 및 시뮬레이션 → 에너지 · 품질 · 생산성 영향 사전 분석 가능^{[2][3]}.



출처 : 탄소중립 정책포털



출처 : EG-TIPS 에너지 온실가스 종합정보 플랫폼

[1] A. Brown, P. Green, "Energy Efficiency in the Pulp and Paper Industry: Challenges and Opportunities," Energy Policy, vol. 149, 2021, (112345).

[2] Kamran Iranshahi, M. Gholami, S. Khosravi, "Digital twins: Recent advances and future directions in engineering fields," Lucerne University of Applied Sciences & Arts, Institute of Mechanical Engineering and Energy Technology, 2025, pp. 1-25.

[3] Experion Technologies, "Digital Twin for Smart Manufacturing," Experion Technologies White Paper, 2025.

공정 운영의 한계와 디지털 기반 최적화 필요성

최적화 연구 한계

일부 최적화 연구가 진행중이나 현장 적용 측면에서 실효성이 제한적.

데이터 관리 미흡

데이터 수집 및 통합 관리 체계 미흡^[4] → 공정 데이터 기반 운영 어려움.

운전 방식의 한계

공정 데이터 분산, 경험 의존적 운전 방식 → 정량적 분석 및 의사결정 어려움.

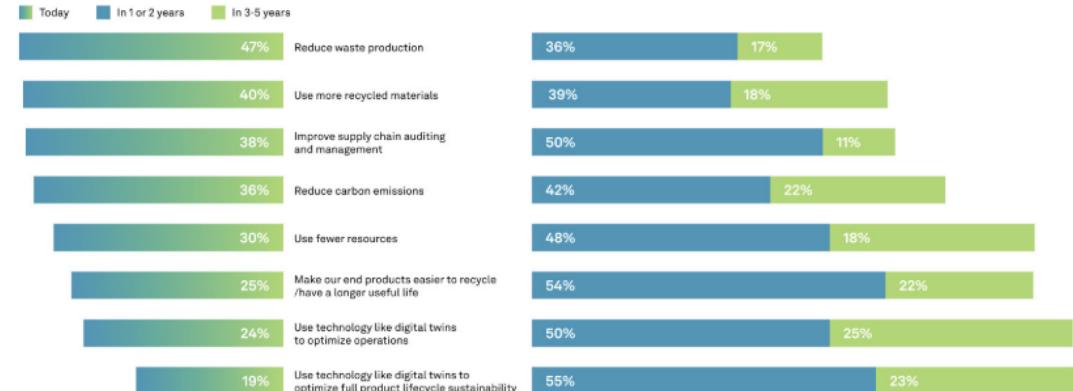
디지털 대응 필요성

공정 데이터 체계화, 디지털 트윈 기반 시뮬레이션 • 시각화 시스템 구축 필요^[5].



출처 : Siemens Amberg 공장

When does your company plan to prioritise this initiative?



출처 : HEXAGON 2025 디지털 트윈 통계

[4] J. Smith, K. Lee, "Optimization of Pulp and Paper Manufacturing Processes: A Review," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 59, no. 14, 2020, pp. 6543-6552.

[5] A. Florescu, "Digital Twin for Flexible Manufacturing Systems and Optimization Through Simulation: A Case Study," *Machines*, vol. 12, 2024, p. 785.

Objectives & Vision 목표 및 비전



목표 및 비전

제지 공정 데이터를 통합 관리하고 분석하여 **에너지 절감과 품질 향상을 달성하는 것을 목표로 한다.** 이를 통해 비용 절감, 생산성 향상, 탄소 배출 저감 및 기후 변화 대응을 실현하며, 지속 가능한 제지 산업 발전을 위한 기술적 기반을 마련하고자 함.



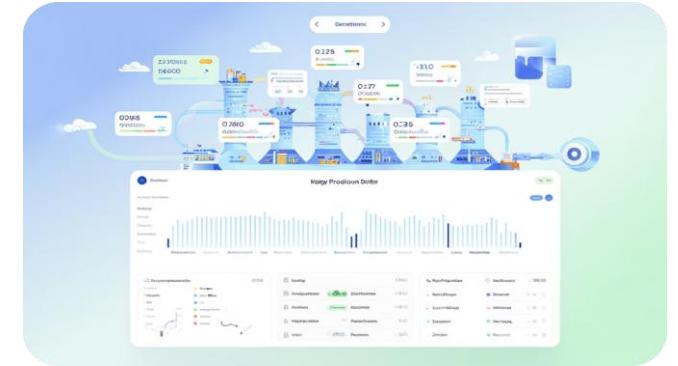
데이터 통합 및 DB 구축

- 펄프 및 계절 기반 최적화, 생산량과 품질 기반의 분석 모델을 바탕으로 공정 데이터를 통합 관리하는 DB를 구축.**
- 공정 이력, 품질, 에너지 사용 패턴 분석의 기반을 마련해 **데이터 기반 의사 결정을 지원.**



가상 공정 시뮬레이션^[6]

- 최적화 모델과 물리 기반 방정식을 활용해 가상 공정 환경 구현.**
- 시뮬레이션을 통해 에너지 소비와 품질 변화를 평가하고, 개선 효과를 분석하여 **최적 운전 전략 도출.**



스마트 대시보드 개발

- 작업자에게 공정 상태와 **운전 가이드 제공.**
- 관리자에게 에너지 사용량, 원료 소비, 생산량 등 **핵심 지표를 시각화하여 분석할 수 있는 대시보드 제공.**
- 작업자의 숙련도와 관계없이 누구나 **안정적으로 공정을 운영할 수 있는 환경 조성.**

Requirements Definition

요구사항 정의

3

기능 요구사항

SFR-001

공정 데이터 통합 관리 기능



공정 데이터를 **통합적으로 수집, 저장, 관리**하며 다양한 분석과 활용을 지원하는 기능.

- 데이터베이스 연계 및 이력 관리.
- 공정 조건별 데이터 분석 및 관리 기능.
- 향후 모델 개선 및 확장성을 위한 데이터 구조 제공.

SFR-002

디지털 트윈 기반 공정 시뮬레이션 기능



최적화된 공정 조건을 **가상 환경**에서 시뮬레이션하여 **효과를 예측 및 검증**하는 기능.

- 다양한 공정 시나리오 분석 및 개선안 평가.
- 공정 조건 변화 시 에너지 소비와 품질 변동 예측.
- 최적 전략 도출 및 운전 가이드라인 기반 검토 가능.

SFR-003

시각화 대시보드 제공 기능



작업자와 관리자가 공정 상태 및 성과 지표를 **직관적으로 확인**할 수 있도록 시각화하는 기능.

- 작업자용: 공정 상태 및 운전 가이드라인 제공.
- 관리자용: 에너지 사용량, 스팀 소비, 생산량 등 지표 분석.
- 결과를 효율적으로 비교, 활용할 수 있는 시각화 지원.

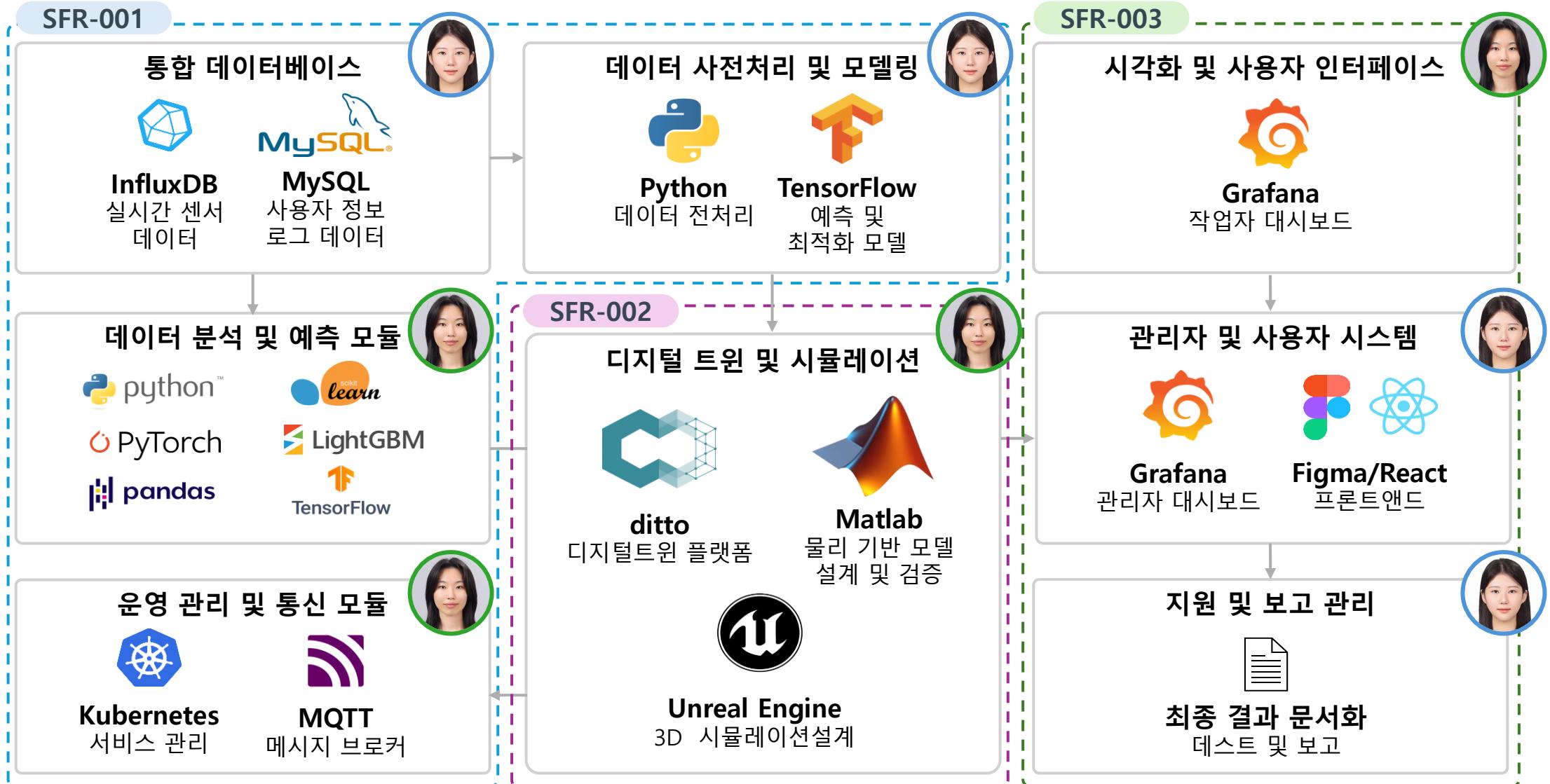
비기능 요구사항

구분	요구사항 ID	명칭	세부 내용
성능	PER-001	데이터 처리 성능	<ul style="list-style-type: none"> 공정 데이터의 신속한 처리 및 시각화 시뮬레이션 결과의 빠른 분석과 제공 다중 사용자 접속 시 안정성 유지
보안	SER-001	사용자 인증 및 권한 관리	<ul style="list-style-type: none"> 사용자별 권한 설정 및 역할 기반 접근 제어 인증 절차 강화 및 비인가 접근 방지 사용자 활동 로그 관리
유지보수	MNR-001	모듈화 설계	<ul style="list-style-type: none"> 기능별 독립적 수정 및 교체 용이 장애 발생 시 부분 복구 가능 향후 확장 및 개선에 유연하게 대응 가능
유지보수	MNR-002	장애 대응 및 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 로그 수집 및 이상 탐지 알림 및 경고 시스템 구축 주기적인 상태 점검 및 이력 관리

Strategies & Methodologies 추진 전략 및 방법

4

추진 전략



팀 구성

기능 요구사항	역할	
	SFR-001	InfluxDB 기반 시계열 데이터베이스 구축 및 데이터 관리 체계 설계 공정 데이터 및 분석 알고리즘 개선
	SFR-002	생산량 및 품질 기반 최적화 모델 보완 디지털 트윈과 데이터베이스 연계 설계 및 테스트
	SFR-003	시뮬레이션 결과 기반 운전 전략 검토 및 개선 주간 회의를 통한 진행 상황 공유 및 문제 해결
		관리자용 대시보드 시각화 설계 및 구현 시각화 및 데이터 해석 모듈 개선

기능 요구사항	역할	
	SFR-001	Unreal Engine을 활용한 데이터 구조 및 데이터 연계 모듈 설계 데이터 기반 현장맞춤 적용 및 시나리오 실행 수행
	SFR-002	물리 및 계절 기반 최적화 모델 보완 및 비즈니스 모델 설계 시뮬레이션에 관한 가이드 문헌 연구 및 검토 및 개선
	SFR-003	주간 회의를 통한 진행 상황 공유 및 문제 해결 작업자용 맞춤형 대시보드 설계 및 개발
		시각화 및 데이터 해석 모듈 개선

추진 일정

1. 설계 및 상세 기획

~7월 15일

- 데이터베이스 설계
- 시뮬레이션 구조 설계
- 대시보드 기획

3. 시뮬레이션 개발

7월 26일 ~ 8월 15일

- 디지털 트윈 시뮬레이션 모듈 개발
- 시나리오 테스트

5. 통합 테스트 및 최종 검증

9월 1일 ~ 9월 5일

- 기능 통합 및 검증
- 문제점 보완

7월

8월

9월

10월

2. 데이터베이스 구축

7월 16일 ~ 7월 25일

- 데이터 모델 구현
- 연계 테스트

4. 대시보드 개발

8월 16일 ~ 8월 31일

- 시각화 컴포넌트 개발
- 사용자 인터페이스 설계

6. 결과 정리 및 보고서 작성

9월 6일 ~ 9월 10일

- 최종 보고서 작성
- 발표 자료 준비

Future Applications 활용 방안

5

활용 가치 및 파급 효과



- **작업자 지원 및 운영 효율성 향상**
데이터 기반 의사결정 체계 구축, 운전 가이드 제공 → 숙련도 편차 완화, 현장 안정성 향상
- **기후 변화 대응 및 환경 인식 개선**
에너지 절감 • 탄소 저감 → 탄소중립 • ESG 실현 및 친환경 생산 인식 확산

- **디지털 트윈 현장 적용 확대**
시뮬레이션 기반 전략 검증 → 다양한 산업으로 기술 확산 가능
- **확장 가능한 플랫폼 구조 설계**
모듈화 플랫폼 → 기능 추가 용이, 타 공정 적용 및 고도화 기반 마련

- **운영 효율 및 생산성 향상**
설비 가동률 증가, 불량률 감소, 투자 낭비 최소화 → 생산성 및 자본 효율성 극대화
- **산업 경쟁력 및 수출 기반 강화**
스마트 제조 기반 구축 → 글로벌 경쟁력 및 ESG 대응력 강화

캡스톤 디자인 II 계획발표

감사합니다

팀명 : EcoNOVA

팀원 : 박선아, 서지윤

지도교수 : 이상금

발표자: 박선아

발표일: 2025.07.09



Q

8

A