

간소화된 개방형 데이터 분석 및 예측 서비스를 통한 에너지 데이터 기반 애플리케이션의 손쉬운 제공에 관한 연구

김창우, 최효섭

한국전자기술연구원

cwkim@keti.re.kr, hschoi@keti.re.kr

A Study on the Easy Provision of Energy Data-Based Applications through a Simplified Open Data Analysis and Prediction Service

Changwoo Kim, Hyo-sub Choi

Korea Electronics Technology Institute (KETI)

요약

본 연구는 ESS(Energy Storage System)와 EV(Electric Vehicle)에서 사용되는 배터리의 화재 및 오작동을 막기 위한 데이터 분석 및 예측 기술을 공개하는 데 중점을 두고 있으며, 이 기술들을 개방형 웹 서비스로 제공하고 있다. 연구의 주된 목적은 에너지 분야 전문가부터 기계 학습에 익숙하지 않은 사용자에 이르기까지 누구나 쉽게 데이터 분석 및 예측 모델을 활용할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해, 사용자가 쉽게 접근할 수 있는 웹 인터페이스를 통해 데이터 분석 및 예측 API와 ML 파이프라인 컴포넌트를 배포하였다. 다시 말해, 개방형 서비스를 통해 ESS 및 EV 운영 데이터를 포함한 다양한 에너지 데이터셋, 분석 및 예측 API, 그리고 데이터 전처리 및 예측 모델링을 위한 ML 파이프라인 컴포넌트를 제공하였다. 본 연구를 통해 개발된 서비스는 에너지 관련 솔루션을 개발, 테스트, 그리고 배포하는 것을 쉽게 만들어주며, 더 나아가 5G/6G와 엣지 클라우드 기술에 접목하여 스마트 팩토리와 스마트 카 분야로의 적용 가능성을 모색하고 있다. 이는 산업 분야에서 데이터를 기반으로 한 의사결정과 기계 학습의 접근성을 향상하는 데 크게 기여할 것으로 기대된다.

I. 서론

최근 ESS(Energy Storage System) 및 EV(Electric Vehicle)의 리튬이온 배터리 사용이 증가하면서, 이와 관련된 안전사고도 늘어나고 있다. 배터리 제조 시 발생하는 배터리 내부 결함 외 충·방전 운영 중의 결함과 BMS(Battery Management System) 및 EMS(Enenergy Management System) 등의 통합 관리 시스템의 결함이 소프트웨어 측면에서 주된 사고 원인으로 지적되고 있다.[1] 이를 해결하기 위해, 배터리의 충·방전 운영 데이터와 노화, 고온/저온 등 이상 실험 데이터를 활용한 데이터 분석 및 예측 기반의 예지보전 연구가 활발하게 진행되고 있다.[2] 또한, 데이터 과학 분야에서는 인공지능 모델 기반 서비스를 위해 데이터 분석 및 학습 모델의 활용이 중요해지고 있으며, 이를 위한 MLOps 플랫폼을 통한 머신러닝 모델링 자동화 및 파이프라인 처리 기술이 대두되고 있다.[3]

본 논문에서는 ESS 및 EV용 배터리의 화재 및 오작동과 같은 사고를 방지하기 위한 데이터 분석 및 예측 연구 결과물을 단순한 데이터셋이나 단편적인 소스코드 제공을 넘어서, 연구자들이 개방형 서비스 플랫폼 상에서 직접 활용할 수 있도록 제공한다. 이는 에너지 분야의 배터리 연구자부터 기계 학습에 익숙하지 않은 사용자까지 모두가 데이터 분석과 기계 학습 모델을 쉽게 이용할 수 있게 하는 것을 목표로 한다.

II. 본론

본 논문에서는 임의의 연구자가 이 개방형 서비스 애플리케이션의 사용자 친화적인 웹 인터페이스를 통해 데이터 분석 및 예측 API를 사용하고, 데이터 분석 및 학습 기능을 제공하는 일련의 ML 파이프라인 컴포넌트의 매개 변수를 조정함으로써 기계 학습 모델을 쉽게 활용할 수 있도록 구현하였다.

첫 번째로, 에너지 분석을 위한 데이터 분석 및 예측 기반 API 처리 기술에 중점을 두었다. 사전에 개발된 안전 AI 분석엔진을 활용하여 데이터 분석 및 학습 처리 결과물이 RESTful API 기반의 개방형 URL을 통해 일반적인 웹 환경에서 쉽게 데이터 분석 및 학습을 수행할 수 있도록 구성하였다.[4] 오픈 데이터 포맷(JSON, XML 등)을 사용하여 유연한 데이터 접근 방식을 제공하며, 표 1과 같이 다양한 에너지 저장 장치 데이터 분석 및 예측 API를 포함한다. 이 개방형 API들은 JavaScript와 AJAX Call을 활용하여 데이터 시각화 인터페이스로 개발되어 HTTP 기반 통신환경에서 데이터 요청 및 반환 결과를 처리한다.

종류	항 목	설 명
상 태 관 련 API	일별 시간당 Bank 평균 전력 조회	일별 시간당 Bank 평균 전력 정보 반환
	시간당 평균 Bank SoC 조회	시간당 평균 Bank SoC 정보 반환
	일별 평균 Bank SoH 조회	일별 평균 Bank SoH 정보 반환
	일별 Bank SoL 조회	일별 Bank SoL 정보 반환
	시간별 Rack SoS 조회	시간별 Rack SoS 정보 반환
	시간별 Bank ExSoS 조회	시간별 Bank ExSoS 정보 반환
	시간별 Rack SoCP 조회	시간별 Rack SoCP 정보 반환
	모니터링 이상 상황별 로그 수 조회	'경고', '보호' 조치에 대한 정보 반환
예 측 관 련 API	10분 후 최대 Rack 셀 전압 예측 조회	Rack 셀 전압 예측 정보 반환
	10분 후 최소 Rack 셀 전압 예측 조회	
	1일 최대 Rack 셀 전압 예측값 조회	
	10분 후 최대 Rack 셀 온도 예측 조회	Rack 셀 온도 예측 정보 반환
	10분 후 최소 Rack 셀 온도 예측 조회	
	10분 후 Rack SoS 예측 조회	

표 1. 데이터 분석 SW 기반 에너지 분석 처리 개방형 API 리스트

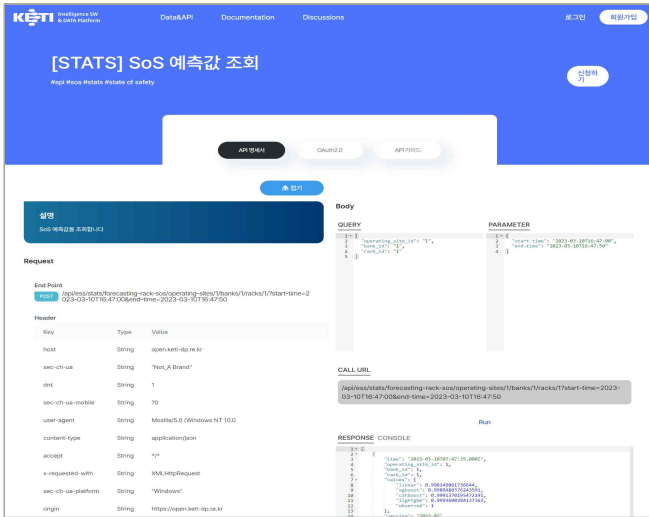


그림 1. 웹 서비스 기반 분석 및 예측 API 제공 화면 (예시)

두 번째로, 본 논문에서는 공개형 웹 서비스를 기반으로 오픈프레미스로 구축한 Kubeflow를 연동하여 ML 파이프라인의 관리 및 실행을 간소화하는 사용자 친화적 인터페이스를 애플리케이션으로써 개발하였다.[5] 이를 위해 Kubeflow Pipelines SDK를 활용하여 기존에 업로드된 파이프라인 템플릿 리스트를 불러오고, Argo Workflow를 기반으로 한 파이프라인의 흐름을 Flow Chart로 시각화하였다. 사용자는 해당 웹 인터페이스를 통해 파이프라인의 파라미터를 동적으로 조정하고 시뮬레이션을 직접 실행할 수 있도록 구성하였다. 구체적으로 파이프라인의 컴포넌트 간 흐름을 나타내기 위해 NetworkX 그래프 알고리즘 라이브러리의 벨만 포드 거리 계산을 사용해 파이프라인의 각 컴포넌트 실행 순서를 정의하고, Drawflow 자바스크립트 라이브러리를 이용하여 이를 컴포넌트 노드가 중첩되지 않도록 시각화하였다. 또한, Kubeflow Pipelines SDK의 메서드를 활용하여 파이프라인 실행 상황을 실시간으로 모니터링하고, 사용자가 컴포넌트별 실행 로그를 조회할 수 있도록 구현하였다. 이 애플리케이션은 ML 파이프라인의 실행 및 파라미터 조정만 가능하도록 추상화된 환경을 제공하기에 보다 자세한 정보(metadata 및 details 등)에 대해서는 Kubeflow 웹 사이트 접속하여 확인할 수 있도록 제공한다.

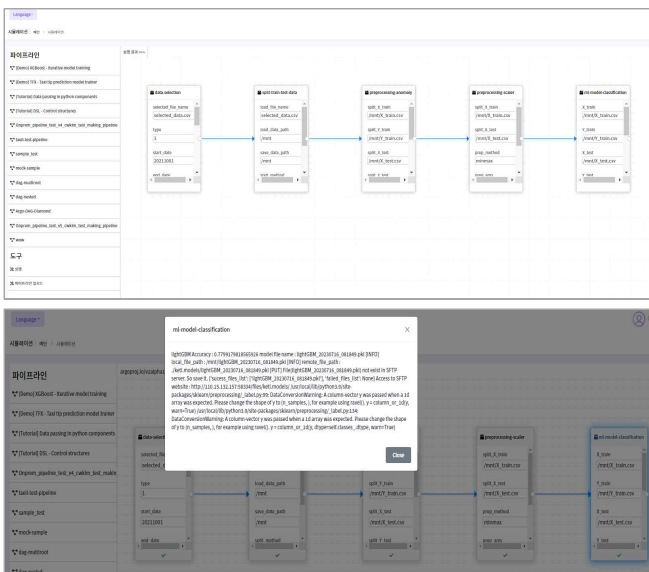


그림 2. 웹 서비스 기반 ML 파이프라인 컴포넌트 제공 화면 (예시)

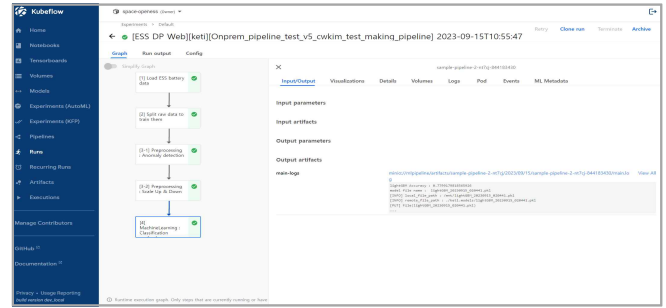


그림 3. MLOps 플랫폼 내 ML 파이프라인 컴포넌트 결과 화면 (예시)

III. 결론

본 연구를 통해 개발된 서비스는 사용자 친화적인 웹 인터페이스를 기반으로 하여, 임의의 연구자들이 ESS/EV의 시험 및 운영 데이터, 다양한 에너지 데이터 분석 및 예측 API, 그리고 데이터 전처리 및 예측을 위한 ML 파이프라인 컴포넌트를 활용할 수 있도록 하였다. 이는 30가지가 넘는 에너지 데이터 분석 및 예측 API와 10가지 이상의 데이터 전처리, 예측 모델 등을 포함하고 있어, 연구자가 기계 학습 모델을 쉽게 활용하고, 특정 데이터 분석과 기계 학습 모델을 선택하여 에너지 관련 타깃 솔루션을 개발, 테스트 및 배포하는 데 크게 기여하였다. 또한, 이 서비스는 5G/6G 및 엣지 클라우드와 같은 첨단 기술을 활용하여 스마트 팩토리, 스마트 카 등 다양한 산업 분야로의 확장 가능성을 제시하며, 에너지 분야에서 데이터 중심 의사결정 및 기계 학습의 접근성을 향상시키는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00077, 대규모 분산 에너지 저장장치 인프라의 안전한 자율운영 및 성능 평가를 위한 지능형 SW 프레임워크 개발)

참 고 문 헌

- [1] Komarnicki, P., Lombardi, P., and Styczynski, Z.A. "Electric Energy Storage System," Electric Energy Storage Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 37-95, 2017.
- [2] R. Schainker, "Executive overview: Energy storage options for a sustainable energy future," in Proc. IEEE Power Eng. Soc. General Meeting, pp. 2309 - 2314, 2004.
- [3] D. Kreuzberger, N. Kühl, and S. Hirschl, "Machine learning operations (mlops): Overview, definition, and architecture," arXiv preprint arXiv:2205.02302, 2022.
- [4] 임홍희, 김창우, and 최효섭. "개방형 데이터 공개와 운영을 위해 API Management 를 활용한 공개 API SW 구축," 한국통신학회 학술대회 논문집, pp. 966-967, Jun 2023.
- [5] 김창우, and 최효섭. "MLOps 플랫폼 기반 ESS 데이터 분석 및 예측 애플리케이션 서비스에 관한 연구," 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 888-889, Feb 2023.
- [6] "KETI Intelligence SW & DATA Platform." KETI Intelligence SW & DATA Platform. 2024년 1월 9일 접속, <https://open.keti-dp.re.kr/>