

## 발전 설비 지속 가능 운영 기술 연구

## A Study of the Sustainable Operation Technologies in the Power Plant Facilities

이창열<sup>1\*</sup> · 박길주<sup>2</sup> · 김태환<sup>3</sup> · 구영현<sup>4</sup> · 이성일<sup>5</sup>Chang Yeol Lee<sup>1\*</sup>, Gil Joo Park<sup>2</sup>, Twehwan Kim<sup>3</sup>, Yeong Hyeon Gu<sup>4</sup>, Sung-il Lee<sup>5</sup><sup>1</sup>Professor, Department of Computer Engineering, Dongeui University, Busan, Republic of Korea<sup>2</sup>Senior Researcher, MiraeIT Inc., Seoul, Republic of Korea<sup>3</sup>Professor, Department of Security Service, Yongin University, Yongin, Republic of Korea<sup>4</sup>Acting Professor, Department of Computer Engineering, Sejong University, Seoul, Republic of Korea]<sup>5</sup>Team Leader, Electricity Business Team, JB Copr., Cheonan, Republic of Korea

\*Corresponding author: Chang Yeol Lee, lcy@deu.ac.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** It is important to operate safely and economically in obsolescent power plant facilities. Economical operation is related in the balance of the supply and demand. Safety operation predicts the possible risks in the facilities and then, takes measures to the facilities. For the monitoring of the power plant facilities, we needs several kinds of the sensing system. From the sensors data, we can predict the possible risk. **Method:** We installed the acoustic, vibration, electric and smoke sensors in the power plant facilities. Using the data, we developed 3 kinds of prediction models, such as, demand prediction, plant engine abnormal prediction model, and risk prediction model. **Results:** Accuracy of the demand prediction model is over 90%. The other models make a stable operation of the system. **Conclusion:** For the sustainable operation of the obsolescent power plant, we developed 3 kinds of AI prediction models. The model apply to JB company's power plant facilities.

**Keywords:** Power Plant Facilities, Sustainable Operation, Big Data, Demand Forecast, Safety Prediction

## 요약

**연구목적:** 노후화된 발전기의 지속 가능한 운영을 위하여 효율적이며, 안전한 운영이 중요하다. 효율적 운영이란 경제적 관점이며, 안전한 운영은 발전 설비의 치명적 사고 발생에 대한 발생 이전의 사전 조치를 말한다. 그러므로 발전기의 지속가능 운영 모니터링을 위하여 관련된 센서 설치와 이를 기반으로 지속 가능에 대한 예측할 수 있는 모델에 대한 연구가 필요하다. **연구방법:** 전기와 열에 대한 수요 예측, 엔진의 성능과 이상을 탐지하는 예측, 그리고 재난 안전에 대한 예측 모델을 제시하였다. 이를 위하여 필요한 센서를 정의하였으며, 이를 기반으로 예측 모델을 각각 개발하여 수행하였다. **연구결과:** 수요 예측 모델은 기존의 79%에서 90% 이상으로 예측 정확도를 향상시켰으며, 다른 2개 모델도 시스템의 지속가능 안정적 운영을 지원하였다. **결론:** 노후화된 발전설비의 지속가능 운영을 지원하기 위한 3가지 종류의 예측 모델을 개발하고 이를 제이비주식회사의 발전 설비에 실제 적용하여 운영하고 있다.

**핵심용어:** 발전설비, 지속가능 운영, 빅데이터, 수요 예측, 안전 예측

Received | 3 December, 2020

Revised | 17 December, 2020

Accepted | 18 December, 2020

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

## 서론

발전설비는 10년이 지나면 노후화 시점에 접어들고, 이후 8,000시간(약 4년)을 주기로 정지 후 전체 상태 점검을 하고 있다. 그러나 노후화 이후에는 예측할 수 없는 안전사고(폭발, 화재 등)가 발생하고 이로 인하여 큰 인명과 재산적 손실이 발생하고 있다. 제이비주식회사에서 운영하는 청수에너지인 경우 2013년 엔진 가동용 펌프 축 파손으로 냉각수가 윤활유에 유입되어 엔진이 손상되어 복구하는데 3개월에 6억6천만원의 비용이 투입되었다. 이러한 사고는 펌프축 초기 파손시 냉각수 압력의 저하를 통한 이상 예측이 가능하였지만, 기존에 설정된 값에 도달하지 않아서 경보가 발생하지 않은 것이다(Chung et al., 2019).

본 연구는 기존 데이터를 분석하여 이러한 사고에 대한 사전 예측을 통한 조기 조치를 할 수 있는 기술을 개발하였다.

## 지능 정보 모델 개발

### 예측 모델 개발

본 연구는 제이비주식회사에서 운영하는 청수에너지에 설치된 발전기를 기반으로 연구를 수행하였다. 시스템 전체 구조는 다음 그림과 같이, IoT 플랫폼 모듈, 지능정보 모듈, 그리고 상황관리 모듈로 구성된다. 데이터에 기반한 지능 정보 모듈에 3가지 유형의 예측 모듈을 제시하였다(Fig. 1).

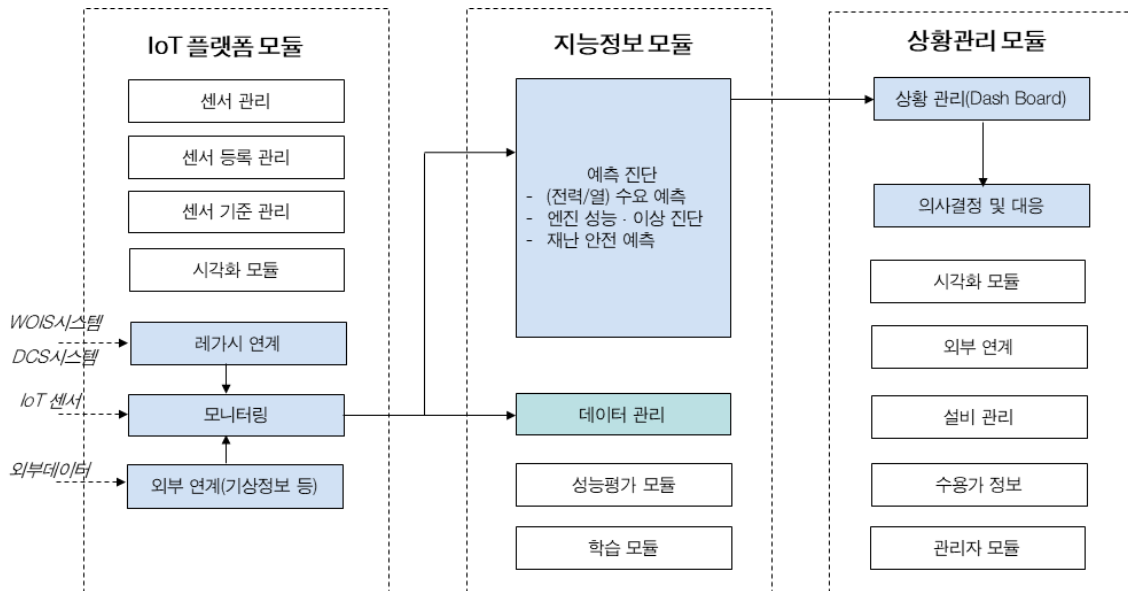


Fig. 1. The conceptual prediction modules of the power plant

각 모델에 대한 서비스를 살펴보면 다음과 같다.

- 수요 예측 서비스: 기상정보(외부온도, 습도, 조도 등)와 수용가 정보를 기반으로 수용가의 열과 전력 수요를 예측함으로써 열/전력 부족 등의 상황을 발생시키지 않으며, 적절한 발전 상태를 유지하게 한다. 발전기를 통하여 열과 전기를 동시에 생산한다. 이때 남은 전력은 전력거래소를 통하여 판매할 수 있다(Fig. 2). 그러나 열은 저장 후 판매를 할 수 있지

만, 손실이 발생한다. 연간 열 손실 열량이 3,842Gcal(동절치 약 3천세대 1개월간 난방 열량), 7.8% 정도이다. 그러므로 손실을 최소화하기 위하여 수요 예측이 중요한데 기존에는 수요 예측은 관리자의 경험에 의존하게 되는 것이다. 정확한 데이터를 기반으로 수요 예측이 수행된다면 기존에 손실되는 많은 열을 최소화할 수 있어서, 효율적인 경영이 이루어질 수 있을 것이다.

수요 예측은 직접적인 손실도 있지만, 기후변화에 대한 온실가스 에너지 목표관리제 대상(Korea, 2020)으로 배출권 거래 비용(0.5억원/년), 탄소 배출량 감소(150ton/CO2)의 효과도 가져올 수 있는 상태이다.

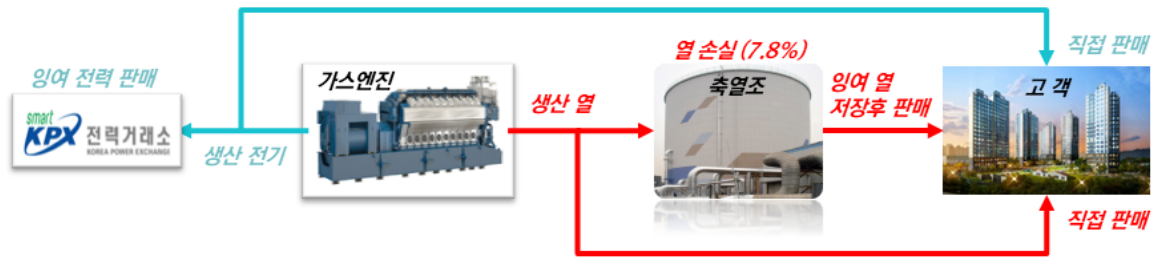


Fig. 2. Electricity and Heat life cycle process

- 엔진 성능-이상 예측 서비스: 발전기 내부의 압력, 온도 등의 정보와 출력 전력 등의 정보를 기반으로 발전기 성능 효율 과 이상에 대한 예측을 통하여 지속가능 운영을 지원한다.
- 재난 안전 예측 서비스: 발전 설비가 운영 중인 각 구역에 적절한 위험/안전 요인에 대하여 필요한 센서를 설치하고 이를 모니터링하며, 데이터의 학습을 통한 위험 예측을 하여 재난 발생 이전에 위험을 통지할 수 있게 한다.

3가지 유형의 예측을 위하여 다음과 같이 센서를 배치하였다.

수요 예측: 외부 온도, 습도, 일사량, 날씨, 수용가 전기 월 사용 데이터, 수용가 열 1일 데이터

성능 예측: 압력센서, 온도센서, 유량센서, 전력량 센서, 진동센서, 소음센서(Hwang et al., 2019)

재난 예측: 방전 센서, 암모니아수 센서 CO2센서, 가연성 측정센서, 열화상 센서, 초음파 센서, 지진센서, 온습도 센서 등

제이비주식회사에서 운영하는 청수에너지의 발전 설비는 총 3기로 구성되어 있으며 지속 가능 운영을 위한 센서 설치를 통하여 3가지 유형의 예측 기술을 개발하였다.

### 수요 예측

청수에너지는 발전을 통한 전기 공급, 난방열 공급을 천안 청수지구에 하고 있다. 전력의 과대 생산은 전력거래소를 통하여 판매할 수 있지만, 난방열은 과잉 생산을 하면 손실로 발생한다. 그러므로 적절한 난방 수요 예측은 중요하다. 본 연구는 이러한 난방열 수요에 대한 예측으로, 날씨 데이터, 청수 지구의 인력 구성 데이터, 계절별 과거 수요 데이터를 기반으로 수요 예측 기술을 개발하였다(Fig. 3).

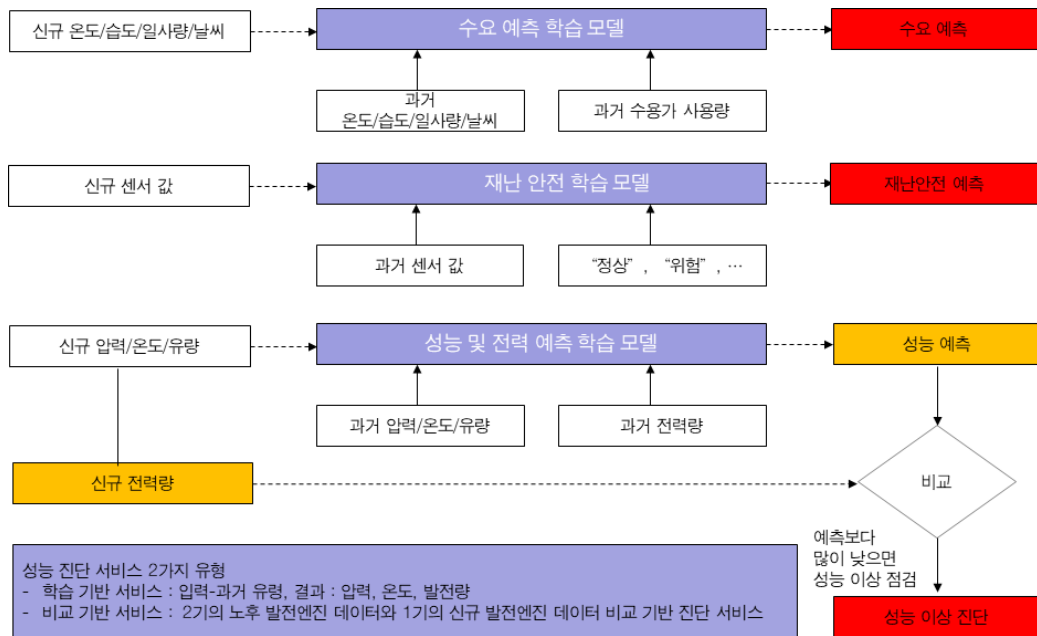


Fig. 3. Model and processing chart

사용한 알고리즘은 LSTM(Long-Short Term Memory)을 사용하였으며 시간 단위 예측 모델을 사용하였다. 발전소의 다음 날 수요에 대비한 운영계획 수립을 돕기 위해, 과거 12시간 동안의 데이터를 입력변수로 사용하여, 하루 뒤인 다음 시간 (25시간 뒤)의 수요를 예측하였다. 예를 들어, 12월 18일 14시부터 12월 19일 1시까지 (12시간) 데이터를 사용하여 다음 날 20일 2시 열 수요를 예측. 24시간 동안 예측을 진행하면, 다음날 하루 동안의 열 수요량 예측값을 도출할 수 있다(Fig. 4).

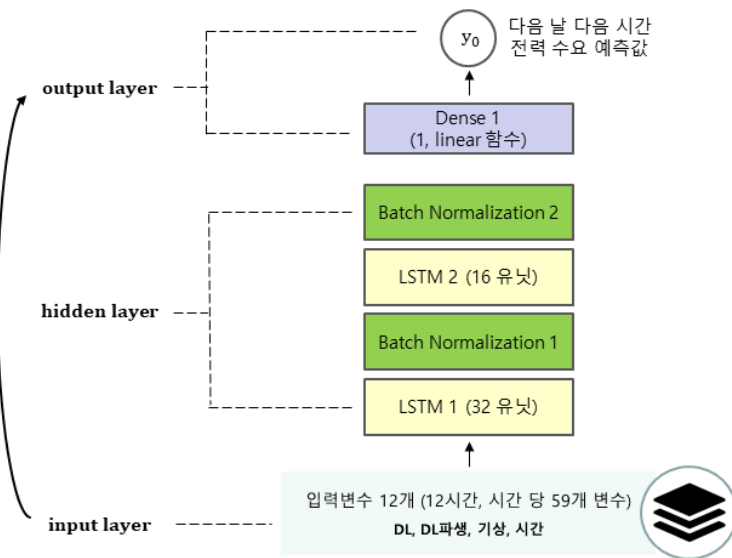


Fig. 4. Electric demand prediction model

### 엔진 성능 및 이상 예측

노후 발전설비에 대한 예측(Lim et al., 2018)을 위하여 기존 설치된 센서 시스템과 연계를 통한 데이터 수집과, 추가적인 자이로센서, 소음 센서 등을 통하여 엔진의 이상을 예측하는 시스템을 구축하였다.

엔진 이상은 DNN (Deep Neural Network)을 사용해 모델을 구현하였으며, 분 단위의 진단 모델로 발전기엔진시스템 데이터와 발전기 엔진시스템 이상발생 데이터를 통합해 사용하였다. 정상 데이터에 비해 이상 데이터의 비율이 낮아(98.6:1.4) Under-Sampling 전처리 방법을 적용하였다(Fig. 5).

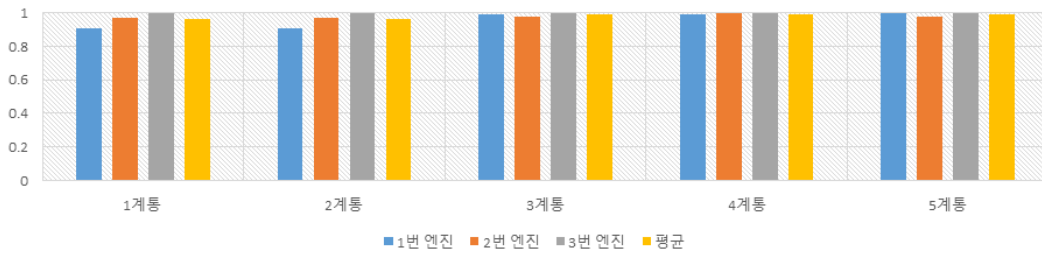


Fig. 5. Engine diagnosis data

### 재난 안전 예측

화재, 가스 등에 대한 센서에 추가적으로 방전 센서를 부착하였다. 전기 설비에서 발생하는 방전 정보를 분석하여 화재 발생에 대한 예측을 하였다(Lee et al., 2018; Park et al., 2020). 재난 안전 예측은 센서별로 상태 기준을 정의한 뒤 해당 임계치 값이 넘으면 화재 발생 위험을 예측하였다(Fig. 6).



Fig. 6. Fire and disaster risk prediction

## 지능 정보 시스템 구축

예측 모델을 기반으로 구축한 시스템은 다음과 같다. 기상정보, 재난알람 정보, 전력 수요 그래프, 발전기 상태 등을 나타내고 있다.



Fig. 7. Integrated prediction service

Fig. 7을 살펴보면 좌측 메뉴에 3가지 예측 메뉴(수요 예측 분석, 재난 안전 분석, 성능 예측 분석)를 제공하고 있으며, 금일 생산, 전력 수요, 열 수요, 발전 효율, 기상 정보를 제공하고 있다.

또한 재난안전감시(안전으로 표시됨) 정보가 좌측 중간에 제공하고 있고, 발전기 상태 정보가 제공되고 있다.

## 결론

연구 결과 전력에 대한 수요 예측과 엔진 이상 예측, 그리고 재난 안전 예측 모델 개발과 이를 적용하였다. 수요 예측은 기존 경험에 의하여 예측한 정확도가 72% 정도 인데, 본 모델을 통하여 92%의 정확도에 도달하였으며, 성능 및 이상 예측 과 재난 안전 예측 또한 기존에 없는 상황에서 85% 이상의 성능을 나타낸 상태이다. 경제적인 측면에서 볼 때, 수요 예측을 통하여 년 3.4억원의 예산 절감효과를 가져왔으며, 엔진 이상인 경우 최근 7년간 Downtime 20건에 대한 복구 비용을 기반으로 연간 4.2억원의 예산 절감 효과를 기대할 수 있었다.

실증 적용한 제이비주식회사와 같은 구역전기사업자가 우리나라에 10여개 있으며, 이들 기관은 해당 지역에 전기와 열(난방)을 공급하고 있으며, 수요 예측 실패로 남은 전기는 전기거래소를 통하여 판매하고 있지만, 남은 열은 판매할 수 없어서 수요 예측은 발전 설비의 경제적 운영에 중요한 영향을 미친다.

본 연구는 이러한 관점에서 발전 설비의 경제성도 확보하며 운영을 지속적으로 할 수 있는 연구를 진행하였으며, 연구 결과는 타 구역전기사업자 등에 적용할 수 있을 것이다.

## Acknowledgement

본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국지능정보사회진흥원의 지원을 받아 수행된 결과물임(국가 인프라 지능정보화 사업 - 노후 발전 설비 지속가능 운영을 위한 지능정보 기술 개발화).

## References

- [1] Chung, W.H., Yoo, S.J., Gu, Y.H., Lee, S.I. (2019). Heat Demand Prediction Model for Combined Heat and Power Plants, the 5th international conference on Next Generation computing 2019.
- [2] Hwang, S.Y., Kwak, K.-M., Shin, D.J., Kwak, K.-J., Rho, Y.J., Park, K.W., Park, J.M., Kim, J.J. (2019). "Analysis of defective causes in real time and prediction of facility replacement cycle based on big data." Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 19, No. 6, pp. 203-212.
- [3] Korea Environment Corporation (2020). Greenhouse Gas and Energy Assigned Amount Management Regulation.
- [4] Lee, C.Y., Kim, T.H, Lee, C.S. (2018). "A development of the integrated model for the disaster field response and situation information management." Journal of the Korea society of Disaster Information, Vol. 14, No. 1. pp 36-42.
- [5] Lim, C.W., Han, S.-K. (2018). "A study on development of power grid fault prediction system based on big data and preceding activities to calculate optimal investment cost." Journal of Korean Data and Information Science Society, Vol. 29, No. 3, pp. 779-794.
- [6] Park, G.J., Lee, C.Y., Lee, C.S. (2020). "A development of the safety prediction technologies for the old generator unit based on bigdata." Disaster Safety Conference 2020, Korean society of disaster information, pp. 429-430.