

# 정수장에서의 에너지 관리를 위한 AI 기반 복합센서 적용 연구

홍성택\* · 안상병 · 김국 · 성민석

한국수자원공사

## AI based complex sensor application study for energy management in WTP

Sung-Taek Hong \* · Sang-Byung An · Kuk-Il Kim · Min-Seok Sung

<sup>1</sup>K-water Research Institute

E-mail : sthong@kwater.or.kr / sban11@kwater.or.kr / kikum@kwater.or.kr / shaelryn@kwater.or.kr

### 요 약

정수장의 최적화 운영을 위하여 가장 필요한 것은 수용가에서 사용되는 수도물의 패턴과 양을 정확하게 예측하여 필요한 만큼의 수도물을 펌프를 이용하여 배수지로 전달하여 저장하고, 필요한 유량이 최소의 전기에너지를 이용하여 적기에 공급되어야 한다. 정수장의 수량 예측 중 에너지 최적화 운영의 관점에서 필요한 단기 수요예측은 시계열 분석, 회귀분석 및 신경망 알고리즘을 이용하여 계절별, 주요 기간별, 지역 특성별 등을 고려하여 이루어져 왔으며, 본 논문에서는 순환적 신경회로망의 일종인 LSTM(Long Short-Term Memory), GRU(Gated Recurrent Units) 등의 AI 기반 복합센서 적용성 분석을 통한 에너지 관리 방안에 대하여 분석하였다.

### ABSTRACT

The most necessary thing for the optimal operation of a water purification plant is to accurately predict the pattern and amount of tap water used by consumers. The required amount of tap water should be delivered to the drain using a pump and stored, and the required flow rate should be supplied in a timely manner using the minimum amount of electrical energy. The short-term demand forecasting required from the point of view of energy optimization operation among water purification plant volume predictions has been made in consideration of seasons, major periods, and regional characteristics using time series analysis, regression analysis, and neural network algorithms. In this paper, we analyzed energy management methods through AI-based complex sensor applicability analysis such as LSTM (Long Short-Term Memory) and GRU (Gated Recurrent Units), which are types of cyclic neural networks.

### 키워드

정수장, 에너지관리, 복합센서, 인공지능 (WTP, Energy Management, Complex Sensor, Artificial Intelligence)

## I. 서 론

정수장의 최적화 운영을 위하여 가장 필요한 것은 수용가에서 사용되는 수도물의 패턴과 양을 정확하게 예측하여 필요한 만큼의 수도물을 펌프를 이용하여 배수지로 전달하여 저장하는 것이다. 따라서, 에너지 최적화의 관점에서 그림 1에서 배수지의 수위(수용가의 수요)에 의해 역으로 요구 유량이 가압장 펌프에서 취수장 펌프로 최소의 전기

에너지를 이용하여 적기에 공급되도록 동작되어야 한다.

정수장 및 급배수 시설의 급수량 예측은 단기예측과 장기예측으로 분류할 수 있다. 단기예측은 예측 기간을 시간단위나 일단위로 구분하여 급수량을 추정하며, 예측된 급수량은 급·배수량을 실시간으로 제어하는 데 사용한다. 반면에, 장기예측은 예측구간을 월별, 계절별 또는 연별로 구분하여 급수량을 예측하며, 이는 상수도시설을 계획하거나 설계시의 참고 자료로 활용하고 있다. 에너지 최적화 운영의 관점에서 필요한 단기 수요예측은 시계열 분석, 회귀 분석 및 신경망 알고리즘을 이용하여 계절별, 주요

\* speaker

기간별, 지역특성별 등을 고려하여 이루어져 왔다. 정수장 물 수요에 영향을 주는 외부인자로는 최저기온, 평균기온, 최고기온 등 온도에 관련된 인자와 사용 월, 일타입(평일/휴일 등), 풍속, 상대습도, 일조시간 등이 고려된다. 최근에는 딥러닝 기반의 인공지능 기술의 확대로 순환적 신경회로망의 일종인 LSTM(Long Short-Term Memory), GRU(Gated Recurrent Units) 등의 딥러닝 기법이 적용되고 있다.

## II. AI 기반 예측

인공지능형 복합센서를 위해서는 단기 물 수요예측 값이 필요하며, 그림 1과 같이 15분 단위로 향후 24시간 이후의 물 수요 예측값을 고려한다[1].

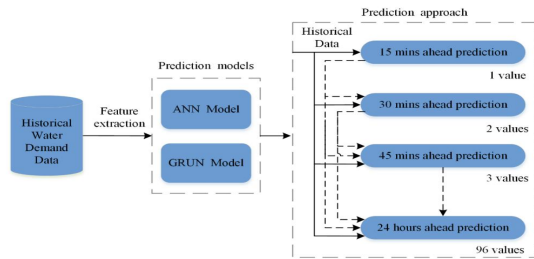


그림 1. 단기 물 수요예측

이때, 배수지 등에서의 수위 등을 통한 물 수에 데이터 값이 학습에 사용될 수 있으며, 예측을 위하여 그림 2와 같은 딥러닝 GRUN(Gated Recurrent Unit Network)이 사용될 수 있으며, 표 1과 같이 향후 24시간 동안의 단기 물 수요예측값을 얻을 수 있으며, 여기에 맞추어 송수 및 가압 펌프 뿐만 아니라 취수장 펌프에 대하여 최소의 에너지 비용을 갖도록 가동할 수 있다.

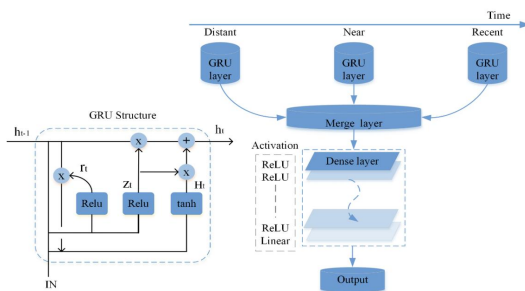


그림 2. 딥러닝 GRUN

표 1. 딥러닝 GRUN 예측 결과

	Mean Absolute Error	Root Mean Squared Error
GRUN(17 min)	1.44	1.97
GRUN24 hour)	3.67	5.16

## III. 정수장에서의 에너지 관리

배수장과 정수장 펌프의 관계를 단순화하여 기술할 경우, 그림 3과 같이 on-off 제어 pumping의 경우 최적화는 수요예측 기반으로 표현된다[2].

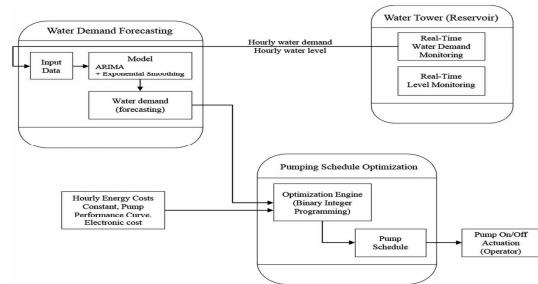


그림 3. 배수장과 펌프의 관계

이진 정수 프로그래밍 (binary integer programming)에 의해 전력비용을 최소화하는 펌프 스케줄을 구하게 되며, 인버터를 사용할 경우에는 선형계획법에 의한 해를 구하게 된다.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{24} c_i x_i \quad (c_i : \text{전력요금} \quad x_i : \text{모터가동여부: 1 또는 0})$$

(1)

subject to

$$V_{\min} < V_t < V_{\max} \quad (V_t \text{는 배수지의 유량})$$

$$V_t + \epsilon_t - \text{Out}_t < V_{t+1}$$

(2)

## IV. 결 론

본 논문에서는 순환적 신경회로망의 일종인 LSTM, GRU 등의 AI 기반 복합센서 적용성 분석을 통한 에너지 관리 방안과 이진 정수 프로그래밍에 의한 전력비용을 최소화하는 펌프 스케줄 및 인버터 사용시에 선형계획법에 의한 해를 구하는 방법에 대하여 분석하였다.

## Acknowledgement

이 논문은 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원에 의함 No. 2020200000010.

## References

- [1] "Short-term water demand forecast based on deep neural network," WDSA, 2018.
- [2] "Optimization of pumping schedule based on water demand forecasting using combined model of autoregressive integrated moving average and exponential smoothing," Water Science & Technology, 2015.