

AI를 이용한 전력 피크부하 저감을 위한 에너지저장시스템(ESS) 자동제어에 관한 연구

신철호, 김태형, 정연쾌
한국전자통신연구원

chshin@etri.re.kr, taehyung@etri.re.kr, ykjeong@etri.re.kr

A Study on the automatic control of energy storage system (ESS) for reducing peak load using AI

Cheol Ho Shin
ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute)

요약

본 논문은 최근 전력 수요관리 방안으로 검토되고 있는 에너지 저장시스템(ESS)의 AI를 활용한 자율적 운영 방안에 대한 것이다. ESS를 이용한 수요관리에는 건물의 에너지 사용 패턴을 분석하여 피크부하를 저감하는 방안, 전기요금체계 및 지원정책을 이용하여 경제적 이득을 최대화하는 방안 및 이러한 목적을 모두 고려하는 방안 등 다양한 수요관리 목적이 존재할 수 있다. 본 논문에서는 강화학습을 이용한 ESS 제어 시스템의 운용 가능성을 검증하기 위해 실제 건물에서 모니터링 한 전력 소비 데이터 및 가상의 ESS 용량을 이용하여 건물의 전력 피크부하를 저감하는 제어 정책에 따라 ESS 제어 시스템을 학습하였다.

또한 계절 별 부하시간에 따라 경부하 시간에 충전하고 최대부하 시간에 방전하는 ESS 스케줄링 운영에 따른 결과와의 비교 분석을 통해 본 논문에서 제시한 강화학습에 의한 ESS 자동 제어 방안이 전력 피크부하 저감에 우수한 성능을 보일 수 있음을 확인하였다.

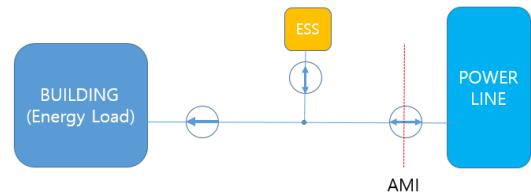
I. 서론

기존 에너지 저장시스템(ESS) 운영 스케줄링은 주로 부하에서 모니터링 된 전력 소비 데이터를 기반으로 전문적인 분석을 바탕으로 결정되었다[1][2]. 실제 측정된 전력 소비 데이터를 바탕으로 휴일, 평일을 포함한 다양한 군집 분석 및 오차보정 기법을 활용하여 부하패턴 별 정확한 전력소비 예측을 수행하고 이러한 예측 결과를 이용하여 ESS 운영 수익을 최대화하기 위한 ESS 스케줄링을 실시하거나[1], 수집된 전력 소비 데이터 분석을 토대로 계절 별 중간 및 최대 부하시간대의 최적 ESS 방전전력을 분석하고, 분석된 최적 ESS 방전전력과 예측된 방전전력간의 에러를 최소화하도록 신경망을 학습하는 최대 수요전력 저감을 위한 LSTM 기반 ESS 운영 스케줄링 기법 등이 제안되었다[2].

본 논문에서 제안하는 강화학습 기반 ESS 최적 제어 기법은 수집된 모니터링 전력 소비 데이터를 전문적인 지식을 바탕으로 사전 분석하는 과정이 필요 없다는 장점이 있다. 강화학습 기법은 제어 정책에 따라 ESS 운용에 따른 보상을 최대화하도록 학습하는 과정을 통해 입력으로 사용된 전력 소비 데이터를 자연스럽게 분석하고 활용하게 된다.

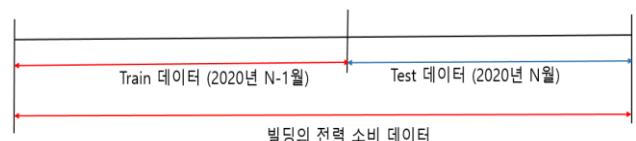
II. 본론

본 논문에서는 건물 전력 소비 패턴에 따른 피크부하 저감을 위한 ESS 제어 구조를 그림 1과 같이 모델링 하였다.



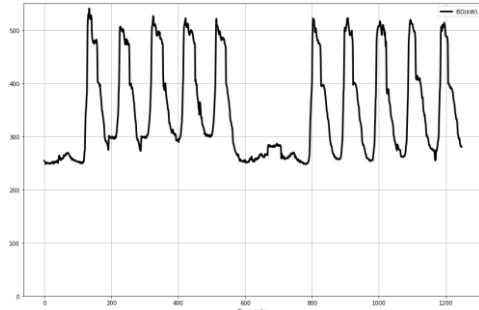
[그림 1] ESS 제어 모델

그림 1의 건물에서 사용한 전력 소비 데이터는 2 달동안 실제 건물에서 15 분 단위로 수집된 모니터링 데이터를 이용하였으며, 학습 데이터와 테스트 데이터로 구분하여 활용하였다.



[그림 2] 강화학습에 사용된 전력 소비 데이터 구성

그림 3에 도시한 약 2 주간의 모니터링 데이터에서 보듯 학습에 사용된 건물의 전력 소비 패턴은 평일에는 전력 사용이 많고 주말에는 전력 사용이 적음을 확인할 수 있다.



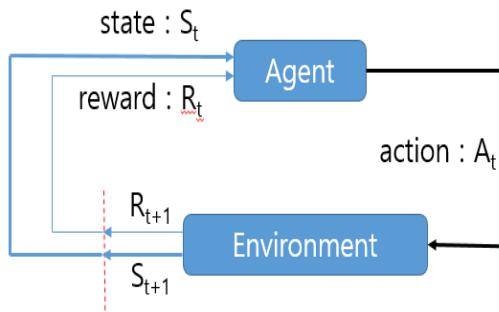
[그림 3] 강화학습에 사용된 건물의 전력 소비 패턴

표 1은 그림 1과 같은 ESS 제어 모델에서 강화학습을 이용하여 학습할 가상의 ESS 제원을 나타내고 있다. ESS 용량은 100 kWh로 가정하였으며, 최대 충·방전량은 30 kW로 설정하였다.

<표 1> 강화학습에 사용된 가상의 ESS 제원

	용량 (kWh)	PCS (kW)
ESS 제원	100	30

그림 3과 같은 전력 소비 패턴을 갖는 건물에 표 1과 같은 제원의 ESS를 설치했을 경우 건물에서 사용하는 전력의 피크부하를 저감하기 위한 ESS 제어 시스템을 그림 4와 같은 강화학습 모델을 이용하여 학습하였다.



[그림 4] 강화학습 모델

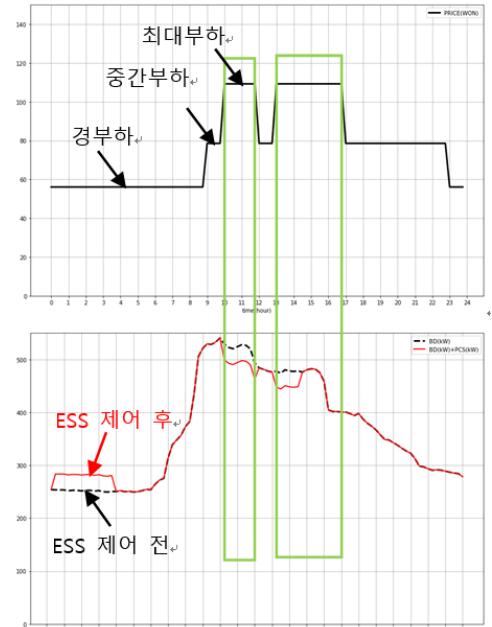
그림 4에서 환경(Environment)은 그림 1과 같은 ESS 제어 모델과 같으며 State 값은 일시(date), 건물의 소비 전력, ESS 잔량 등이며 Action은 ESS의 충·방전 동작, reward는 ESS 충·방전 동작에 따른 보상 값으로 정의하였다. 강화학습에 사용된 정책은 전력 소비량이 최대인 시간에 방전이 이루어질 때 reward가 최대가 되도록 설정하였다.

III. 결론

본 논문에서 제안한 강화학습을 이용한 ESS 제어 효과를 확인하기 위해 그림 5에 경부하 시간에 충전하고 최대부하 시간에 방전하는 “계절 별 부하 시간에 따른 ESS 스케줄 제어” 결과를 도시하였고 그림 6에는 본 논문에서 제안한 “강화학습에 의한 ESS 제어” 결과를 도시하였다.

그림 5와 그림 6의 ESS 제어 결과 비교에서 보듯 “정책기반 강화학습에 의한 ESS 제어”가 일반적인

“계절 별 부하 시간에 따른 ESS 스케줄 제어”보다 건물의 피크부하를 잘 추적하여 저감하고 있음을 확인할 수 있었다.



[그림 5] 계절 별 부하 시간에 따른 ESS 스케줄 제어 결과



[그림 6] 강화학습에 따른 ESS 제어 결과

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2019271010015B, 친환경 에너지공급 지원 제어시스템 개발)

참고 문헌

- [1] 황혜미, 박종배, 이성희, 노재형, 박용기, “부하패턴을 고려한 건물의 전력수요예측 및 ESS 운용”, 전기학회논문지, pp. 1486-1492. 2016.09
- [2] 서영웅, 박승영, 김명진, 임성빈, “최대 수요 전력 저감을 위한 LSTM 기반 ESS 운영 스케줄링 기법”, 정보과학회논문지, pp. 1165-1173. 2019.11