

연합학습 기반 전력 중개용 태양광 발전 예측

이미리내, 염성웅, 김경백
 전남대학교 인공지능융합학과

alfisoquf1207@gmail.com, yeomsw0421@gmail.com, kyungbaekkim@jnu.ac.kr

Prediction of solar power generation for power brokerage based on Federated Learning

Mirinae Lee, Sungwoong Yeom, Kyungbaek Kim
 Department of Artificial Intelligence Convergence
 Chonnam National University

요 약

최근 대두된 환경문제로 인해 다양한 재생 에너지의 실리적인 활용 방법에 귀추가 주목되고 있다. 특히 ‘그린뉴딜’, ‘K-RE100’ 등 정부 주도의 정책으로 태양광 발전 시장 규모가 확대되면서, 소규모 발전 사업자의 태양광 발전 참여율도 매년 증가 추세를 보이고 있다. 이로 인해 소규모 발전 사업자의 수익을 산정하는 전력 중개 시스템의 태양광 발전 예측은 에너지 시장의 핵심요소로 부각되었다. 하지만 전력 중개용 태양광 발전 예측에는 기후의 간헐성으로 인한 예측 정확도 감소, 소규모 발전 사업자의 개인정보 보호 등 제약이 존재한다. 이 논문에서는 전력 중개용 태양광 발전 예측의 제약을 해소하고, 전력 중개 활성화를 지원키 위한 CNN-LSTM 기반 연합학습 기법을 제안한다.

1. 서론

최근 환경문제로 인한 지구 온난화 등 체감 가능한 문제점들이 도래한 가운데 많은 국가들이 화석연료 소비 및 온실가스 배출 감소를 위한 저탄소 기술 개발을 목표로 하고 있다 [1].

전 세계적으로 저탄소 기술 개발에 대한 관심이 증가함에 따라 새로운 에너지와 청정 연료기술이 집중적으로 연구되고 있다. 특히 태양광 발전 시스템은 입력 전원을 쉽게 확장할 수 있기 때문에 원격지에서 무한정한 에너지를 친환경적으로 생산할 수 있다는 큰 이점이 있다. 이런 이점을 바탕으로 기존 태양광 발전소에서 독점적으로 전기를 생산하고 거래하는 구조에서, 전력 중개 사업자를 통해 소규모 발전 사업자의 발전량을 예측하고 수익창출에 참여하는 구조로 에너지 시장의 거래 형태가 변화되고 있다. 변화된 에너지 거래시장에서 효과적인 전력 중개를 위해서는 발전량에 대한 정확한 예측이 중요하다.

하지만 전력 중개를 위한 태양광 발전 예측에는 기후의 간헐성으로 인한 예측 정확도 감소, 소규모 발전 사업자의 개인정보 보호 등의 제약이 존재 한다 [2]. 이로 인해 소규모 발전 사업자는 수익과도

직결되는 전력공급의 안정성 저하, 잉여 전력에 대한 지속적인 낭비 같은 문제를 초래할 수 있다.

이 논문에서는 이러한 제약을 해소하고, 소규모 발전 사업자와 중개 사업자의 원활한 수익 창출을 독려하기 위해 CNN-LSTM 모델과 연합학습을 사용한 태양광 발전량 예측방식을 제안한다. 연합학습은 실시간으로 생성되는 다량의 로컬 데이터를 모두 중앙 서버로 전송할 시 생길 수 있는 네트워크 트래픽 증가나 데이터 프라이버시 유출과 같은 문제의 해결책이 될 수 있다. 또한 로컬 모델의 업데이트 정보만을 송수신하기 때문에 커뮤니케이션 비용의 절감도 기대할 수 있다.

2. 연합학습 기반 전력 중개용 태양광 발전 예측

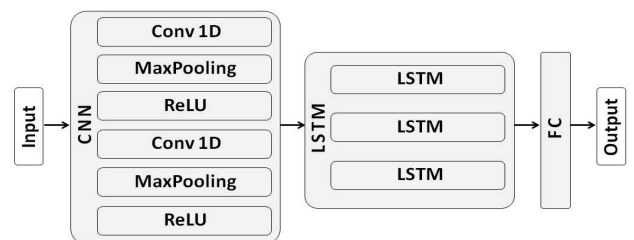


그림 1. 제안된 CNN-LSTM 모델 프레임워크

이 논문에서는 기후적 간헐성을 극복하고 예측 정확도를 올리기 위해 노이즈 제거와 변수 간의 상관관계를 고려할 수 있는 CNN-LSTM 모델을 사용한다. 각기 다른 4가지 기후대(1A : 온난하고 습함, 2A: 덥고 습함, 3A : 혼합, 4A : 춥고 습함)에 위치한 소규모 발전 사업자가 생산하는 발전량은 시공간의 불규칙한 패턴을 포함하는 다변수 시계열이다.

CNN-LSTM 모델은 CNN을 이용하여 Convolution Layer와 Pooling Layer에서 시계열 변수의 공간적 특성을 추출하고 비선형 특성 및 구조를 발견하며 노이즈를 제거한다. LSTM은 CNN에서 전송된 공간적 특성을 사용하여 시간적 변화를 모델링하고 다음 단계의 예측 결과를 얻는다 [3].

제안된 모델은 소규모 발전 사업자로부터 One-hot encoding 처리된 시간, 발전량(Wh), 실외온도(°C), 실외습도(%) 데이터를 받아 입력 벡터로 사용한다. CNN은 2개의 1D Convolution layer로 구성되며, Convolution Layer 사이에 MaxPooling Layer를 추가하여 계산 부하를 줄이고 모델의 속도 향상을 위해 ReLU(Rectified Linear Unit) Layer를 통합한다. Convolution layer를 통해 나온 출력은 gate unit에 입력되어 20개의 hidden node를 가진 3개의 LSTM Layer로 연결된다. LSTM을 통해 시퀀스 데이터 모델링이 완료된 후, Full connected Layer로 최종 출력을 생성한다.

소규모 발전 사업자는 CNN-LSTM으로 50회의 라운드 동안 학습한 로컬 모델의 가중치(W)를 중개 사업자의 Aggregation server로 전송한다.

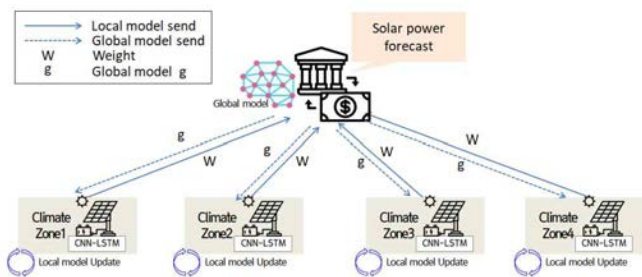


그림 2 연합학습 기반 전력 중개용 태양광 발전 예측

대부분의 소규모 발전 사업자는 로컬 내 실제 발전량 등 개인정보에 대해 비공개 처리하고 있다. 이에 연합학습을 이용하면 낮은 페이로드로 데이터 프라이버시를 향상 시키며 중개 사업자가 정확한 발전량을 예측할 수 있는 환경을 조성 가능하다 [4]. 연합학습에 참여한 4가지 기후대의 소규모 발전

사업자의 로컬 모델 훈련을 위해 하이퍼파라미터(시간, epoch, 라운드)를 지정하고 최적화 함수로 Adam을 사용한다. 라운드 종료 후 로컬 모델의 가중치를 중개 사업자의 Aggregation server에 업데이트 한다. 글로벌 모델(g)은 업데이트 된 가중치를 집계하고 FedAvg를 통해 학습한다. 연합학습에 참여한 소규모 발전 사업자의 민감 데이터는 공유하지 않지만 로컬 모델의 가중치를 이용하여 전체 데이터 셋을 학습한 것과 동일한 글로벌 모델을 완성한다. 글로벌 모델은 데이터 프라이버시 침해 없이 중개를 위한 태양열 발전량을 예측하고, 예측된 결과 값을 전력 거래소로 보낸다. 또한 글로벌 모델을 다시 소규모 발전 사업자에게 전송한 뒤 로컬 모델과 교체함으로써 지속적인 모델 업데이트가 이뤄진다.

3. 결론

이 논문에서는 CNN-LSTM과 연합학습을 이용하여 효율적인 중개를 위한 태양광 발전량 예측 방식을 제안한다. CNN-LSTM은 기존 CNN과 LSTM을 결합한 모델로, 다변수의 시계열 데이터에서 비선형적 특성을 추출할 수 있는 CNN의 이점과 시간적 관계를 학습해 시퀀스 데이터를 모델링 할 수 있는 LSTM의 이점을 결합하여 시계열 데이터의 예측 값의 정확도를 높인다. 또한, 연합학습을 이용하여 각기 다른 기후대에 분산된 소규모 발전 사업자로부터 민감한 개인정보를 침해하지 않고 효율적으로 전체 데이터 셋을 학습시키며, 계속 업데이트되는 고성능의 모델을 이용한다. 이 논문은 기존 태양광 발전 예측의 제약을 해소하여 소규모 및 중개 사업자의 원활한 수익 창출을 지원할 수 있는 예측 방식을 제시한다.

ACKNOWLEDGMENT

“이 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신인재양성사업의 연구결과로 수행되었음“

(IITP-2022-RS-2022-00156287)

참고문헌

[1] Pipattanasomporn, M., Chitalia, G. et al (2020). CU-BEMS, smart building electricity consumption and indoor environmental sensor datasets. Sci Data 7, 241.
 [2] 박정희, 김세권, 배재영, 소개현, 고재섭, 김대경.(2020).1MW이하 분산전원 관리 및 소규모전력 중개시장 참여를 위한 중개사업자용 중개거래 시스템. 대한전

기학회 학술대회 논문집, 1412-1413

[3] K. Yan, W. Li, Z. Ji, M. Qi and Y. Du,

"A Hybrid LSTM Neural Network for Energy Consumption Forecasting of Individual Households,"

in IEEE Access, vol. 7, pp. 157633-157642, 2019

[4] Sungwoong Yeom, Shivani Sanjay Kolekar, Hyeonjun Jo, "Federated Learning-Based Electricity Demand Prediction in Non-IID Environment"

한국스마트미디어학회 2022년 종합학술대회