

최근 정보통신기술 스마트 홈 에너지 관리 시스템을 위한 AI-IoE 프레임워크에 관한 연구

노현수, 라디티오파자르파몽카, 장영민

국민대학교, 전자공학부

gustn1712@naver.com, radityofajar@gmail.com, yjang@kookmin.ac.kr

A Study on the AI-IoE framework for Smart Home Energy Management System

Hyeonsu Noh, Radityo Fajar Pamungkas, Yeong Min Jang

Dept. of Electronics Engineering, Kookmin University, Seoul, South Korea

Email: gustn1712@naver.com, radityofajar@gmail.com, yjang@kookmin.ac.kr

요 약

본 논문은 IoE(Internet of Energy) 기술은 통신 기술의 발전으로 스마트 홈, 가정용 에너지 관리 시스템(HEMS) 및 스마트 그리드 부문에 걸쳐 통합을 가능하게 합니다. 그러나 기존 문헌은 엷지 AI의 잠재력과 IoE 프레임워크 및 스마트 그리드에 어떻게 통합될 수 있는지에 대해 충분히 초점을 맞추지 않았습니디. 따라서 본 연구에서는 스마트 홈 에너지 관리 시스템을 구현하기 위한 엷지 AI-IoE 기반 프레임워크를 제안합니다. 스마트 홈의 짧은 에너지 생산 및 소비 기간을 예측하고 효과적인 소비자 및 스마트 그리드 절차를 거의 실시간으로 제공합니다. 제안된 프레임워크에서 또한 서버의 엷지AI 및 이상 감지 알고리즘에 대한 LSTM을 사용했습니다.

색인 용어-인공지능(AI), 에너지 인터넷(IoE), 가정용 에너지 관리 시스템(HEMS), 장단기메모리(LSTM).

I. 서 론

본 논문에서는 스마트 홈 곳곳에 전략적으로 센서와 계량기를 배치하여 장치를 모니터링, 분석 및 제어합니다[1], [2]. 이러한 장치는 옥상 태양광 발전 및 에너지 저장 시스템과 같은 소비자 에너지 소비 및 분산 에너지 자원의 패턴을 거의 실시간으로 모니터링하고 분석할 수 있습니다. 따라서 스마트홈 에너지 관리 시스템은 효율적이고 비용 효율적인 주거 에너지 관리를 위한 유망한 기술입니다[3]. 적절한 소비자 에너지 생산 및 소비 계획은 발전소에서 균형 잡힌 에너지 생성을 보장합니다. 에너지 인터넷(IoE)은 에너지 평형을 담당하는 스마트 그리드에서 생산자와 소비자 간의 통신을 가능하게 합니다[4].

최적의 에너지 관리를 위해서는 정확하고 정밀한 에너지 생산 및 수요 예측 방법이 필요합니다. 딥 러닝 기반 에너지 예측 방법은 소비자와 그리드의 미래 에너지 수요를 예측하는 데 필수적입니다. 에너지 수요를 예측하는 데 오류가 발생하면 추가 비용과 낭비가 발생합니다[5].

스마트 홈의 에너지 소비 관리를 위해 다음과 같은 기여를 한 엷지AI 기반 시스템을 제안합니다. 1) 미래 에너지 발전을 위한 에너지 수요 및 생산 예측과 관련하여 스마트 그리드 서버에 통신하고 알릴 수 있는 주거 소비자 수준(스마트홈)의 IoE 인프라를 제시합니다. 2) 엷지 단일 보드 컴퓨터(SBC)에서 딥 러닝 알고리즘을 사용하여 에너지 예측을 해결하고 엷지AI와 서버 간의 효과적인 통신을 설정합니다.

이 논문은 세 부분으로 나뉩니다. 지능형 에너지 생산 및 부하 예측을 위한 제안된 프레임워크와 방법은 제 2장에 설명되어 있습니다. 제 3장은 실험 성능 및 평가에 대해 설명합니다. 제 4장은 결론과 향후 연구 방향에 대해 논의합니다.

II. 방법론

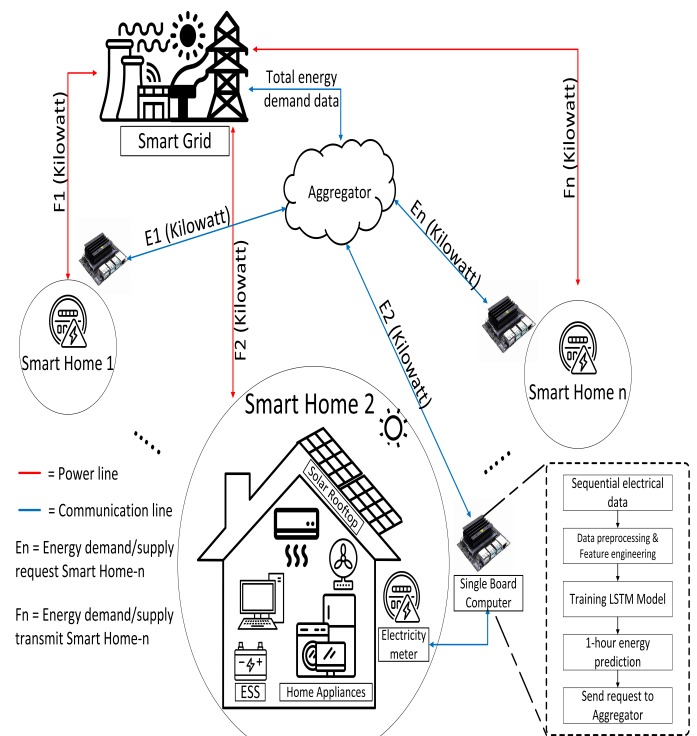


그림 1: 스마트 홈 에너지 관리 시스템을 위한 AI-IoE 프레임워크의 전반적인 아키텍처

본 논문에서는 미래 에너지 예측을 위한 딥 러닝 기반 방법이 더 정확하

고 정확한 예측 결과를 얻기 위해 사용되었습니다. 전체 프레임워크는 그림 1에 나와 있습니다. 전기 계량기는 스마트 홈에서 모든 전기 데이터를 수집하여 추가 분석을 위해 SBC로 전송합니다. SBC는 에너지 소비 및 생성을 예측하고 에너지 요청/수요를 계산하는 업무를 담당합니다. 애그리게이터는 스마트 그리드의 클라우드 서버로, 스마트 홈의 수요를 수집하여 이상 여부를 분석한 후 특정 소비자에게 에너지 공급을 위해 그리드 스테이션으로 전달합니다. 그림 2는 스마트 홈과 애그리게이터의 흐름도를 보여줍니다.

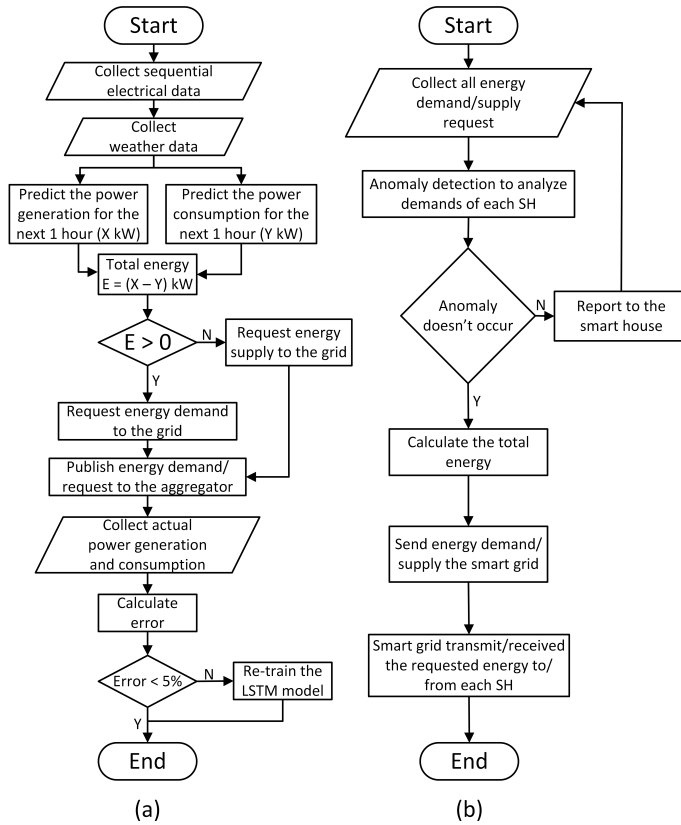


그림 2: (a) Edge AI의 흐름도, (b) Aggregator의 흐름도

신경주 PV 사이트의 개별 가정용 전력 소비량[6]과 태양광 발전 데이터의 두 가지 데이터 세트를 사용합니다. 전력 소비 데이터 세트[6]에는 2006년과 2010년 사이에 프랑스에 위치한 주택에서 수집된 200만 개 이상의 전기 측정 데이터가 포함되어 있습니다. 각 데이터는 일반 전기 장비나 가전제품이 가정에서 매 분마다 소비하는 활성 에너지를 나타냅니다. 그리고 태양광 발전 데이터 세트에는 2021년 1월부터 2022년 6월까지 14,422개의 데이터가 포함되어 있습니다. 본 논문은 짧은 에너지 예측 간격을 위해 최적화된 LSTM 하이퍼 파라미터를 제안했습니다.

III. 실험 결과 및 토론

본 논문에서는 측정값과 추정값에서 파생된 차이 메트릭은 추정 정확도를 평가할 수 있습니다. 성능은 MSE(평균 제곱 오차), MAE(평균 절대 오차), RMSE(루트 평균 제곱 오차) 및 MAPE(평균 절대 백분율 오차)를 사용하여 측정됩니다. 그림 3은 실제 데이터와 비교한 가정용 에너지 소비량 및 태양광 발전 데이터 세트의 예측 결과를 보여줍니다. 아래 표에는 성능 평가가 나와 있습니다.

표 1: 제안된 알고리즘의 성능 결과

Dataset	MSE	MAE	RMSE	MAPE
Energy Generation	0.71	0.66	0.69	75.21%
Energy Consumption	0.44	0.53	0.66	68.03%

IV. 결론

IoT의 빠른 성장과 다양한 문제에 대한 영향력은 에너지 분야와 같은 현실 세계의 문제에 대한 수많은 해결책으로 엄청나게 증가하고 있습니다. 본 논문에서는 딥 러닝을 기반으로 한 에너지 예측을 위한 IoE 프레임워크를 조사하고 스마트 홈의 엣지 AI에 대한 알고리즘을 구현했습니다. 제안된 프레임워크는 기존 데이터 세트를 사용하여 스마트 홈 에너지 소비 및 생성을 예측하기 위해 LSTM 모델을 사용했습니다. 계산된 에너지 수요 예측은 서버로 전송되고 스마트 그리드는 특정 스마트 홈에 필요한 에너지를 공급합니다.

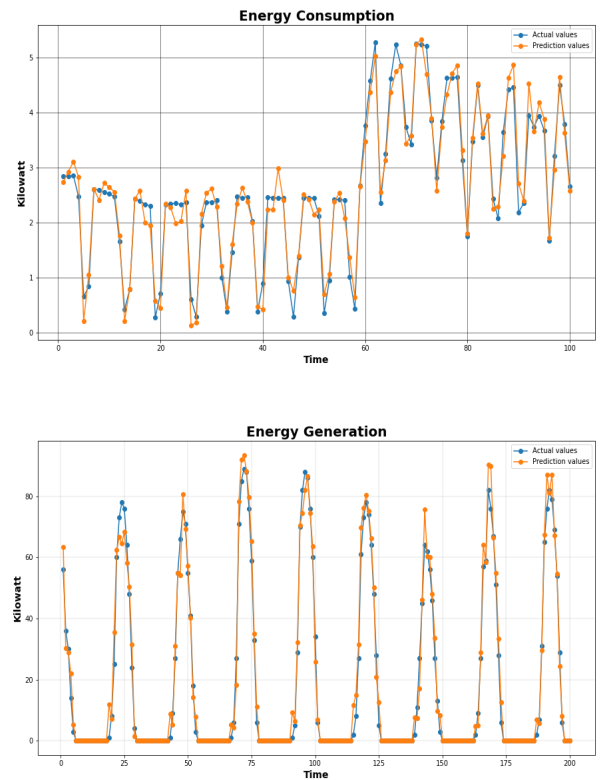


그림 3: 테스트 데이터 세트의 예측과 실제 값의 비교

향후 IoE 프레임워크와 가상 발전소(VPP) 개념을 결합하여 에너지 공유를 통해 에너지 수요를 충족할 수 있습니다. 또한 실시간 에너지 예측 알고리즘의 효과를 개선하는 것은 더 높은 정확도와 정확도를 달성하는 데 매우 중요합니다. 그럼에도 불구하고 향후 연구에서는 더 빠른 출력 예측과 주간 또는 월간 예측 구현을 고려해야 합니다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 정보통신기술기획평가원(IITP) 주관 ITRC(정보기술연구센터) 지원 프로그램(IITP-2022-2018-0-01396)에 따라 과학기술정보통신부가 지원하였습니다.

참 고 문 헌

- [1] S. Lee and D. -H. Choi, "Federated Reinforcement Learning for Energy Management of Multiple Smart Homes With Distributed Energy Resources," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 18, no. 1, pp. 488-497, Jan. 2022, doi: 10.1109/TII.2020.303541.
- [2] M. Shahjalal, M. K. Hasan, M. M. Islam, M. M. Alam, M. F. Ahmed and Jang, "An Overview of AI-Enabled Remote Smart-Home Monitoring System Using LoRa," 2020 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC), 2020, pp. 510-513, doi: 10.1109/ICAIIIC48513.2020.9065199
- [3] T. Han, K. Muhammad, T. Hussain, J. Lloret and S. W. Baik, "An Efficient Deep Learning Framework for Intelligent Energy Management in IoT Networks," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 5, pp.3170-3179, 1 March1, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3013306
- [4] P. Zhuang and H. Liang, "Hierarchical and decentralized stochastic energy management for smart distribution systems with high BESS penetration," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 10, no. 6, pp. 6516-6527, Nov. 2019
- [5] R.A.A. Ramadhan, Y.R.J. Heatubun, S.F.Tan, H.J.Lee, "Comparison of physical and machine learning models for estimating solar irradiance and photovoltaic power," *Renewable Energy*, vol. 178, pp.1006-1019, 2021
- [6] A. B. G. Hebrail. (2012). Individual Household Electric Power Consumption Data Set. [Online]. Available: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/individual+household+electric+power+consumption>