

전력 빅데이터 및 인공지능 기술 동향

고석갑 한국전자통신연구원 에너지지능화연구실 책임연구원

이병탁 한국전자통신연구원 에너지지능화연구실 실장



1. 머리말

다양한 분야에 정보기술(IT), 사물인터넷(IoT) 기술, 인공지능(AI) 기술이 접목되는 4차 산업혁명에 대한 이슈가 커짐에 따라 빅데이터 기술이 주목받고 있다. 빅데이터란 일반적인 방식으로는 처리하기 어려운 대용량의 데이터를 말한다. 더 정확하게는, '새로운 가치를 추출하기 위해 기존의 기술 및 기법으로 처리하기 어려운 특징(규모, 신속성, 가변성, 다양성, 진정성)을 갖는 데이터 모음'으로 정의한다[1].

전력설비에는 발전, 송전, 급전, 변전, 배전, 부하 등에 다양한 전력설비가 있다. 여기서 나오는 데이터를 모으면 전력 빅데이터가 된다. 전력 빅데이터는 전력공급에 필요한 각종 제어 정보와 측정 정보를 포함하므로 전력설비 효율화 및 최적화, 유지보수 등에 활용될 수 있다. 또한, 우리 삶에 전력이 반드시 필요하기에 전력 수요 관련 데이터는 산업활성도 및 라이프 패턴, 유동인구 등을 유추하는 데 활용될 수 있다. 최근에는 빅데이터의 통계적 분석을 넘어서 인공지능 기술을 이용한 빅데이터 분석으로 전력 상황을 예측하고 이상을 진단하며 최적 운용 기술을 적용하는 식의 다양한 서비스가 개발되고 있다. 본고에서는 전력 빅데이터 기술 동향 및 인공지능 개발 동향을 소개한다.

2. 전력 빅데이터 기술 동향

빅데이터 기술 분야는 크게 플랫폼, 분석, 활용으로 나뉘며 플랫폼 기술은 데이터 수집, 및 저장, 처리기술을 포함한다. 분석 기술은 예측 기술 및 데이터 융합 기술, 예지 분석 기술, 시물레이션 기술 등을 포함한다. 활용 기술은 데이터

유통 및 응용 서비스 기술을 포함한다[2].

빅데이터 기술은 2010년경부터 주목받기 시작했는데 오픈소스 분산 처리 프레임워크인 하둡[3]을 중심으로 관련 생태계가 크게 발전하면서 빅데이터 플랫폼 기술도 확장되기 시작했다. 기존의 관계형 데이터베이스(RDBMS)로는 빅데이터를 저장하고 다루기 어려워짐에 따라 클러스터 지원 데이터베이스가 개발되는 한편, 비정형 빅데이터를 다루고 저장할 수 있는 NoSQL(Not Only SQL) 및 HDFS(Hadoop Distributed File System) 분산 파일시스템이 개발됐다. 일정한 시간 간격으로 수집되는 IoT 빅데이터를 실시간으로 저장하고 다루기 위해 특화된 시계열 데이터베이스인 influxDB[4] 및 Machbase[5]도 개발돼 점차 보급됐다. 또한 실시간 처리를 위한 인메모리(In-Memory) 기술 기반의 Spark[6], 분산 스트리밍 프레임워크인 Kafka[7] 기술이 개발돼 적용됐다. 현재 빅데이터 분석은 비실시간 통계적 분석으로부터 실시간 예측 및 최적화 기술로 진보하고 있다. 인공지능 기술이 접목돼 실시간으로 빅데이터를 분석해 상황을 인지하며, 미래를 예측하고, 시스템을 최적으로 자율 운영하는 부분까지 개발하는 중이다[8].

다양한 데이터를 통합하고 연동, 활용하려면 표준화가 필수적이다. TTA에서는 표준화 전략맵에 빅데이터 부분을 포함해 빅데이터 참조 구조 및 메타데이터 프로파일, 빅데이터 품질진단, 비즈니스 프로세스 프레임워크, 제조 운영 데이터 품질, 학습 분석 프레임워크, 데이터 품질 관리, 머신러닝 분석 요구사항 등의 표준을 개발하는 중이다[9].

전력 빅데이터 활용 사례로 빌딩에서의 에너지 사용량을 예측하고 분석해 낭비되는 에너지를 최소화하고, 에너지 수요를 조절함으로써 비

용을 절감하는 BEMS(빌딩 에너지 관리 시스템)가 있다. 이와 유사하게 공장 및 산업체의 에너지 사용을 관리하는 FEMS(공장 에너지 관리 시스템)도 여러 곳에서 운영된다.

한국전력은 스마트그리드 종합운영 시스템을 구축해 빅데이터 분석 기반의 실시간 전력설비 운영 관리 및 지능형 서비스, 에너지 컨설팅 서비스를 수행한다. 일본의 NEC는 빅데이터 분석을 통한 대규모 플랜트 고장 전조 감지 시스템을 개발하여 운용한다[10]. 미국은 마이데이터(My data) 개념의 그린버튼(Green Button) 체계[11]를 도입해 전력 회사의 데이터를 제3의 회사가 사용할 때 손쉽게 사용자의 동의를 얻어 사용할 수 있도록 했다. 이를 통해 에너지 절감 서비스 등 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

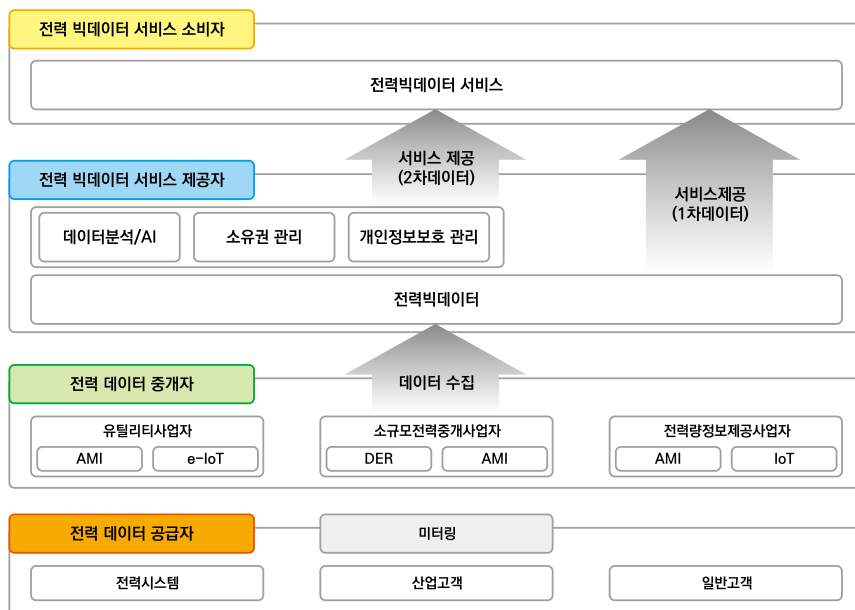
3. 전력 빅데이터 서비스 구조

전력 빅데이터 서비스 참조 모델은 [그림 1]과

같다[12]. 전력 빅데이터 서비스 제공자는 전력 데이터 공급자 및 전력 데이터 중개자로부터 전력 빅데이터를 수집한다. 전력 데이터 공급자는 고객에게 전력을 제공하고, 이에 따른 시스템 및 미터링 장치, IoT 장치를 통해 데이터를 수집한다. 다음으로 전력 빅데이터 서비스 제공자 또는 전력 데이터 중개자에게 데이터를 전달한다.

전력 데이터 중개자는 유틸리티 사업자, 소규모전력중개사업자, 전력량정보제공사업자로 AMI 및 IoT, e-IoT[13] 등의 수단을 통해 데이터를 수집하고 전력 빅데이터 서비스 제공자에게 전달한다.

전력 빅데이터 서비스 제공자는 수집된 데이터를 직접 소비자에게 제공할 수 있으며(1차 데이터), 데이터를 가공하고 분석해 소비자에게 제공할 수 있다(2차 데이터). 소비자는 일반 사용자 또는 부가 서비스 제공자가 될 수 있다. 전력 빅데이터 서비스 제공자는 데이터를 제공하기 위해 소유권 관리 및 개인정보보호 관리를 수행해야



[그림 1] 전력 빅데이터 서비스 참조 모델[12]

한다. 전력 빅데이터의 부가가치를 올리기 위해 데이터를 분석하고 인공지능 기법을 적용할 수 있다. TTA에서는 각 객체 간 데이터를 교환하기 위해 표준화를 진행하며 제1부 개요 및 생태계와 제2부 기능요구사항으로 개발 중이다[9][12].

4. 전력 빅데이터 인공지능 기술

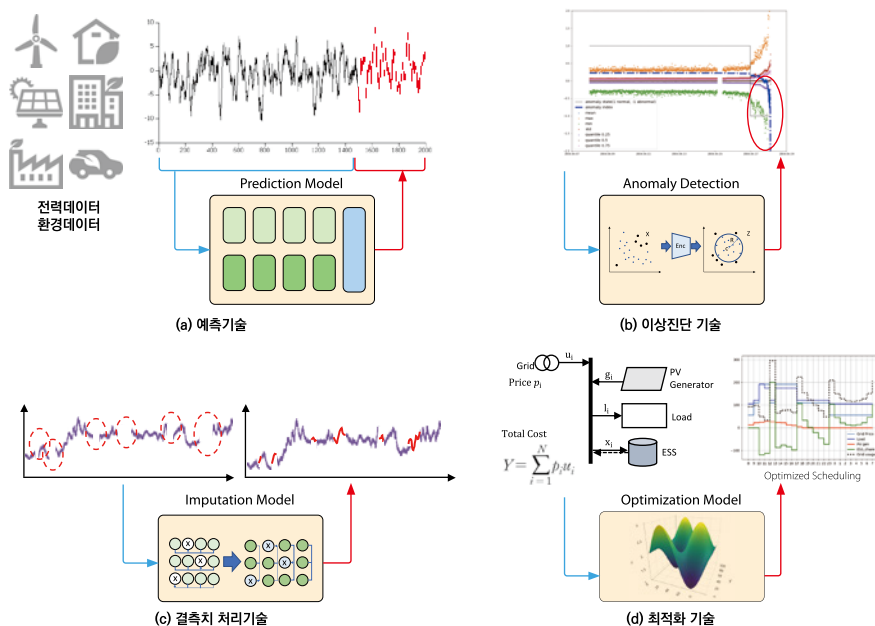
전력 빅데이터를 활용하기 위해 인공지능 기법을 적용할 수 있다. 여기에 사용되는 인공지능 기법은 크게 예측, 이상진단, 결측치 처리, 최적화로 나눌 수 있다. [그림 2]에 그 개념적인 모델을 나타냈다.

(a)예측기술은 크게 시계열 회귀분석(Regression) 기술과 분류(Classification) 기술로 나뉜다. 시계열 회귀분석 기술은 과거의 전력 및 환경, 활동 데이터를 기반으로 앞으로 어떤 값들이 나타날 것인가를 예측하는 기술이다. 여기에는 RNN, LSTM, GRU 등 시계열 예측 기술이 사

용되며 전력 수요 예측 및 전력 생산 예측, 전력 비용 예측 등을 수행할 수 있다. 분류기술은 현재 상태가 어떤 상태인지를 예측하는 기술로 전력공급 상태 분류 및 ADL(생활패턴) 분류 등 다양한 예측을 수행한다.

(b)이상진단 기술은 현재 상태가 정상인지 비정상인지 판단하는 기술이다. 기존에는 기준치 기반의 이상진단을 수행했으며 최근에는 인공지능을 이용한 정상 패턴을 학습해 비정상 패턴이 발견되면 이상으로 판단하는 기술이다. 여기에는 OCSVM(One-Class Support Vector Machine), ISF(Isolation Forest), LSTM AE(LSTM AutoEncoder), DeepSVDD(Deep Support Vector Data Description), DAGMM(Deep Autoencoder Gaussian Mixture), LTC AE(Liquid Time Constant AutoEncoder) 등의 기술이 사용된다.

(c)결측치 처리기술은 데이터를 수집할 때 빠져 있거나 이상치가 있는 경우 복원하는 기술이다. 인공지능의 학습 및 예측을 위해서는 누락이



[그림 2] 전력 빅데이터 인공지능 기술

없는 양질의 데이터가 필요하다. 하지만 실제 전력 데이터를 수집하는 경우 센서 오류, 네트워크 오류 등으로 데이터가 누락되는 경우가 자주 발생한다. 이때 인공지능 기법을 사용해 누락된 데이터를 복원할 수 있다. 여기에는 LSTM 및 GRU-D(Gated Recurrent Unit with trainable decay), M-RNN(Multi-directional Recurrent Neural Networks) 등의 기술이 사용된다.

(d)최적화 기술은 전력 시스템을 최적으로 운용하기 위한 기술로 여러 가지 제약조건하에서 가장 높은 효과를 갖는 운용 스케줄링을 하는 것이다. 예를 들면 건물 내의 이용자들이 불편이 없도록 열적 쾌적도를 유지하면서도 전력 에너지 비용을 최소로 할 수 있는 냉난방기 운용 스케줄을 도출하는 것이다. 여기에는 MIP(Mixed Integer Programming) 및 강화학습, 베이지언 최적화 등의 기술이 있다.

5. 전력 빅데이터 서비스

전력 빅데이터와 인공지능 기술을 결합해 다양한 서비스 및 비즈니스 모델 개발이 가능하다. [그림 3]은 전력 빅데이터 기반의 응용 서비스 예다. (a)수요반응 최적화 솔루션은 수요반응 서비스를 최적으로 운영하기 위한 솔루션이다. 수요반응이란 전력수급 부족이 예상될 때, 미세먼지 등 환경오염이 예상될 때, 수요자들에게 에너지 사용을 일시적으로 줄이도록 요청함으로써 발전소 가동을 줄여 에너지 비용 및 환경을 보호하는 것을 말한다. 수요반응 최적화 솔루션은, 수요반응의 효과를 극대화하기 위해 수요자들의 에너지 사용 패턴을 분석하고 좀 더 효율적인 에너지 사용 스케줄을 제시한다.

(b)도시에너지 맵서비스는 GIS(지리정보시스템)에 에너지 수요 및 발전 데이터를 결합해 시각화함으로써 지자체 및 통신사 등에 제공하는



[그림 3] 전력 빅데이터 응용서비스 예

서비스다. 에너지 사용 특성을 인덱스화해 빌딩별, 구역별 에너지 효율을 표시함으로써 지역활성도 및 유동인구 분석 등에 다양하게 활용 가능하다. 또한 전기차 충전소의 충전기록 및 설비정보를 이용해 지도상에 시각화함으로써 전기차 충전소 효율 분석, 전기차 충전소 배치 같은 분석에 사용할 수 있다.

(c)스마트 제조AI 인포 서비스는 CNC(Computerized Numerical Control), 생산로봇 등 제조기계의 전력 사용량과 동작조건, 추가 센서 데이터를 수집하고 분석해 제조설비가 정상적으로 작동하고 있는지, 공구 교체, 제조 불량 등 확인조치가 필요한지를 분석해준다. 챗봇 서비스와 결합해 대화형으로 관리자가 공장 내의 많은 제조설비를 통합적으로 관리할 수 있다.

(d)돌봄서비스는 독거노인 등 사회적 취약자의 전력, 수도 등 에너지 사용량과 추가적인 활동량 센서를 결합해 건강을 돌보며 사고를 발견하고 예방하는 서비스이다. 전력 빅데이터 기반 돌봄서비스 플랫폼은 돌봄대상자의 각종 센서 데이터를 수집하고 어떤 활동을 하는지 ADL 식별을 수행하며 생활패턴을 분석함으로써 건강상태 및 안전사고 여부를 판단하거나 예측할 수 있다. 관련 정보를 사회복지사 및 응급센터와 연계해 필요한 조치를 할 수 있도록 한다.

이 외에 스마트 숙박업소 관리 서비스가 있다. 숙박업소에 에너지 사용량 및 온습도 환경 센서 데이터를 수집하고 분석해 정상적인지 비정상적인지 판단한다. 비정상 상황에는 투숙객의 사고, 실내오염, 전기과다사용 등 다양한 상황을 추정할 수 있다.

스마트팜에도 전력빅데이터 플랫폼을 적용할 수 있다. 스마트팜의 태양광 발전 시설, 공조 시설, 난방시설, 조명시설, 환기시설 등 다양한 설비를 모니터링하고 에너지 효율을 극대화할 수 있

는 최적 운전을 가능하도록 한다.

단위 건물 전력계통 최적화 서비스는 단위건물의 전기, 가스, 수도 사용량 및 운영정보를 실시간 수집하고분석해 전력계통 최적화를 수행한다. 공조시설, 냉장고 등에 들어가는 전동 부하는 전류의 위상이 늦어지는 지상(lag) 전류를 야기하며, 이는 역률을 떨어뜨려 전기요금을 가중시킬 수 있다. 이를 방지하기 위해 역률보상장치를 이용할 수 있는데, 부하설비가 복잡한 경우 효과적인 역률보상이 어렵다. 전력 빅데이터 분석 기술 및 인공지능 기술을 결합해 효과적으로 역률보상장치를 제어함으로써 단위 건물 차원의 역률을 개선할 수 있다.

6. 맺음말

본고에서 전력 빅데이터 기술에 대해 살펴봤다. 현재 전력 빅데이터에 대한 특허가 지속적으로 등록되고 있으며, 전력 빅데이터 관련 표준화가 진행 중이다. 또한 전력 빅데이터 플랫폼 및 인공지능 관련 기술들이 개발되어 새로운 서비스를 개발 중이다. 우리는 항상 전기를 사용하고 있으므로 전력 빅데이터에는 우리의 삶이 반영돼 있다. 특히 AMI와 IoT가 보급되면서 수집주기와 정확한 전력 빅데이터를 모을 수 있다. 전력 빅데이터를 통해 전력 시스템뿐만 아니라 우리의 삶을 예측하고 개선할 수 있다. 전력 빅데이터를 활용하기 위해서는 개인정보보호가 중요하며 이와 관련한 제도 및 법규 개선과 시스템적인 고려가 필요하다. 전력 빅데이터뿐만 아니라 다른 빅데이터와 결합해 다양한 서비스가 가능하며 인공지능 기술 접목을 통한 지능화 서비스에 대한 연구개발이 계속되고 있다. TTA

※ 본 연구는산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제임. (No. 20181210301570)

주요 용어 풀이

- **LSTM**(Long Short Term Memory): 장단기 메모리. 데이터의 순서의 특성을 학습하는 기계학습 모델로 과거의 정보가 소실되는 문제를 개선한 순환 신경망 중 하나
- **GRU**(Gated Recurrent Units): 게이트 메커니즘을 적용한 순환 신경망 중 하나로 LSTM 보다 간략한 구조를 가짐
- **ADL**(Activities of Daily Living): 일상생활수행능력. 사람들이 일상적으로 하는 활동에 대한 평가

참고문헌

- [1] “빅데이터 프레임워크 - 제1부: 개요 및 정의”, TTA.KO-10.0899-Part1, 정보통신기술협회.
- [2] 김수연, 도지훈, 김보라, “빅데이터”, KISTEP 기술동향 브리프 2018-11호, 한국과학기술기획평가원.
- [3] <http://hadoop.apache.org/>
- [4] <https://www.influxdata.com/>
- [5] <https://www.machbase.com/>
- [6] <https://spark.apache.org/>
- [7] <https://kafka.apache.org/>
- [8] “ICT R&D 중장기 기술로드맵 2022”, IITP, 2016.
- [9] “ICT 표준화전략맵 Ver.2021, AI,DATA-빅데이터”, TTA, 2021.
- [10] 임재규, 김종익, “에너지부문 빅데이터 활용사례 조사 연구”, 수시연구보고서, 에너지경제연구원, 2014.
- [11] <https://www.greenbuttondata.org/>
- [12] “전력 빅데이터 서비스 - 제1부: 개요 및 생태계”, TTA.KO-10.1275-Part1, 정보통신기술협회.
- [13] “에너지 전력 분야 사물인터넷 시스템 규격: e-IoT”, TTA.KO-10.1034, 정보통신기술협회.