

에너지신산업을 위한 에너지 빅데이터 전처리 시스템

양수영* · 김요한** · 김상현*** · 김원중****

Energy Big Data Pre-processing System for Energy New Industries

Soo-Young Yang* · Yo-Han Kim** · Sang-Hyun Kim*** · Won-Jung Kim****

요 약

재생에너지 및 분산자원의 증가로 에너지신산업에서는 전통적인 데이터뿐만 아니라 다양한 에너지 관련 데이터들이 생성되고 있다. 즉 다양한 재생에너지 설비와 발전 데이터, 계통 운영 데이터, 계량 및 요금 관련 데이터뿐만 아니라 새로운 서비스와 분석을 위해 필요한 기상 및 에너지 효율화 데이터 등이 있다. 에너지 빅데이터 처리 기술은 분산자원, 계통, AMI(Advanced Metering Infrastructure)를 포함한 전력 생산·소비 인프라의 전반기에서 발생하는 데이터를 체계적으로 분석·진단할 수 있다. 이를 통해 ICT(Information and Communications Technology)산업과 에너지 산업 간 융복합의 새로운 비즈니스 창출을 지원하는 기술이 될 수 있을 것이다. 이를 위해서 수집된 데이터의 항목별 특성 분석 및 연관관계 표본 추출과 각 특징들의 범주화 및 요소 정의 등 데이터 분석 시스템에 대한 연구가 필요하다. 또한 데이터의 손실 및 이상 상태 처리를 위한 데이터 정제 기술에 대한 연구가 이루어져야 한다. 그리고 에너지 데이터를 실시간으로 저장 및 관리할 수 있도록 Apache NIFI, Spark, HDFS(Hadoop Distributed File System)에 대한 개발 및 구축이 필요하다. 본 연구에서는 위와 같은 다양한 전력거래를 위한 전반적인 에너지 데이터 처리 기술과 시스템을 제안하였다.

ABSTRACT

Due to the increase in renewable energy and distributed resources, not only traditional data but also various energy-related data are being generated in the new energy industry. In other words, there are various renewable energy facilities and power generation data, system operation data, metering and rate-related data, as well as weather and energy efficiency data necessary for new services and analysis. Energy big data processing technology can systematically analyze and diagnose data generated in the first half of the power production and consumption infrastructure, including distributed resources, systems, and AMI. Through this, it will be a technology that supports the creation of new businesses in convergence between the ICT industry and the energy industry. To this end, research on the data analysis system, such as itemized characteristic analysis of the collected data, correlation sampling, categorization of each feature, and element definition, is needed. In addition, research on data purification technology for data loss and abnormal state processing should be conducted. In addition, it is necessary to develop and structure NIFI, Spark, and HDFS systems so that energy data can be stored and managed in real time. In this study, the overall energy data processing technology and system for various power transactions as described above were proposed.

키워드

Power Trading, Renewable Energy, Big Data, Distributed Resources, Data Management Platform
전력거래, 재생에너지, 빅데이터, 분산자원, 데이터 관리 플랫폼

* 부산대학교 사물인터넷연구센터(newoopax@gmail.com)

** (주)엘시스 기업부설연구소(john@elsys.kr)

*** (주)아이웍스 대표이사(gold@iworks2018.kr)

**** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

• Received : Aug. 23, 2021, Revised : Sep. 19, 2021, Accepted : Oct. 17, 2021

• Corresponding Author : Won-Jung Kim

Dept. Computer Engineering, Suncheon National University,

Email : kwj@suncheon.ac.kr

• 접수일 : 2021. 08. 23

• 수정완료일 : 2021. 09. 19

• 게재확정일 : 2021. 10. 17

1. 서론

전 세계적으로 신재생에너지와 다양한 에너지 신기술 및 ICT의 결합체를 활용하는 에너지신산업 비즈니스 모델 개발에 대한 다양한 시도가 진행 중이다. 에너지신산업은 이상 기후 변화 대응, 국가 에너지 안보 및 에너지 융복합 분야의 주요 현안을 효과적으로 해결할 수 있는 사회문제 해결형 산업으로서 그 중요성이 더욱 높아지고 있다.

이러한 에너지신산업은 기존 전통 에너지산업과는 다르게 ICT의 융합이 매우 중요하며, 특히 수집되는 다양한 에너지 데이터는 새로운 부가가치를 창조할 수 있는 중요한 리소스로 재활용될 수 있다.

따라서 전력 에너지 소비 유형의 다양화, 신재생에너지 사용 증대 등으로 전력 분야에서 에너지 자원의 중요성과 복잡성이 증대되고 있으며, 수집된 자료의 실시간 분석과 빠른 의사결정이 가능한 데이터 서비스 플랫폼의 중요성이 증대되고 있다.

이러한 이기종·대용량 에너지 데이터의 실시간 처리를 위해서는 경량형의 분산·병렬처리 시스템에 대한 연구가 필요하다.

에너지 관련 빅데이터의 처리·분석 기술은 분산전원 및 수요가 AMI를 포함한 전력 생산·소비의 전반 주기의 계통 인프라에서 발생하는 빅데이터를 체계적으로 분석·진단하여 개방형 API 시스템으로 제공함으로써 산업간 융복합을 통한 새로운 비즈니스 창출이 가능한 유망한 분야이다[1-2].

기존 에너지 빅데이터 활용 사례를 살펴보면 미국은 빅데이터와 하둡이 등장하자마자 정부 및 공공기관에서 곧바로 이를 도입하여 다양한 프로젝트를 진행하였다. 이 중 대표적인 성공 사례가 바로 “Green Button” 프로젝트이다. 그린 버튼 프로젝트는 2011년 사용자가 자신의 에너지 사용량을 쉽게 파악하고, 이를 통해 전기 에너지를 절약할 수 있게 하려는 의도로 시작된 대규모 프로젝트이다.

초기에 미국 캘리포니아 주의 9개 전력 회사가 참여하였으며, 현재 약 1,500만명의 전력 소비자에게 개인별 전기 사용량을 알 수 있도록 웹 및 모바일 서비스를 제공한다. 그린 버튼 프로젝트는 단순히 사용자의 에너지 사용량을 제공하는 서비스가 아니라, 통합 수집된 전력 사용량 데이터를 보안을 유지한 상태로 공유하고,

공유된 데이터를 통해 새로운 애플리케이션을 만들 수 있도록 다양한 라이브러리 및 API를 제공하고 있다.

그린 버튼 프로젝트는 소비자들이 자신의 에너지 사용량을 실시간으로 쉽게 파악할 수 있게 되어 전기 에너지 절약에 많은 관심을 갖게 되는 계기를 만들어 주었다. 그린버튼 프로젝트가 보급된 이후, 미국 캘리포니아주에서는 약 1,500만kW의 전기 에너지를 줄이는 성과를 보였다[3-4].

아래 그림 1은 그린버튼 프로젝트에서 취득된 데이터에 대해 유틸리티 서비스 제공자와 서비스 사용자 및 Third Party 서비스 제공자에 대한 데이터 제공 형태와 활용에 대한 내용이다.

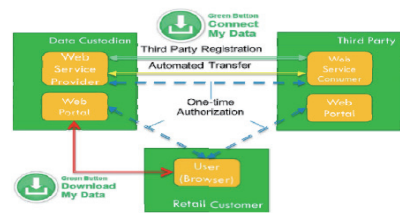


그림 1. 그린버튼 이니셔티브
Fig. 1 Green button initiative

이렇듯 빅데이터를 활용한 에너지신산업은 편리한 에너지절약 방법과 이를 통한 경제적 이익을 국민들에게 제공하여 주며, 기업에게는 새로운 비즈니스 기회를 창출할 수 있도록 하고, 국가적인 입장에서는 효율적인 에너지 수급관리와 온실가스 감축 정책을 효과적으로 수행할 수 있다. 에너지신산업의 활성화를 위해서는 빅데이터, 인공지능, 사물인터넷 등의 핵심 기술이 필요하므로 기후변화의 적응에도 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

표 1. 8대 에너지신산업 분야
Table 1. Top 8 Energy new industries

Business Name	Contents
Demand Resource Trading Market	By using power saving facilities such as buildings and factories, the electricity saved is collected
ESS Integrated Service	Building ESS by combining finance, insurance and energy management technologies
Energy Independence	Replacing diesel generators in island areas with high power generation costs
Electric Vehicle	The entire livelihood eco-system, including electric vehicles, charging infrastructure and battery leasing
Powergeneration Hot Water	The heat and waste heat discarded in thermal power plants is utilized for nearby agriculture and fisheries
Solar Rental	Lending solar power facilities to homes and generating profits from reduced electricity bills
Zero Energy Building	A building that maximizes insulation performance and minimizes energy use by using renewable energy
Eco-friendly Energy Town	Implementation of a resident profit model by applying clean technology and supplying energy to resident avoidance facilities

표 1은 8대 에너지신산업을 보여주고 있으며, 모든 분야에 공통적으로 성공적인 발전을 위해 반드시 빅데이터 및 AI 기술의 직·간접적 적용이 필요하다[5].

스마트그리드에서 빅데이터는 기본적으로 전력 인프라에 진보된 감지 기능과 통신, 그리고 지능형 제어 분야에 적용이 가능하다. 즉, 전력망의 전력 수요를 감독하고 전력의 공급과 전달을 관리하며, 스마트그리드를 위한 반응형 전력 조정, 비상 상황에 대한 분산 발전, 네트워크 재배치, 시스템 복구, 수요 관리, 고장 및 안정성 진단, 에너지 효율화 등을 크게 향상시킬 수 있다. 이는 신재생에너지 등의 분산 발전 확대, 에너지 소비의 효율화, 이에 따른 수요/공급의 최적화를 위한 안정적 그리드 운영의 근간을 마련할 수 있다.

특히 현재 급속히 추진되고 있는 신재생에너지 기반 분산형 자급자족 시스템에서는 기존의 대규모 발전설비에 의한 중앙집중적인 전력공급 방식보다 훨씬 가변성이 높기 때문에 에너지 빅데이터의 활용도가 크게 높아질 것이다.

그리고 스마트그리드의 다양한 빅데이터 기반 애플리케이션 및 서비스는 크기(Volume), 속도(Velocity), 다양성(Variety)이라는 빅데이터의 3V를 효율적으로 관리할 수 있는 시스템 위에서 구현되어야 한다[6-7].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 기존의 에너지 빅데이터 처리 및 분석 관련 연구를 살펴보고, 제3장에서는 본 논문에서 연구한 대용량 에너지 데이터 처리용 분산·처리 모듈의 설계 및 개발과 분산자원 데이터 전처리 시스템의 구현에 대해 설명하였다. 그리고 마지막 4장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술하였다.

II. 관련 연구

관련 연구에서는 전력거래를 위한 에너지 빅데이터 처리와 관련이 있는 다양한 에너지 관련 데이터 처리 기술과 빅데이터 기반 시계열 에너지 데이터 처리 방법 및 하둡 기반의 빅데이터 플랫폼 연구에 대해 분석하였다.

2.1 에너지 데이터 전처리 기술

먼저 에너지 빅데이터 처리의 사례로는 인코어드의 데이터 처리 시스템이 있다. EnerTag와 같은 스마트미터에서 수집된 모든 데이터들은 수집자(Collector)에게 보내지며 수집자는 수신된 데이터를 미리 정해진 형태의 시스템 공통 포맷으로 프로세싱한다. 데이터가 성공적으로 변형되면 데이터는 전달자(Broker)에 전달되고, 전달자는 어느 클러스터가 데이터를 처리할지를 결정한다.

클러스터는 대기열(Queue)을 매개로 다른 처리 단위와 연결되어 하나의 클러스터(Cluster)를 구성한다.

처리 단위의 구성은 트윗터를 비롯한 스트리밍 데이터 처리로 잘 알려진 미들웨어 Storm에 의해서 관리된다. 클러스터는 EPU(Encored Processing Unit)라고 불리는 다수의 처리 단위로 이루어져 있다. 그림 2에서 보여주는 것처럼 EPU는 클러스터를 구성하는 가장 작은 구조체로서 각 EPU는 자원과 기능 특성을 표준화되도록 설계되었다[8].

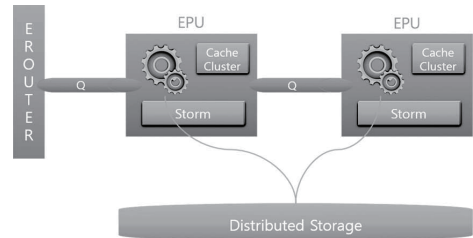


그림 2. 데이터 처리 단위 구성도

Fig. 2 Data processing unit configuration diagram

2.2 대용량 시계열 에너지 데이터 처리 기술

빅데이터 기반 대용량 시계열 에너지 데이터 처리 시스템의 관련 연구를 살펴보면 다음과 같다.

수집된 에너지 측정 정보를 저장하는 시스템은 분산 빅데이터를 적용하고, 시스템의 DB 기능에 사용되는 HBase는 Hadoop기반의 DB로 Hadoop의 HDFS 위에 설치되며, Zookeeper를 Node 관리에 사용하고 있다. 테이블은 1,000개 이상의 클러스터 노드를 지원하며 분산 컬럼 기반(distributed column oriented) NoSQL 데이터베이스 기능을 제공하도록 구성되었다.

분산형 빅데이터 DB는 효율적인 에너지 서비스를 위해서는 고속 에너지 데이터 처리 기능이 필요하고, 접근 속도를 높이기 위해 Time-Series 기능을 제공하

는 어댑테이션 레이어 OpenTSDB를 적용하여 구축하였다.

Hbase 스키마는 최소한의 공간에 유사 시계열의 데이터를 빠르게 저장하며 TSD 유저는 직접 HBase에 액세스할 필요가 없고 간단한 텔넷프로토콜, HTTP API 또는 간단한 GUI를 통해 TSD와 통신할 수 있다.

IoT를 통해 수신되는 Raw 데이터가 수집된 후, 다음 단계인 데이터 전처리 과정에서는 데이터 요약, 압축에 사용되는 센서 데이터를 데이터베이스로부터 전송받아 다음 단계의 입력 형식에 적합하도록 분석포맷으로 변환한 다음 준비된 에너지 센서 포인트 데이터들의 시간 동기를 맞추고, 수집되지 않은 데이터를 보간하여 데이터의 충실도를 높인다.

수집된 빅데이터 처리 절차는 아래 그림 3과 같이 정형, IoT 및 비정형 데이터 등 데이터 유형에 따라 데이터 요약, 압축과정은 입력변환을 거쳐 정규 이벤트(Regular Event Classification)와 비정규 이벤트(Irregular Event Classification)를 탐색한다. 그리고 자동화된 Affinity Propagation을 사용하여 센서 데이터를 유사도에 따라 클러스터링한다[9].

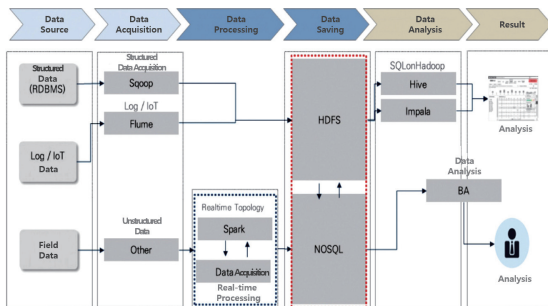


그림 3. 빅데이터 처리 절차
Fig. 3 Big Data processing procedures

에너지 데이터 처리 중 데이터가 유실되었을 경우 분석의 부정확한 결과치를 방지하기 위해서 Queue를 활용하게 되며, 오픈소스인 Kafka를 사용하면 효과적으로 실시간 데이터 처리가 가능해진다. 이외에도 연계할 부분은 Spark, Storm 같은 실시간 처리 소프트웨어와 함께 Solr 또는 Elastic Search 같은 이벤트 분석 시스템도 필요하게 된다[10-13].

III. 분산자원 데이터 처리를 위한 빅데이터 전처리 시스템

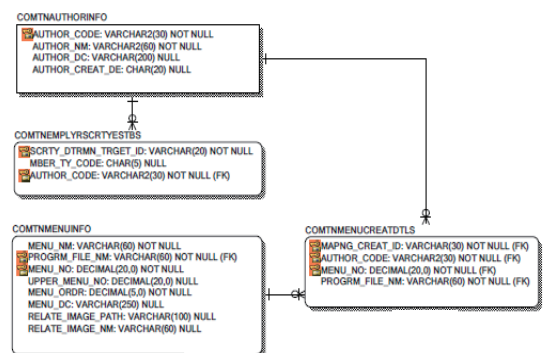
본 장에서는 HDFS 기반의 대용량 에너지 데이터 처리용 분산·처리 모듈을 설계한 후, 실시간으로 대량의 에너지 관련 데이터를 Application, Sever, Middleware 등에서 활용할 수 있도록 성능, 안정성 및 확장성을 고려한 데이터 수집 및 적재를 위한 데이터 전처리 시스템에 대해 설명하였다.

3.1 대용량 에너지 데이터 처리용 분산·처리 모듈 설계 및 개발

대용량 에너지 데이터를 처리하기 위해서 수집 Rule을 이용하여 분산전원 및 다유형 에너지 데이터에 대한 정형·비정형 데이터 수집 기능을 설계하였다. 저장소에 저장한 데이터를 정의하였는데 HDFS 저장소는 전체 데이터를 64Mb 블록 형태로 저장하고 Local Data 저장소는 최근 처리한 데이터(1주~4주)를 저장한다. RDB 저장소는 향후 분산자원 모니터링을 위한 데이터 저장을 처리할 수 있도록 설계하였다.

표 2는 시스템의 전체적인 논리 ERD 설계에 관련된 내용을 보여주고 있다.

표 2. 논리 ERD
Table 2. Logical ERD



대용량 에너지 데이터 저장용 경량형 분산·병렬시스템 개발을 위해서 서버 아키텍처에 대한 설계는 먼저 데이터 규모, 사용자 수, 데이터 트랜잭션 수량에 따른 DB 서버 기반의 경량형 아키텍처를 설계하고, 에너지 데이터 실시간 처리에 최적화된 서버 클러스터별 기능과 단계적이며 수평적(Scale out) 확장이 가

능하도록 서버 아키텍처를 구성하였다.

그림 4는 다양한 신재생에너지 발전단지에서 수집되는 기상 및 발전량 데이터를 아파치 NIFI를 거쳐서 HDFS의 하둡 클라이언트로 처리 후, 스파크를 통해 NoSQL인 몽고 DB로 저장해서 실시간 저장하는 구성을 보여주고 있다.

그리고 필요시 RDB로 저장하기 위해 배치처리를 통해 MySQL까지 저장할 수 있도록 설계하였다.

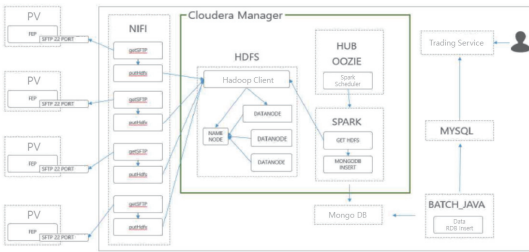


그림 4. 분산·병렬처리 시스템 서버 아키텍처
Fig. 4 Distributed and parallel processing system server architecture

관련된 데이터 클러스터의 설정은 표 3과 같다.

표 3. 클러스터 설정
Table 3. Cluster settings

Parcel	MASTER SERVER CDH HOST #1	CDH HOST #2	CDH HOST #3
CMS	<ul style="list-style-type: none"> Activity Monitor Alert Publisher Event Server Host Monitor Service Monitor 		
HDFS	<ul style="list-style-type: none"> Balancer Name Node Data Node 	<ul style="list-style-type: none"> Data Node NFS Gateway Secondary Name Node 	<ul style="list-style-type: none"> Data Node HttpFS
YARN	<ul style="list-style-type: none"> Node Manager 	<ul style="list-style-type: none"> Node Manager Resource Manager 	<ul style="list-style-type: none"> Node Manager JobHistory Server
SPARK	<ul style="list-style-type: none"> Gateway 	<ul style="list-style-type: none"> Gateway History Server 	<ul style="list-style-type: none"> Gateway
Hue			<ul style="list-style-type: none"> Load Balancer Server
Oozie			<ul style="list-style-type: none"> Server
Zookeeper	<ul style="list-style-type: none"> Server 	<ul style="list-style-type: none"> Server 	<ul style="list-style-type: none"> Server
Hive	<ul style="list-style-type: none"> Gateway MetaStore Server Hive Server2 	<ul style="list-style-type: none"> Gateway 	<ul style="list-style-type: none"> Gateway
NIFI	<ul style="list-style-type: none"> Server 		

3.2 분산자원 데이터 전처리 시스템 개발

분산자원 데이터 전처리 시스템은 실시간으로 대량의 데이터를 Application, Sever, Middleware 등에서 활용할 수 있도록 에너지 데이터 수집 및 적재와 에너지 데이터를 처리하기 위해 성능, 안정성 및 확장성을 고려한 메시지 처리 아키텍처를 구성하였다. 또한 NoSQL DB인 Hbase를 적용하여 데이터의 저장과 분산처리를 보장할 수 있으며, 향후 다양한 에너지 운영 플랫폼에 활용될 수 있도록 구축하였다.

구축된 시스템에서 IoT 등을 통해 수신되는 에너지 데이터는 처리시스템의 메모리에 저장하고 실시간으로 데이터 속성별로 추출 및 연산을 시행한다.

그리고 메모리에 저장된 Key/Value 데이터 중 해당 Key 값의 Value를 제외한 데이터를 순차적으로 메모리에 저장하거나 제외하여 처리하고, 메모리에 저장된 데이터에 대한 유효범위를 벗어난 데이터는 저장/처리하지 않도록 한다.

그 후 데이터 입력에 대한 로그를 기록하고, 전처리 엔진의 메모리 할당을 조절하며, 전처리 시스템의 서버 기능은 함수 라이브러리 형태로 제공하도록 한다.

그리고 Transformation에는 실제 작업이 이루어지지 않고 Lineage만 생성되어 나가며, Action을 만났을 때 실제 작업이 이루어지고, 수집/적재된 Spark 모듈이 HDFS에 저장된 데이터 파일을 읽어 RDD를 생성할 수 있도록 한다.

운영계 ESB 서버에 수신된 파일은 개발계 ESB 서버로 전송되고 설치된 NIFI의 파일전송 프로세스를 통해 HDFS로 전달할 수 있도록 구축하였다.

```

elsys@spark:/spark/data$ pwd
/spark/data
elsys@spark:/spark/data$ ls -al
total 84
drwxr-xr-x 5 elsys elsys 4096 Apr 27 01:25 .
drwxr-xr-x 6 elsys elsys 4096 Apr 27 09:39 ..
drwxrwxr-x 2 elsys elsys 4096 Apr 26 20:47 days
drwxrwxr-x 2 elsys elsys 4096 Apr 26 20:47 hours
drwxrwxr-x 4 elsys elsys 69632 Apr 27 10:39 timestamp
elsys@spark:/spark/data$
    
```

그림 5. 데이터 저장 상태 확인
Fig. 5 Check data storage status

그림 5는 Local Data 저장소의 저장 처리 기능에 대한 화면이다. Days는 전처리 엔진을 통해 입력받은 데이터를 일자별로 저장하고, Hours는 전처리 엔진을 통해 입력받은 데이터를 일자별로 저장하며, 마지막으

로 Time Stamp는 전처리 엔진을 통해 입력받은 데이터를 초 단위로 저장되고 있음을 확인할 수 있다.

그림 6은 Raw 데이터의 저장 및 조회 화면이다.

각 IoT별 ID와 계정 번호, 계측 날짜와 시간, 파일 이름 및 Raw 파일을 다운로드 받을 수 있도록 개발하였다.

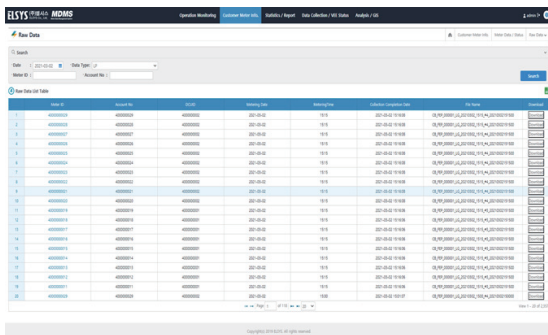


그림 6. Raw Data 저장 화면
Fig. 6 Raw data save screen

그림 7은 수집된 데이터를 실시간으로 관리할 수 있는 기능에 관련된 화면이다.

종류별 데이터 수집 현황을 확인하고, 현재 데이터, 누적 데이터, 실시간 데이터 품질, 데이터 품질 평균 현황, 계측 상태 관리 등의 기능에 대한 화면이다.

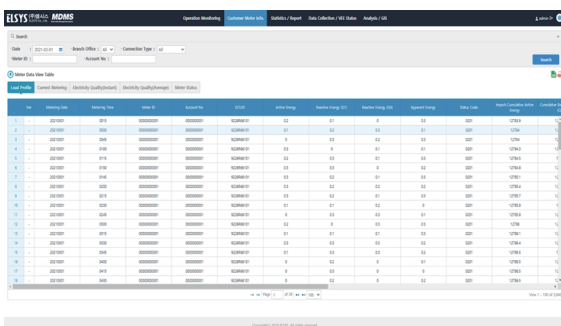


그림 7. 데이터 관리 화면
Fig. 7 Data management screen

V. 결론

본 연구에서는 재생에너지, 분산자원 등의 발전 설비와 발전량, 계통 운영 설비, AMI, 요금 등과 같은

에너지 데이터, 그리고 미세·광역 기상 등과 같은 연관 데이터를 수집, 저장, 분석 및 처리하는 기법들에 대해 고찰하였다. 그리고 계통, 수송가 AMI를 포함한 전력 생산·소비 전주기 인프라에서 발생하는 이러한 데이터를 체계적으로 저장/관리/분석할 수 있는 에너지 빅데이터 전처리 시스템을 설계하고 개발하였다.

특히 다양한 에너지 분야와 특성을 포함할 수 있도록 개방형 구조를 채택하였다.

이를 위한 HDFS 기반 데이터 처리용 분산·처리 방식을 설계하였으며, 데이터 규모, 사용자 수, 데이터 트랜잭션 수량에 따른 DB 서버 기반 경량형 아키텍처를 적용하여 데이터 실시간 처리에 최적화된 클러스터별 기능과 수평적 확장이 가능하도록 하였다.

또한 에너지 데이터 수집 및 적재와 에너지 데이터를 처리하기 위해 성능, 안정성 및 확장성을 고려한 메시지 처리 아키텍처를 사용하여 향후 다양한 에너지 운영 플랫폼에 활용할 수 있도록 하였다.

이 연구를 통해 개발된 에너지 빅데이터 전처리 시스템은 ‘소규모 분산자원 중개거래 플랫폼’ 및 최근 법제화된 K-RE100 인증을 위한 ‘제3자 PPA 전력거래 플랫폼’에서 대용량의 에너지 및 연관 데이터 처리에도 활용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2021년 순천대학교 교연비 사업에 의하여 연구되었음.

References

- [1] W. Lee, I. Lee, B. On and J. Choi, “A Study on the Big Data System for Smart Grid Power Data Analysis,” *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 32, no. 9, 2014, pp. 35-41.
- [2] J. Lim and J. Kim, “A Study on the Use of Big Data in the Energy Sector,” *Korea Energy Economics Institute, Report*, 2014. 9.
- [3] M. Kil, G. Kim, Y. Moon, and W. Lee, “A Study on the Use of Big Data in the Power Industry and the Latest Trend Analysis,” *Korea information processing*

society review, vol. 22, no. 4, 2015, pp. 13-21.

- [4] W. Lee, I. Lee, B. On, and J. Choi, "A Study on the Utilization of Big Data in the Power Industry," *Yonsei University Graduate School of Information, Master's thesis*, 2016. 12.
- [5] J. Choi, "A Study on Strategies for Responding to Climate Change Using Core Technologies of the 4th Industrial Revolution-focusing on Big Data-," *Korea Legislation Research Institute, Report*, 2017. 12.
- [6] H. Lee, S. Lee, J. Kom and J. Choi, "Development of power energy services based on Big Data," *Korea journal of geothermal energy*, vol. 11, no. 2, 2015, pp. 20-31.
- [7] J. Choi and W. Lee, "Energy ICT convergence with Big Data services," *J. of the Korean Data & Information Science Society*, vol. 5, no. 2, 2015, pp. 1141-1154.
- [8] H. Lee, S. Lee, J. Kom, and J. Choi, "Development of power energy services based on Big Data," *Korea journal of geothermal energy*, vol. 11, no. 2, 2015, pp. 20-31.
- [9] J. Kang and J. You, "Time-series Big Data analytics software on IoT streaming data," *Korea Information Processing Association 2018 Spring Conference*, 2018, pp. 52-53.
- [10] K. Jang and S. Bae, "Design for Hadoop-based Platform to Improve IoT-based Big Data Processing Efficiency," *J. of Chosun Natural Science*, vol. 13, no. 3, 2020, pp. 114-119.
- [11] S. Yang, Y. Kim, W. Lee and W. Kim, "The Power Brokerage Trading System for Efficient Management of Small-Scale Distributed Energy-Resources," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 4, 2021, pp. 735-742.
- [12] B. Lee, K. Kim, and N. Choi, "Power Interruption Cost Calculation based on Value-based Methodology," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol.16, no. 2, 2021, pp. 293-300.
- [13] J. Choi and H. Choi, "Prediction of Wind Power Generation for Calculation of ESS Capacity using Multi-Layer Perceptron," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 2, 2021, pp. 319-328..

저자 소개



양수영(Soo-Young Yang)

2002년 순천대학교 컴퓨터과학 전공(이학석사)

2009년 순천대학교 컴퓨터과학 전공(박사수료)

2020년 8월 ~ 현재 : 부산대학교 사물인터넷연구센터 연구교수

※ 관심분야 : e-IoT, 마이크로그리드, 전력거래



김요한(Yo-Han Kim)

2008년 순천대학교 컴퓨터공학 전공(공학석사)

2010년 순천대학교 컴퓨터공학 전공(박사수료)

2017년 3월 ~ 현재 : (주)엘시스 기업부설연구소장

※ 관심분야 : 재생에너지, 전력 빅데이터, 통합관리 시스템



김상현(Sang-Hyun Kim)

2017년 광주대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

2018년~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학중(공학석사)

2018년 6월 ~ 현재 (주)아이웍스 대표이사

※ 관심분야 : 디지털트윈, 빅데이터, AI,



김원중(Won-Jung Kim)

1987년 전남대학교 계산통계학과 졸업(이학사)

1989년 전남대학교 대학원

계산통계학과 졸업(이학석사)

1991년 전남대학교 대학원 계산통계학과 졸업(이학박사)

1992년 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 분산시스템, 빅데이터, Context Awareness, 인터넷 서비스

