

소규모 분산에너지자원의 효율적인 관리를 위한 전력중개거래시스템

양수영* · 김요한** · 이우*** · 김원중****

The Power Brokerage Trading System for Efficient Management of Small-Scale Distributed Energy-Resources

Soo-Young Yang* · Yo-Han Kim** · Woo Lee*** · Won-Jung Kim****

요 약

최근 정부에서 역점 적으로 추진하고 있는 ‘재생에너지 3020’, ‘그린뉴딜’, ‘2050 탄소중립’, ‘K-RE100’ 정책에 의해 재생에너지 관련 발전설비들이 급증하고 있다. 재생에너지 설비들은 대부분 소규모이고, 분산되어 있어서 효율적인 관리가 어렵고, 1MW 미만의 소규모 분산자원은 판매량 제한, 거래회피 등으로 시장참여에 큰 어려움을 겪고 있다. 특히, 재생에너지의 간헐성 때문에 전력망의 안정성 저하에도 큰 영향을 끼치고 있다. 정부에서는 ‘소규모 분산자원 중개거래’를 통해서 변동성 및 간헐성 문제를 해결하고, 이종의 대량 소규모 분산 자원들의 계통 자원화와 수용성 확대를 추구하고 있다. 본 연구에서는 AI에 기반한 발전량 예측 모델을 분산 자원 중개거래 시스템에 적용하여 최적의 운영 솔루션을 제시하고, 에너지신사업 시장 개척의 기반 플랫폼으로 활용될 수 있도록 하고자 한다.

ABSTRACT

Recently, renewable energy-related power generation facilities have been surging due to the government's "Renewable Energy 3020", "Green New Deal", "2050 Carbon Neutrality" and "K-RE100" policies. Most renewable energy facilities are small and distributed, making it difficult to manage efficiently, and small distributed resources less than 1MW are having a hard time with participating in the market due to the limited sales and avoidance of trading. In particular, the intermittency of renewable energy has a significant impact on the stability of the power grid. The government is seeking to address volatility and intermittency issues through 'small distributed resource brokerage trading, and to expand the systematic resourceization and acceptability of heterogeneous large and small distributed resources. In this work, we intend to apply an AI-based power generation prediction model to a distributed resource brokerage trading system so that it can be utilized as a foundation platform for pioneering new energy business markets.

키워드

Renewable Energy, Power Trading, AI, Power Generation Prediction, Management Platform
재생 에너지, 전력 거래, 인공 지능, 발전량 예측, 관리 플랫폼

* 부산대학교 사물인터넷연구센터(newcopax@gmail.com)

** (주)엘시스 기업부설연구소(john@elsys.kr)

*** (주)아이웍스 기술개발부(blue@iworks2018.kr)

**** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

• Received : Jun. 29, 2021, Revised : Jul. 24, 2021, Accepted : Aug. 17, 2021

• Corresponding Author : Won-Jung Kim

Dept. Computer Engineering, Suncheon National University,

Email : kwj@suncheon.ac.kr

• 접수일 : 2021. 06. 29

• 수정완료일 : 2021. 07. 24

• 게재확정일 : 2021. 08. 17

1. 서론

최근의 에너지 시스템은 온실가스 배출증가에 따른 기후변화에 대한 대응 강화와 친환경 소규모 분산자원에 의한 자급자족 에너지 시스템으로 변화되어 가고 있다 [1]. 분산자원이란 태양광, 풍력, 연료전지 등과 같은 신재생에너지를 포함하여 전력 소비 지역 부근에 분산하여 배치가 가능한 자원을 말한다. 소규모 분산자원 발전사업자는 지속적으로 확대되고 있으며, 태양광 발전의 발전단가와 전력저장장치(ESS)의 초기투자비가 급속도로 하락하고 있어 앞으로 태양광 발전이 매우 저렴한 전력을 생산할 수 있을 것으로 예상된다.

따라서 대규모 발전설비에 의한 중앙집중적인 전력공급 방식보다도 더 저렴하고 친환경적인 전력생산 설비가 나타나면서 분산형 자급자족 시스템으로의 전환은 매우 빠르게 이루어질 것으로 예상된다.

이러한 변화에 발맞추어 정부는 지난 2018년 5월 에너지신산업에 대한 투자를 촉진하고, 전기공급자를 다양화하면서 전기사용자의 편의를 도모하기 위해 약 20년간 유지해 온 전기사업법을 분산자원 확대에 대응할 수 있도록 ‘전기사업법일부개정법률안’을 수정의결하였다.

신설된 에너지신산업은 허가제가 아닌 등록제를 적용하며 등록 절차, 결정사유, 사업승계 절차, 등록취소요건, 과징금 부과근거, 청문절차 등을 규정하였으며, 허가가 아닌 등록만으로도 에너지신산업을 개시할 수 있도록 하였다. 약관도 인가없이 신고만으로 가능하도록 하여 기존의 에너지신산업보다 사업요건을 대폭 완화하였다.

지금까지는 태양광 발전소에서 생산된 전기는 사업자가 직접 전력시장에 참여하여 거래하여야 했지만, 법 개정으로 발전사업자나 전기차를 보유한 소비자를 대신해 중개사업자가 전력시장에서 전력을 거래할 수 있도록 허용하였다.

따라서 2019년부터 1MW 이하의 신재생에너지, 에너지저장장치, 전기차에서 생산 또는 저장된 전기를 모아 중개사업자를 통하여 전력시장에서 소규모 분산자원 전력거래가 가능하게 되었다.

하지만 소규모 분산자원은 관리가 제대로 이루어지지 않아 국가 전력망의 안정성이 떨어지고, 생산된 전기가 버려지는 등의 부작용이 발생하고 있다.

즉, 소규모 분산자원은 날씨의 영향으로 전기생산이 간헐적이며 공급 변동성이 높기 때문에, 소규모 분산자원

이 확대될수록 국가 전력수급의 안정성이 저하되고 있는 것이 현실이다[2].

이러한 문제점을 해결하기 위해 분산자원의 통합관리, 분산자원 상호간의 운영성 확보 등을 통해 전력계통의 신뢰도를 확보하고 전력시장 활동에 대한 문제해소 등이 활발히 연구되고 있다[3].

따라서 이종의 대량 소규모 분산자원의 계통자원화와 수용성 확대를 위해서는 이러한 자원의 변동성과 간헐성의 문제를 해결하여야 하며, 시장 제도 설계 기반의 신사업 발굴과 그에 대한 지원이 필요하다.

이러한 지원을 통하여 구축된 시스템을 통하여 다음과 같은 효과를 얻을 수 있을 것이다.

- 다양한 소규모 분산자원의 포트폴리오 구성으로 계통자원화를 위한 소규모 전력증가를 위한 최적의 운영 솔루션의 확보 및 전기신사업 시장 개척의 기반 플랫폼으로 활용할 수 있을 것이다.
- 소규모 분산자원에 대한 경제적인 가치와 운영특성을 반영함으로써 다양한 부가서비스를 개발하고, 발전량 예측 기반 집합전력 거래 가능성의 실증을 통하여 실제로 현장에 적용하면 신사업의 확산 및 활성화에 크게 기여할 수 있을 것이다.
- 빅데이터 및 AI 기반 에너지신산업형 분산자원 중개거래시스템 개발을 통해 향후 전력거래 방식의 다변화에 대응할 수 있는 기술적 기반 확보가 가능하다.
- 소규모 전력중개시장을 기반으로 소규모 에너지 자원의 전력수급, 환경, 에너지의 새로운 생태계 형성에 따른 가치를 중개거래를 통해 수익(에너지/분산/용량가치 등)으로 전환이 가능할 것이다.
- 또한 전력거래소 중개거래시스템을 통한 신재생에너지 자원에 대한 모니터링 일원화를 통하여 국가 에너지 발전 계획, 예측 및 통합적 운영성 확보가 가능할 것이다.
- 산업적으로는 온라인 소매투자 중개, 기술이전과 사업화를 통한 에너지 거래 분야의 중소·스타트업 기업 생태계 마련과 에너지 ICT 산업 활성화가 가능할 것이다.
- 소규모 전력중개거래 인프라 확보 및 실증을 통한 분산전원 보급의 확대를 기대할 수 있으며, 궁극적으로 온실가스감축, 송전망 건설 회피 등과 같은 사회적 갈등 이슈의 해결에 기여할 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구로써 분산자원 중개거래를 위한 다양한 예측 및 전력거래 모델에 대해 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 분산자원 중개거래 시스템을 위한 발전량 예측 연구에 대해 기술하고, 4장에서는 구현된 분산자원 중개거래 시스템의 구현에 대해 서술하였다. 그리고 마지막 5장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 기술하였다.

II. 관련 연구

본 논문에서 제안하는 분산자원중개거래시스템의 가장 중요한 요소인 발전량 예측을 위해서는 다양한 IoT 데이터와 같은 발전량 예측에 필요한 데이터의 획득 기술이 필요하다. 그리고 이를 이용한 전력거래모델 및 소규모 분산자원 전력중개를 위한 플랫폼의 구축이 요구된다.

2.1 발전량 예측 기술

소규모 분산자원 중개거래 시스템에서 중요한 기능 중에 하나는 사전에 태양광 발전량을 예측하여 망관리자에게 통보하고 이에 따른 인센티브를 받는 것이다.

이러한 서비스를 통해 재생에너지의 간헐성을 최대한 극복하여 전력망의 안정성과 에너지 낭비를 최소화하고 중개거래 서비스 사업자의 이익이 보장되도록 하는 것이다.

기존 태양광 발전 예측 기술은 전체 70% 이상의 연구에서 회귀분석, 신경망이론, SVM(support vector machine) 등의 통계적 기법이나 물리적 모델 기법 또는 물리 및 통계모델의 혼합 기법들이 사용되었다[4].

그리고 Voyant etal.(2017)은 신경망이론과 SVM과 함께 회귀트리(regression tree)나 랜덤 포레스트(random forest) 등의 기법이 함께 적용된 하이브리드 기법들에 대해 연구하였다[5].

2.2 전력거래 모델 및 소규모 전력 중개거래

분산자원을 모아서 전력시장 및 전력 구매자에게 판매할 수 있도록 중개 서비스를 제공하는 전력거래 모델은 표 1과 같은 내용들을 포함한다.

표 1. 분산자원 전력거래 모델 분석
Table 1. Distributed resources power trading model

division	Contents
value proposition	Distributed energy resource integration, power supply stability, eco-friendly power supply
Core Activities	Energy balancing: Balancing power supply and acceptance Power balance monitoring: monitoring of constant output Facility management, operation, electricity trading, etc. of distributed energy resources Various form power optimization
core resources	power brokerage system Distributed energy resource operation system
channel	Power Brokerage Operation Platform: Power Brokerage, Settlement/Payment Brokerage Market Integration Platform: Electricity Trading
customer relationship	Participation in the electricity market REC market participation
Customer Classification	electricity market Person responsible for supplying RPS (REC transaction with RPS obligor) Distributed energy resource power generation business
revenue stream	Electricity market settlement subsidy Power brokerage fee
cost structure	Power brokerage operation cost (labor cost, management cost) Power brokerage operation Program development cost Distributed energy resource monitoring and Control related costs

기존 연구사례를 살펴보면 분산자원 중개사업자는 전력중개를 통해 분산자원의 통합, 전력공급의 안정, 친환경전원공급의 가치를 제공한다. 이런 가치를 제공하기 위해서는 전력 공급 및 수요의 균형 유지, 분산자원의 운영 및 관리, 다양한 분산자원의 최적화, 출력 제어 등의 활동이 요구되기 때문에 높은 수준의 기술이 요구된다[6].

현재 KPX에서 운영하는 소규모 분산자원 중개거래의 흐름을 분석해보면 그림 1과 같다.

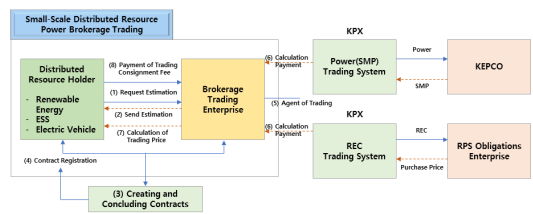


그림 1. 소규모 분산자원 중개거래 흐름도
Fig. 1 Power brokerage trading system process

그림 1에서 보듯이 첫 번째 소규모 전력자원 보유자는 먼저, 소규모 전력 중개거래 시장에 자원을 등록하고, 견적을 의뢰하면 중개사업자는 견적서를 작성하여 자원 보유자에게 발송 후 상호 계약을 체결한다.

그러면 중개사업자가 전력거래소를 통해 전력 및 REC의 판매 또는 발전설비의 유지보수를 대행한 후 중개사업자가 판매 정산금을 자원 보유자에게 송금한다.

그리고 마지막으로 자원 보유자는 계약에 의거하여 수

수료를 중개사업자에게 지급하는 구조이다.

이러한 중개거래 흐름에 맞도록 전력중개 플랫폼 및 중개시장 통합 플랫폼을 개발하고, 운영하는 것이 필요하다[7].

또한 블록체인 기반 에너지 거래 연구로는 효율적 거래를 위해 분산된 데이터를 블록체인으로 관리하는 방안 에 대한 연구가 필요하다. 마이크로그리드 거래시스템을 블록체인 기술과 접목하여 보안성, 무결성, 가용성이 보장된 환경에서 자유롭게 전력 거래를 할 수 있다. 또한, 시스템에서 전력을 거래할 때, 블록체인을 이용하면, 보안성이 강화되어 안전하고, 효율적인 전력 거래가 가능하다.[8-10].

III. AI 기반 발전량 예측 기술

본 장에서는 소규모 분산자원 중개거래 시스템에서 분산자원을 계통 자원화하고, 망의 안정성 및 효율적인 관리와 분산자원의 경제성을 극대화하기 위한 발전량 예측 기술에 대해 설명하였다.

3.1 발전량 예측을 위한 데이터 항목

발전량을 예측하기 위해서는 기상 데이터가 가장 중요하다. 이러한 데이터를 확보하기 위해 기상청, 한국 천문연구원, 한국 환경공단의 데이터를 이용한 태양광 발전량 예측 관련 통합 DB를 구축하였다.

각종 공공기관의 기상 데이터에서 발전량 예측과 연관된 데이터의 항목은 표 2와 같다.

표 2. 태양광 발전량 예측 연관 공공 데이터 항목
Table 2. Data related to solar power generation forecasting

Meteorological Agency	Temperatures(average, highest, lowest) precipitation(Maximum precipitation in 10 minutes) wind(time unit, wind direction) humidity(Dew point temperature, relative humidity, average vapor pressure) atmospheric pressure(local pressure, sea level pressure) sunshine, solar radiation(Daylight hours, total sunlight hours, maximum insolation per hour) snow(day's heaviest snow) cloud(average total cloudiness) ground temperature(Average ground temperature, minimum super-sea temperature) evaporation(Large Evaporation, Small Evaporation) weather phenomenon(time of fog)
Korea Astronomy and Space Science Institute	sun altitude sunrise sunset time
Korea Environment Corporation	Air Pollution Information(PM2.5, PM10)

3.2 발전량 예측을 위한 인공지능 모델

분산자원 중개거래에 적합한 태양광 발전량 예측의 정확성은 입력 파라미터(일사량, 일조시간, 운량, 온도 등)에 따라 성능의 차이를 보이므로 다양한 파라미터를 이용하여 태양광 발전량을 예측할 수 있는 AI 알고리즘 모델을 개발하였다.

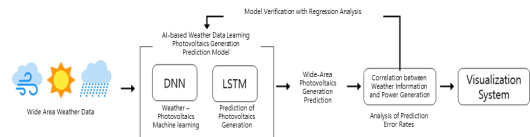


그림 2. 기상 데이터 기반 발전량 예측
Fig. 2. Weather data-based prediction model

그림 2에서 보듯이 발전량을 예측하는 프로세스는 기상 데이터를 획득 후 DNN과 시계열에 적합한 LSTM을 통해 예측 모델을 만든 후 예측 발전량과 실 발전량의 차이를 회귀분석 등을 통해 검증 후 예측 에러율을 찾아낸다. 그리고 오차의 원인을 분석 한후 재학습을 통해 점차적으로 정확도를 높이는 방식이다. 또한 기상 데이터 중 시간의 흐름에 따른 영향을 많이 받는 요소인 풍속, 일조량, 습도, 온도, 지면 온도의 시계열 특징 및 패턴을 학습할 수 있는 딥러닝 알고리즘인 LSTM을 이용하여 과거 시계열 기상 데이터의 변화 예측 모델도 연구하였다.

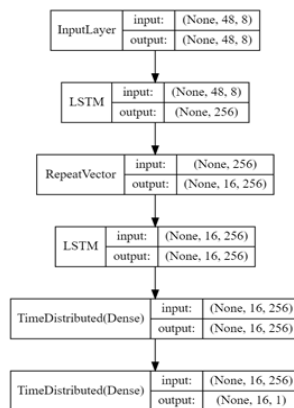


그림 3. 딥러닝 모델의 Batch, TimeSteps, Feature 구조
Fig. 3 Batch, tiempsteps, feature structure of deep learning models

그림 3과 같이 기존 입력값의 LSTM를 기반으로 Repeat Vector를 추가함으로써 Timestep을 16으로 Feature를 256으로 증폭하였다. LSTM Layer 뒤에는 TimeDistributed를 갖는 Dense Layer를 2개 추가하여 Many-to-Many로 동작하고 TimeDistributed는 각 스텝마다 오류를 계산하여 하위 스텝으로 오류를 전파 후 각 Weight를 업데이트하도록 하였다.

태양광 발전량 예측에 관련된 상관관계 우선 순위에 따라 입력 데이터 변수의 차원을 늘리며, 데이터 분포와 변수의 관계를 판단하기 위한 산점도를 파악하였다.

그림 4와 같이 모든 Feature에 산점도 행렬을 기반으로 관계를 분석 한 후, 태양광 발전과 상관성이 높은 7개 Feature에 대한 산점도 그래프를 분석하여 상관성이 높은 7개 Feature인 전력량, 일조, 습도, 풍속, 시정, 지면온도, 중하층운량, 풍향에 대한 상관관계를 알 수 있다.

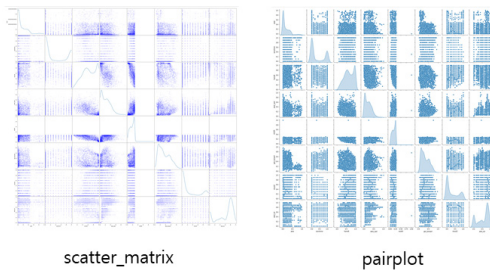


그림 4. 데이터 분포와 변수의 관계를 판단하기 위한 시각화 분석

Fig. 4 Visualization analysis to determine the relationship between data distribution and variable

태양광 발전량 예측 정확도를 위한 학습 모델에는 기울기의 크기로 학습률을 스스로 조절하며 학습률이 크게 떨어지는 것을 방지할 수 있는 RMSProp Optimizer를 사용하여 여러 가지 기상 예보 데이터의 입력 조건에 따른 예측 정확도를 각각 비교하였다.

네트워크 1의 학습 데이터 항목인 태양광 발전량, 습도와 네트워크 2의 학습 데이터 항목인 태양광 발전량, 습도, 예보된 습도로 구분하고 두 네트워크를 비교하여 예보 데이터 사용의 모델 성능 향상 여부를 확인하였다.

확인 절차를 위해 사용된 데이터는 학습 모델에 사용하지 않은 72시간의 태양광 발전량과 습도 데이터로 습도는 태양광 발전량과 세 번째로 상관관계가 높으며, 기상청에서 예보 데이터를 얻을 수 있다.

그림 5에서 보듯이 결과적으로 실제 태양광 발전량 수치와 기상 예보 데이터를 포함한 네트워크와 포함하지 않은 네트워크의 예측 결과를 비교해보면 NRMSE 값은 기상 예보를 포함하지 않은 경우가 0.1505이고, 기상 예보를 포함한 경우가 0.1100으로 오차가 더 낮다. 즉, 기상 예보를 포함하지 않고 13시간 이상 발전량을 예측할 경우, 기상 예보를 포함한 예측보다 오류가 더 높아질 수 있음을 알 수 있다.

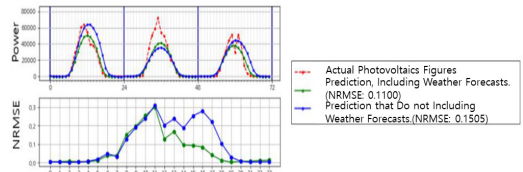


그림 5. 기상 예보 데이터를 포함한 네트워크와 포함하지 않은 네트워크의 예측 결과 비교
Fig. 5 Comparison of forecast results for networks with and without weather forecast data

IV. 분산자원 중개거래 플랫폼

본 장에서는 분산자원을 계통자원으로서 연계하고 능동적으로 전력거래 시장에 참여시키기 위한 전력 중개 비즈니스 프로세스를 처리를 연구하였다.

그리고 분산자원에서 생산된 에너지를 전력시장에서 중개거래를 진행할 수 있도록 중개사업자용 플랫폼을 개발하였다.

4.1 분산자원 중개거래 플랫폼 설계

분산자원 중개거래 플랫폼의 구현을 위하여 각 기능별 클래스를 설계하였다.

주문관리 클래스는 중개계약 체결 후 주문을 처리하는 클래스로, 일일주문, 구간주문, 자동 주문 기능을 제공하며, 각 주문에 관한 추가/수정/삭제/상태보기 기능을 포함한다. 입찰관리 클래스는 등록된 주문 중에서 중개사업자의 입찰서 생성 및 입찰서 제출을 처리하는 클래스로, 입찰서 생성/삭제 기능을 포함한다.

그림 6은 주문 관리를 위한 OrderService, OrderController, OrderServiceImpl에 대한 클래스 구성도이다.

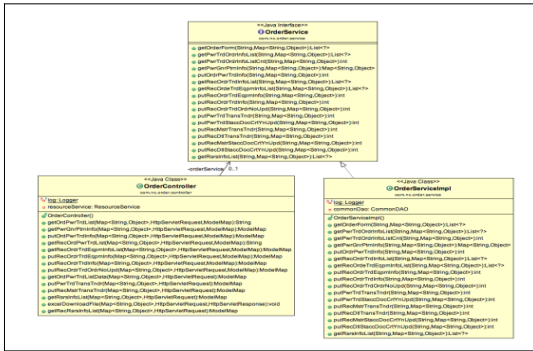


그림 6. 주문 관리 클래스 구성도
Fig. 6 Order management class structure

4.2 분산자원 중개거래 플랫폼 기능 개발

분산자원 중개거래 플랫폼의 주요 기능 및 개발 내용은 그림 7과 같이 데이터 수집 및 연동 인터페이스, 데이터 저장 및 관리, 중개거래 운영 및 관리, 각 모듈별 시각화로 구성된다.

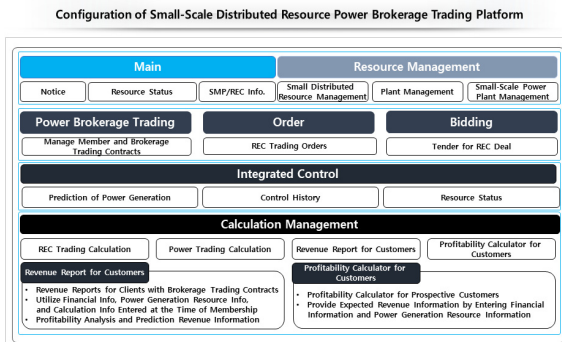


그림 7. 분산자원 중개거래 기능 구성도
Fig. 7 Power brokerage trading system function architecture

분산자원 중개거래 플랫폼의 세부 기능 및 개발 내용은 아래와 같다.

- 사용자 관리 모듈 설계 및 개발
 - 중개거래 운영 플랫폼에 접속하기 위해 중개거래 운영 플랫폼을 이용하는 사용자들의 회원 가입등록, 가입해지, 인증을 위한 GUI 설계 및 개발
 - 사용자 정보 관리 설계 및 개발
- ① 계정 정보
- ② 사업자 정보(소규모 분산자원 소유자 / 중개사업자)
- 중개 계약/ 거래 모듈 설계 및 개발

· 분산자원 보유자가 분산자원 중개거래를 요청하기 위한 선 작업으로 중개 계약을 맺기 위한 GUI 설계 및 개발

- ① 중개 계약 관리
- ② 자원 프로파일 관리

· 분산자원 보유자가 전력과 REC를 중개거래 플랫폼에 주문 및 추가 주문하는 GUI 설계 및 개발

- ① 주문 관리
- ② 입찰안 관리
- ③ 정산 내역 관리
- ④ 결제 내역 관리

■ 자원 관제 모듈 설계 및 개발

· 분산자원과 집합 발전자원에 대해 자원 및 발전량과 발전현황에 대해 조회할 수 있도록 GUI 설계 및 개발

- ① 소규모 분산자원 관제
- ② 집합 발전 자원 소속 소규모 분산자원 관제

■ 자원유지보수 모듈 설계 및 개발

· 발전자원 보유자가 보유하고 있는 발전자원에 대한 정기점검이나 A/S와 같은 유지보수를 신청하는 GUI 설계 및 개발

· 신청된 유지보수 건은 처리되지 않는 것만 디스플레이하여 중개사업자가 신청을 승인 반려 할 수 있도록 GUI 설계 및 개발

- ① 정기점검 A/S 신청
- ② 정기점검 A/S 신청 접수/관리
- ③ 정기점검 통보

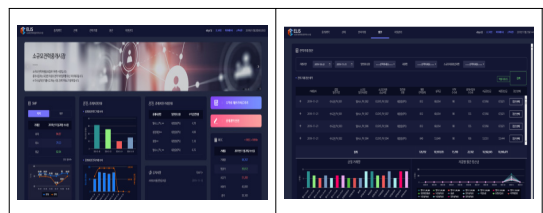


그림 8. 분산자원 중개거래 및 정산 화면
Fig. 8 Distributed resource brokerage trading and calculation screen

그림 8은 구현된 분산자원 중개거래 플랫폼으로 메인 화면에서는 실시간 자원현황과 SMP/REC 정보 및 수익성 계산기로 이루어지며, 정산 화면은 전력거래 정산, REC 거래정산, 수익보고서, 전력/REC 정산 통계로 구성된다.

V. 결론

본 연구에서는 소규모 분산자원 및 재생에너지 발전소를 효율적으로 관리할 수 있고, 중개거래를 통한 전력거래가 가능하도록 하는 플랫폼에 대해 연구하였다. 그리고 소규모 분산자원 중개거래에서 Aggregator의 이익이 될 수 있는 인센티브 획득을 위한 데이터 기반 태양광 발전량 예측에 대해서도 연구하였다. 태양광 발전량 예측과 관련된 다양한 공공 데이터 중에서 상관관계 분석을 통해 중요도를 결정하고 이를 기반으로 AI 학습 모델을 통한 최적 발전량 예측도 연구하였다.

이런 연구를 바탕으로 소규모 분산자원을 효율적으로 관리하고 계통 자원함으로써 전력망의 안정성을 높이고, 소규모 분산자원에 대한 중개거래를 통한 새로운 비즈니스 모델을 개발함으로써 분산자원의 보급·확대가 가능하도록 하였다.

본 논문에서 연구하는 분산자원 중개거래 시스템은 소규모 재생에너지 자원의 모니터링을 일원화하여 국가 에너지 발전 계획 및 통합적 운영성을 확보하고, 궁극적으로 정부에서 직접적으로 추진하고 있는 ‘2050 탄소중립’을 위한 온실가스 감축 등 여러 가지 사회적 이슈 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2021년 순천대학교 교연비 사업에 의하여 연구되었음.

References

[1] Y. Lee and J. Kim, "A study on institutional improvement measures to vitalize energy prosumers," *Report*, Nov. 2016.

[2] B. Lee, K. Kim, and N. Choi, "Power Interruption Cost Calculation based on Value-based Methodology," *J. of the Korea Institute of Electrocnic Communication Sciences*, vol. 16, no. 2, 2021, pp. 293-300.

[3] H. Saboori, M. Mohammadi, and R. Taghe, "Virtual Power Plant (VPP), Definition, Concept, Components and Types," 2011

Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, 2011, pp. 1-4

[4] J. Antonanzas, N. Osorio, R. Escobar, R. Urraca, F. Martinez-De-Pison, and F. Antonanzas-Torres, "Review of Photovoltaic Power Forecasting," *J. of Solar Energy*, vol. 136, 2016, pp. 78-111.

[5] Y. Cho, S. Baek, W. Choi, and D. Jeong "A Development of VPP Platform for the Efficient Utilization of Distributed Renewable Energy Resources," *J. of Korea Association of Information Systems*, vol. 27, no. 2. pp. 95-114, 2018.

[6] J. Ahn, "A study on the revitalization of a supply-type virtual power plant (VPP): Focusing on the use of small-scale power brokerage," *Report*, Dec. 2019.

[7] J. Jung and C. Song, "Development of Solar Power Output Prediction Method using Big Data Processing Technic," *J. of the Korea Society of Systems Engineering*, vol. 16, no. 1, 2020, pp. 58-67.

[8] S. Kim and Y. Song, "Blockchain Based Energy Trading Model for Energy Prosumer," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 9, no. 3, 2019, pp. 769-776.

[9] 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 Electrocnic Communication Sciences*, vol. 16, no. 2, 2021, pp. 319-328.

[10] P. Lombardi, M. Powalko, M., and K. Rudion, "Optimal Operation of a Virtual Power Plant," *IEEE Power & Energy Society General Meeting(PES'09)*, 2009, pp. 1-6.

저자 소개



양수영(Soo-Young Yang)

2002년 순천대학교 컴퓨터과학
전공(이학석사)
2009년 순천대학교 컴퓨터과학
전공(박사수료)

2005년 9월 ~ 2020년 07월 : ㈜엘시스 대표이사
2020년 8월 ~ 현재 : 부산대학교 사물인터넷연구
센터 연구교수

※ 관심분야 : e-IoT, 마이크로그리드, 전력거래



김요한(Yo-Han Kim)

2008년 순천대학교 컴퓨터공학
전공(공학석사)
2010년 순천대학교 컴퓨터공학
전공(박사수료)

2017년 3월 ~ 현재 : ㈜엘시스 기업부설연구소
연구소장

※ 관심분야 : 재생에너지, 전력 빅데이터, 통합관
리시스템



이우(Woo Lee)

2015년 청암대학교 컴퓨터정보과
졸업(공학사)
2020년 순천대학교 대학원
컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2018년 ~ 현재 : ㈜아이웍스 기술개발부 이사

※ 관심분야 : 스마트팜, 홈네트워크, 사물인터넷통신



김원중 (Won-Jung Kim)

1987년 전남대학교 계산통계학
과 졸업(이학사)
1989년 전남대학교 대학원
전산통계학과 졸업(이학석사)

1991년 전남대학교 대학원 전산통계학과 졸업
(이학박사)

1992년 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

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