

소규모 분산자원의 효율적 운용을 위한 가상발전소 플랫폼 개발

김희철¹, 홍호표^{2*}

¹광주대학교 컴퓨터공학과 교수, ²광주대학교 경영학과 교수

A study on the development of a virtual power plant platform for
the Efficient operation of small distributed resources

Hee-Chul Kim¹, Ho-Pyo Hong^{2*}

¹Professor, Computer Engineering, GWANGJU UNIVERSITY, Korea

²Professor, Division of Business Administration, GwangJu University

요 약 본 연구에서 고찰되는 가상발전소(VPP; Virtual Power Plant) 솔루션 플랫폼은 전력회사가 발전·송전설비 등의 건설에 소요되는 비용과 이와 관련된 투자리스크를 최소화 한다. 또한, 소비자의 전력 수요를 충족할 수 있도록 수요대응(DR; Demand Response) 프로그램운영 기능을 포함시켜 VPP도입으로 발전 및 송·배전부문에 대한 대규모 설비투자 없이 현존하는 발전기와 DR 프로그램 등을 통해서 소비자의 부하변화에 실시간으로 대처하여 보다 친환경적이고 효율적인 전력공급이 가능하도록 한다. 태양광 및 ESS 연동 장치에 통신 Device를 연동하기 위해서는 Device 장치와 Edge System간 제어·상태에서 데이터를 전달하고 IoT Device 및 연동 플랫폼 개발(OneM2M)이 필요하다.

주제어 : 가상발전소, 저전력 장거리 통신 기술, 사물인터넷, 에너지저장장치, 전력제어시스템

Abstract In this study, The Virtual Power Plant (VPP) solution platform considered in this study minimizes the cost and investment risk associated with the construction of power generation and transmission facilities. In addition, it includes a Demand Response (DR) program operation function to meet consumers' electricity demand. With the introduction of VPP, it is possible to provide more eco-friendly and efficient power by responding to changes in consumer load in real time through existing generators and DR programs without large-scale facility investment in power generation and transmission/distribution sectors. In order to link the communication device to the solar power and ESS linkage device, it is necessary to transmit data in the control/state between the device device and the edge system and develop an IoT device and interworking platform (OneM2M).

Key Words : Virtual Power Plant, LPWA: Low Power Wide Area, IoT, ESS, PCS: Power control Systems

*This research was supported by a research program sponsored by GwangJu University in the 2021 school year.

*Corresponding Author : Ho-Pyo Hong(hhp21@hanmail.net)

Received October 15, 2021

Revised November 7, 2021

Accepted November 20, 2021

Published November 28, 2021

1. 서론

소규모 분산발전원(PV, Wind power, ESS)의 현재 판매 구조는 SMP(System Marginal Price)와 REC(Renewable Energy Certificate)로 의존하고 있으며, 이로 인하여 발전사업자와 중개업자의 수익구조가 결정된다. SMP는 한국전력에 판매하여 얻는 수익이며 REC는 신재생에너지 공급 인증서로써 각 발전사에 판매하여 얻을 수 있는 수익이다.

발전사업자는 폐기되는 전력으로 인하여 판매수익을 기대하기 힘들고 국가적인 차원에서는 정부 보조금으로 설치된 발전설비가 제대로 운용되지 못하는 비효율적인 악순환이 반복됨으로 소규모 분산 발전설비를 IT 네트워크망을 이용하여 연결하고 이를 통합적으로 관리하고 수익구조를 발생시킬 수 있는 소규모 전력 중개사업을 도입하고자 한다[1-2].

이러한 전력중개 사업자의 어려움과 발전사업자의 안정적인 수익구조를 확보하기 위하여 가상발전소(VPP) 개념이 도입되기 시작하였다.

VPP는 수요기반 VPP와 공급기반 VPP, 혼합형 VPP로 구성된다. 발전사업자에게 이러한 정책이 진행되어도 수익구조가 확립되지 못한다면 사업에 참여할 의사가 없으며 수익구조의 개선이 필요하다고 판단하고 있다[3].

전력계통을 운용 및 관리하는 한국전력은 분산 자원의 투입으로 인하여 전압제어, 전압 불평형, 주파수 변동, 계통의 단락전류, 분산 전원 단독운용, 고조파 등 다양한 문제점이 발생하는데 이를 감수해야 하며, 위와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 발전사업자의 수익구조를 개편해야 한다. 분산 발전자원의 무분별한 계통 투입으로 인하여 발생하는 문제점을 해결하고자 인공지능과 에너지를 결합한 새로운 에너지신산업 생태계를 조성하고자 한다[4-5].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 AI가 적용된 분산자원시스템의 전력중개 시장을 분석하고, 3장에서는 제안시스템에서 분산자원에 대한 Edge Solution을 제시한다. 4장에서는 IoT Device 연동 플랫폼(OneM2M)을 구축하고 5장에서 결론 및 향후 연구를 기술한다.

2. 관련연구

전력시장에서 가상발전소는 물리적으로 통합된 단일 설비는 아니지만, 일관적인 관리 및 제어시스템으로 운영

되기에 논리적인 개념에서는 하나의 발전사업자나 구역 전기 사업자로서 이익최대화를 목적으로 한다[2].

2.1 AI 와 가상발전소

AI(Artificial Intelligence)란 컴퓨터가 사람과 같이 사고, 학습, 모방, 자기 계발과 같은 능력을 구현하고, 컴퓨터의 빠른 계산 능력과 처리 속도를 가지고 사람과 같이 사고할 수 있는 인공지능에 관한 연구가 현재 빠르게 이루어지고 있다.

현재 인공지능은 신경망, 퍼지이론, 패턴 인식, 전문가 시스템, 자연어 인식, 이미지 처리, 컴퓨터 시각, 로봇공학 등 다양한 분야에 일부에 속해있다. AI 분야를 선도하는 기술은 머신러닝과 딥러닝이다. 머신러닝은 빅데이터를 기반으로 다양한 상황을 예측하고 가장 효율적인 방법을 찾는 기술이며, 또한, 딥러닝은 머신러닝으로 학습된 AI를 더욱 심도 있게 구사하는 방법이다[5]. 즉 딥러닝은 머신러닝으로 학습된 상태에서 AI가 스스로 이를 인식하고 실행하는 것을 말한다[6-7].

지금 시행되고 있는 전력중개업은 SMP와 REC의 판매로 수익구조가 발생하고 발전소는 이를 한국전력, KPX와 거래하여 수익을 창출하고 있다. 그림 1은 가상발전소 개념도로서 전력중개업에 AI가 도입된다면 신재생에너지 발전소의 발전량을 예측할 수 있으며, 또한, 현재까지의 판매 데이터를 기반으로 다음 날 SMP와 REC 판매 단가를 예측하여 최대 수익구조를 형성할 수 있는 시장을 예측할 수 있다. 가상발전소에 AI를 적용하게 되면 전력중개업자는 발전사업자에게 안정적인 전력 판매 수익을 보장할 수 있으며, 단순히 중개수수료의 수입뿐만 아니라 AI 운영으로 인한 수입을 기대할 수 있다. 가정의 태양광 발전 패널과 전기차 배터리도 가상 발전소에 참여할 수 있다. 가정의 스마트 그리드 장치가 이를 5G 통신망으로 전력 관리 센터에 알리면, 센터의 AI가 이 전기

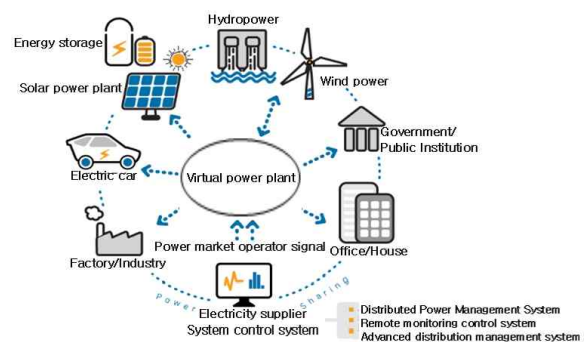


Fig. 1. Virtual power plant (VPP) concept diagram

를 지역의 가상 발전소에 제공, 근처 사무실이나 가정에서 쓰도록 한다. 또 전기차를 주차하면서 충전 장치를 통해 스마트 그리드에 연결하면, 출퇴근할 때 필요한 만큼의 전기만 남기고 나머지는 가상 발전소에 제공하는 것도 가능하다.

2.2 AI와 분산형 자원(신재생, ESS, 수요자원)

2.2.1 제어 프로세서

가상발전소가 원활하게 상용화되고 이를 운영하기 위해서는 분산자원의 기술적인 부분이 뒷받침 되어야한다. 즉 태양광, 풍력, ESS의 장비들이 가상발전소가 운영되도록 운영시스템이 필요하다. 기존 발전사업자의 참여를 유도하기 위해서는 소규모 ESS의 장비 도입이 시급하다. ESS 장비 보급이 원활하게 이루어지지 않는다면 AI가 적용된 가상발전소는 단순 중개소에 불과하다.

분산형 자원에서 가장 핵심적인 부분은 AI를 도입하여 각 소규모 발전소를 운영하는 데에 있다. 가상발전소에 적용된 AI를 기본 축으로 다음날 발전량을 미리 예측하며, SMP, REC의 판매대금을 예측한다. 이를 기반으로 소규모 발전소는 발전량을 생산한다. 이때 발생하는 전력량이 예측 전력량보다 크면 이를 ESS 장치에 저장한다.

AI가 도입된 가상발전소에서 예측한 발전량보다 각 소규모 발전소에 적은 전력량을 생산할 경우 각 발전소의 ESS에 저장된 전력량을 공급한다. 이를 통해, 소규모 발전사업자는 안정적인 수익구조를 창출할 수 있으며 중개업자는 가상발전소의 운영 및 각 소규모 발전소의 운영에 대한 수익을 기대할 수 있다. 또한, 태양광, 풍력, ESS의 운용에 하위 AI가 적용됨에 따라 배전망을 감시하고 이상징후를 판단하여 각 발전소의 피해를 최소화시킬 수 있다[8-10].

2.3 AI가 적용된 분산자원시스템 및 전력 중개 시장

가상발전소와 분산자원시스템에 AI를 적용하여 발전사업자와 중개업자, 전기사용자 등의 편의성을 제공하고 최적의 운용조건을 만족시킨다. 가상발전소는 현재까지 거래된 모든 SMP, REC 거래 내역과 과거 기상데이터(빅데이터)를 기반으로 발전소의 발전량을 예측한다[11].

각 소규모 발전소의 ESS 장비를 도입하여 부족한 전력량을 미리 대비할 수 있고 이를 AI가 판단한 시기에 판매하여 최대 수익구조를 만들 수 있다. 각 발전소의 하위 단위에 AI가 적용되어 발전소의 자가검진을 실시할 수 있으며, 이를 통하여 발전사업자는 발전소의 상태를 항상

모니터링 할 수 있으며 정확한 고장 위치, 고장 원인 등을 파악하여 대처할 수 있다[12-13].

그림 2는 가상발전소와 태양광, ESS와 연계 빅데이터 센터에 데이터를 전송하고 이를 AI 기반기술을 통해 앞에 기술한 내용과 같이 시스템이 운용된다. 또한, 통합관계시스템을 이용하여 발전사업자는 실시간으로 본인의 발전소의 상태 및 발전량을 확인할 수 있다[14, 15].

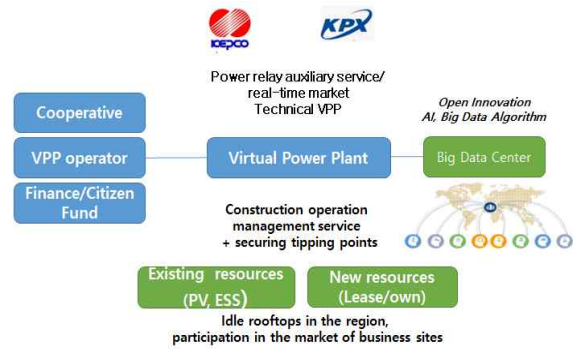


Fig. 2. VPP development system

3. 제안시스템

3.1 분산자원 신규시장 창출 및 지역별 가상발전소

VPP사업은 옥상임대 태양광발전, 사업장 ESS 결합형 가상발전소사업, 제3자 분산자원 최적운영-거래를 통한 규모의 경제를 확보할 수 있고, 신규 분산자원 사업자 구축부터 전력 중개까지 일괄서비스 제공 등 시민참여 플랫폼 제공을 통한 지역과 수익공유체계를 제공할 수 있다. 그림3은 VPP Platform, Edge S/W, 빅데이터센터가 개방형협력을 통해 예측, 학습, 최적운영 및 실시간거래 등 VPP 서비스를 무료로 제공하며 소규모 분산자원 시장을 활성화하고, 확보자원기반 보조서비스, 실시간시장, Technical VPP 서비스를 확장 할 수 있다[16-18].

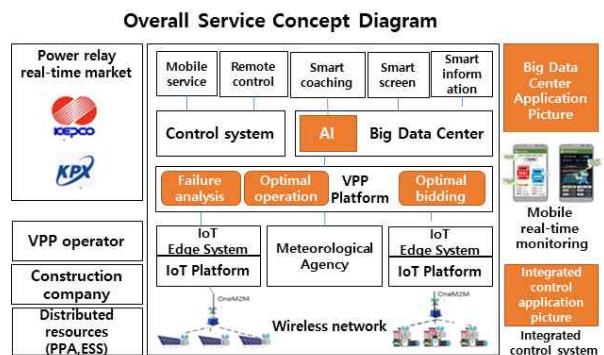


Fig. 3. VPP platform and service concept diagram

3.1.1 VPP 사업자

VPP Platform을 활용하여 옥상임대 태양광발전사업, 사업장 ESS서비스를 전개하며, 이들을 가상발전소로 결합하여 전력증개시장에 거래한다. 제3자소유의 발전소에 VPP무료서비스를 제공하며, 신규발전소를 희망하는 사업자에게도 구축부터, 운영·관리를 포함한 VPP 서비스를 제공한다. 가상발전소는 에너지를 소비하기만 했던 시민이 직접 에너지 생산의 주체가 되고 직접 생산한 재생에너지로 에너지 자본의 지역 순환 체계를 실현 할 수 있어, 지구환경 파괴 없는 그린뉴딜을 실현한다. 이는 분산자원 규모의 경제를 선점하고, 실시간시장에 참여하며, 분산자원 계통혼잡이 문제되는 시기에 Technical VPP로 서비스를 진화시킨다.

수요자원 관리를 위해 피크시간에 소비자가 약정한 만큼 절감된 피크시간에 소비자가 약정한 전기를 판매할 수 있다. 적용분야로 모터펌프, 냉방기 운영 제한, 사무실 조명, 점등제어 등 지열에너지 시스템을 사용하여 사무실 냉방이나, 부하역율 95%를 유지한다. 절감실적에 따른 수입금을 용량요금에서 최고 변동비를 적용하여 운영수익을 저소득층 에너지 복지에 재투자하고 VPP 시장을 활성화시킨다.

3.1.2 VPP Platform

VPP의 성공적인 도입을 위해서는 분산된 에너지 자원들을 하나의 발전설비로 통합하여 관리하고 운영할 수 있어야 한다. 가상발전소는 개별적인 발전설비들을 하나의 설비와 같이 최적 운영함으로써 최대치의 수익을 기대할 수 있다. 가상발전소 구성을 위한 기본적 요소로 다양한 분산에너지 자원에서 생산된 전력과 기존 송배전 인프라와의 최적 연계를 위한 지능형 원격 검침계량기(AMI: Advanced Metering Infrastructure)와 같은 정보통신 인프라의 구축이 필수적이다. 이는 단순히 VPP 도입만을 위해서가 아니라 스마트그리드(SG), 마이크로그리드(MG), 수요대응(DR), 에너지저장장치(ESS)와 같은 에너지 신기술의 확산과 이런 신기술을 기반으로 에너지 신산업의 발전을 기반으로 전력신기술과 에너지 신산업 발전을 위해 공정한 전력시장의 형성과 함께 다양한 사업자의 시장참여를 통한 전력시장의 경쟁활성화가 중요하다. 경쟁적인 전력시장 참여자에게 적절한 보상과 서비스 가치에 대한 객관적 평가를 제공하고, 시장구조는 참여자 모두에게 강력한 혁신의 동기를 부여함으로써 에너지 신산업의 성장을 더욱 촉진 시킨다. 또한, 분산자원 소유주나 사용자에게 분산자원 모니터링, 운영, 거래,

정산까지 모든 기능을 무료로 제공하고, AI기반 전력 O2O, 분산자원 확산 등 미미한 수준에 머물던 분산자원 Long Tail 시장을 전력 O2O서비스, 공유경제 활성화로 Data Science, Cloud-Edge 기술을 통해 ESS를 최적 운영하고, 태양광, ESS 등 분산자원을 전력증개시장에 최적입찰, 실시간 Balancing을 통해 수익을 극대화 한다. 소규모 분산자원의 운영관리 비용을 Zero화, 수익 극대화하여 소규모자원시장의 티핑포인트를 해결하여, 시장을 활성화 한다.

플랫폼은 태양광, ESS 등 분산자원과 연결되는 Edge Computing S/W 기업들과 번들링을 통해 해당 기업들에게 빅데이터 센터에서 공급되는 알고리즘을 제공하고, 오픈소스 기반의 협업으로 분산 자원 시장에는 무료서비스를 제공하고, 최적운영을 통한 부가수익을 공유하는 체계를 실현한다.

3.2 PV용 Edge Solution

소규모 태양광발전에도 적용 가능한 저비용 계측통신 계량기를 개발하고, VPP 플랫폼과 연동되어야 하며, 별도의 SI없이 통신 일체형으로 구성되도록 하여 고급형으로 다양한 인버터별 Plug & Play될 수 있는 모니터링 체계를 구현한다.

사업자 및 관련 담당자가 손쉽게 운용가능한 Mobile 서비스를 구현하고 통신 최소화를 위해 VPP 플랫폼과 협업이 되며, 자체 Edge Computing을 통해 이상알람이 확인될 수 있는 체계를 만들고 빅데이터 센터에서 연구, 개발된 알고리즘을 도입, 소규모 발전시스템과 효율적인 데이터 송수신을 위해서 표준화된 IoT플랫폼(OneM2M, LWM2M)이 구축/운용되도록 한다.

3.3 ESS용 Edge Solution

배터리, PCS에 독립적으로 설치될 수 있는 PMS를 위한 Configuration 수준의 설치로 구현되는 S/W로 VPP 플랫폼과 연동되어야 하며, 이상알람, 최적운영 인공지능 모듈이 VPP 플랫폼과 협업이 되며, 자체 Edge Computing을 통해 구동 될 수 있는 체계로 표준 API기반의 Cloud - Edge 체계를 구현한다.

이는 사용자가 손쉽게 운용가능한 Mobile 서비스체계로 ESS 시스템과 데이터 송수신을 위해서 표준화된 IoT 플랫폼(OneM2M, LWM2M)이 구축/운용되어야 하며, 기존 소규모태양광발전소 확보를 기본으로 하며, VPP 사업자를 통한 신규자원 확산도 병행한다.

4. 시스템 구축

4.1 통합관제 시스템 S/W 설계 및 기능개발

통합관제 시스템 설계에 따른 태양광 발전소, ESS 사업자 및 수요처를 대상으로 전체 시스템 구조 설정과 상위 시스템 설계와 원격관제 등 모바일 연계서비스 설계 및 구현한다. 클라우드형 서비스를 위한 발전소 관리 기능 제공에는 다수의 태양광 발전소, ESS 시스템을 등록 관리한다.

태양광 발전소의 실시간 감시 기능 개발을 위해 현재 출력, 금일발전량, 전일발전량, 누적발전량 등의 실시간 발전 정보 표시 등 발전 전력량 추정 기능 제공과 접속반 화재 인식, 구조물 파손 인식, 발전량 감소 장애 인식 등의 감시 등 수평면 일사량, 경사면 일사량, 외기 온도, 모듈내부 온도, 진동세기 등의 센서 정보를 표시한다.

태양광 발전소의 장애 감시 기능 개발은 발전 상태, 센서 정보를 바탕으로 발전소의 장애 상태 표시와 장애 발생시 발전소 담당 관리자에게 SMS 또는 Push 등의 방법으로 장애상태 통지 및 이력을 관리하고 발전량 통계 기능 개발에는 일간, 주간, 월간, 연간 발전량 통계 및 그래프 제공하는 등 일사량 대비 발전량 비교 통계 및 분석 그래프를 제공한다.

모니터링 디바이스와의 통신채널을 유지 및 관리를 위해 모니터링 디바이스와의 oneM2M표준 기반의 통신채널 유지 및 관리 기능을 제공하고 모니터링 클라이언트 개발을 통해 웹 기반의 모니터링 클라이언트 기능 제공과 모바일 기반의 모니터링 클라이언트 기능 제공한다.

4.2 IoT Device 의 연동 플랫폼 설계 및 PoC 개발 (OneM2M)

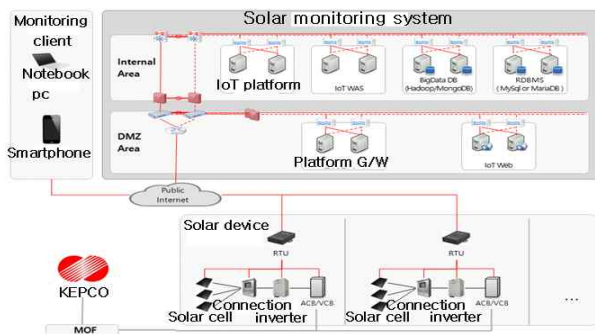


Fig. 4. Solar and ESS linkage communication system

IoT플랫폼기반 모니터링 시스템의 서버노드들은 Cloud 또는 일반적인 서버장비로 구성 가능하며 태양광

장치(센서 네트워크)의 모니터링 디바이스와 통신하도록 구성한다. 아래 그림4는 모니터링 디바이스 접속반, 인버터, 태양광셀과 기타 센서와 통신하여 태양광 발전소의 현재 상태를 수집 후 모니터링 시스템이 전달하는 역할을 수행한다.

4.3 태양광 모니터링 시스템 S/W 모듈

Fig. 5는 DMZ 영역에 있는 플랫폼 G/W는 모니터링 디바이스와 oneM2M표준의 프로토콜을 이용하여 통신을 담당하며 다수의 모니터링 디바이스와 통신세션을 관리 및 IoT플랫폼 서버를 중계하는 역할을 수행한다. IoT Web서버는 모니터링 클라이언트와 HTTP 통신을 담당하며 Internal 영역의 IoT WAS서버를 중계한다.

Internal 영역의 IoT플랫폼서버는 oneM2M표준 기반의 IoT플랫폼서버로 모니터링 디바이스로부터 수신하는 발전정보와 센서정보를 모니터링 및 관리하고, IoT WAS서버는 모니터링시스템에 필요한 실시간 감시, 장애 보고, 통계 등의 업무기능을 수행한다. 또한, RDBMS 서버는 모니터링시스템 운영관리를 위한 기본정보를 저장하며, BigData DB서버는 모니터링 디바이스에서 수신한 센서, 발전량 등의 수집정보를 저장 관리한다.

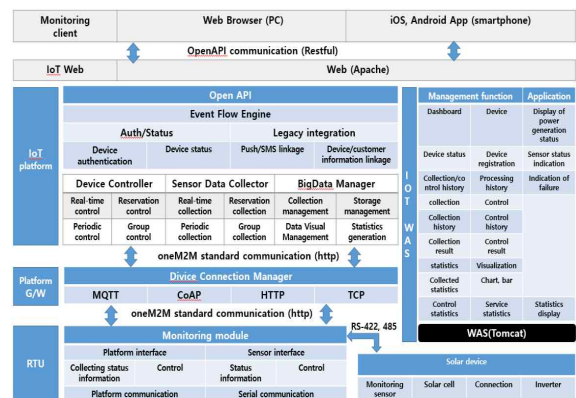


Fig. 5. Solar monitoring system S/W

4.4 통합관제 시스템 Site 운용 및 기능 개선

통합관제 시스템 S/W 설계 및 기능 개발은 태양광 발전소 전체 시스템 구조 설정 및 상위 시스템을 설계한다. 클라우드형 서비스를 위한 발전소 관리 기능 제공에는 다수의 태양광 발전소, ESS 등록관리와 태양광 발전소의 실시간 감시 기능을 제공한다. 이는 현재출력, 금일발전량, 전일발전량, 누적발전량 등의 실시간 발전 정보 표시하고, 태양광 발전소의 장애 감시 기능 개발과 발전

량 통계 기능개발 등 모니터링 디바이스와의 통신채널을 유지 및 관리 한다. 그림 6은 장애 발생시 태양광 및 ESS 시스템 자동 진단 및 고장복구를 위한 태양광 발전소를 연결하여 통합관제 시스템을 운영하는 통합관제시스템으로 기능 및 성능과 안정성을 확인하는 시스템이다.

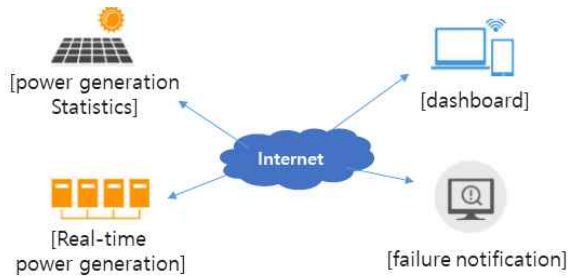


Fig. 6. Integrated control system site

4.5 IoT Device 및 연동 플랫폼 개발(OneM2M)

태양광 및 ESS 연동 장치에 통신 Device를 연동하기 위해서는 Device 장치와 Edge System간 제어/상태에서 데이터를 전달하고 IoT Device 및 연동 플랫폼 개발(OneM2M)구축으로 태양광 및 ESS 연동 장치에 통신 Device연동과 구축이 필요하다.

주변 환경의 변화를 빅데이터 분석모델에 지속적으로 반영하기 위해 분석모델의 고도화와 분석모델에는 계속 새로운 데이터가 들어오고 기존 모델을 통해서 분석 결과를 도출하여 모델을 고도화한다. 그림 7은 데이터 관리 시스템으로 VPP플랫폼에서 생성된 데이터의 수집을 위한 빅데이터 플랫폼 기능을 고도화하여 Data Lake 플랫폼 도입을 통해 데이터 수집/보장/저장 기능을 강화한다.

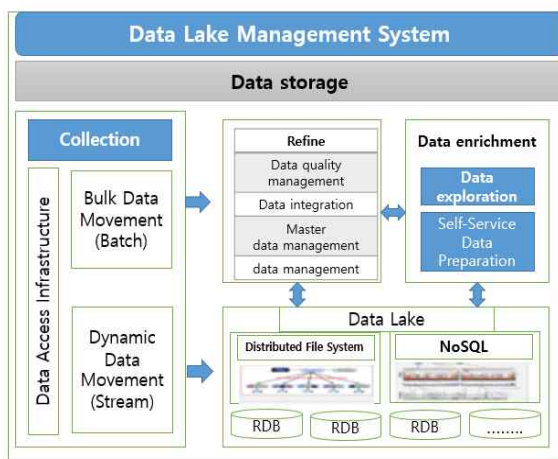


Fig. 7. Data management system

5. 결론

본 연구에서는 분산자원과 서비스업 공존을 통한 신산업 활성화와 지역 내 ESS 수요자원, 옥상 태양광발전을 결합한 전력 중개 서비스업 활성화이다. IoT Device 및 연동 플랫폼(OneM2M)은 실시간 시장, Technical VPP 시장참여 등 다수의 사업자와 소비자가 참여하는 지역 에너지 시장을 활성화 시킬 수 있는 방안에 대하여 제시하였다.

가상발전소는 전력망 운영 비용을 크게 줄여주고, 에너지 업계에서 이 때문에 탈(脫)탄소화 기조에 맞춰 가상발전소 기술이 급속히 확산할 것으로 예상된다. 대형 화력 발전소 대신, 작은 친환경 발전소를 많이 만들어 탄소 발생량을 줄이는 것이다. 실제로 가상 발전소 기술은 신재생 에너지를 효율적으로 활용하기 위해 고안된 것이다.

향후 VPP 시장의 추진전략으로 송배전 인프라 지능화하고 AMI의 지능형 계량기를 보급한다. 분산자원 전력거래 시장형성에는 상위전력망과 네트워크를 위한 자동제어 기술이 필요하다. 가상발전소 활용에 따른 발전소 건설비용 절감과 전력피크에 대처가 가능하고, 고비용의 전력공급원 대체를 통하여 탄소배출 절감 및 에너지 효율을 향상시킬 수 있다. 최근 저전력/광대역/저 사양용 IoT 단말 관리 등 최신 규격이 적용된 통신프로토콜의 성능평가에 대한 연구와 IoT 단말을 통합 관리하는 플랫폼의 도입이 시급하다.

REFERENCES

- [1] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of things: a survey," *Computer Networks*, no. 54, Dec. 2010, pp. 2787–2805.
- [2] I. F. Akyildiz, T. Melodia, and K. Chowdhury, "A survey on wireless multimedia sensor networks," *The Journal of Computer Networks*, vol. 51, no. 4, Mar. 2007, pp. 921–960.
- [3] I. F. Akyildiz and J.M. Jornet, "The Internet of Multimedia Nano-Things," *Nano Comm. Networks Journal*, vol. 3, no. 4, Aug. 2012, pp. 242–251.
- [4] J. Park, S. Lee, and W. Oh, "Congestion control mechanism for efficient network environment in WMSN," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 2, Feb. 2015, pp. 289–295.
- [5] M. Samaniego and R. Deters, "Internet of Smart Things – IoST: Using Blockchain and CLIPS to Make Things Autonomous," In *Proc. IEEE Int. Conf.*

Communications, Sept. 2017, pp. 9–16.

- [6] Semtech Corporation, “LoRa Modulation 사물 네트워크에서 LoRa 기반 네트워크 프로토콜 설계 및 적용 1095 Basics,” *ANI200.22*, May 2015.
- [7] N. Sornin, M. Luis, T. Eirich, and O. Hersent, *LoRaWAN Specification*, Fremont, USA, LoRa Alliance, July 2016.
- [8] E. Charles and P. Bhagwat, “Highly Dynamic Destination Sequenced Distance Vector Routing for Mobile Computers,” *SIGCOMM Computer and Comm.*, vol. 24, no. 4, Oct. 1994, pp. 234–244.
- [9] M. Bor, J. Edward, and U. Roedig, “LoRa for the Internet of Things,” In *Proc. International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks*, Graz, Austria, Feb. 2016. pp. 361–366.
- [10] S. Bae, S. Lee, and J. Koh, “Multipath Routing Method for QoS Support in WMSNs,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 3, Mar. 2013, pp. 453–458.
- [11] K. Nam, “A Study on the Office Management Service Platform based on M2M/IoT,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 12, Dec. 2014, pp. 1405–1413.
- [12] J. Jang, C. Choi, and D. Kim, “Design of Smart Tourism in Big Data,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 637–644.
- [13] H. Lee and J. Oh, “Design and Implementation of a Small Server Room Environment Monitoring System by Using the Arduino,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, Apr. 2017, pp. 386–387.
- [14] J. Seo, “Temperature Data Visualization for Condition Monitoring based on Wireless Sensor Network.” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 2, Apr. 2020, pp. 245–252.
- [15] Grand View Research. (2020). Cyber Security Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component, By Security Type, By Solution, By Service, By Deployment, By Organization, By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2020 – 2027.
- [16] M. L. Merhi & P. Ahluwalia, P. (2019). Examining the Impact of Deterrence Factors and Norms on Resistance to Information Systems Security. *Computers in Human Behavior*, 92, 37–46.
- [17] R. D. Raut, P. Priyadarshinee, B. B. Gardas & M. K. Jha. (2018). Analyzing the Factors Influencing Cloud Computing Adoption using Three Stage Hybrid SEM–ANN–ISM(SEANIS) Approach. *Technological Forecasting & Social Change*, 134, 98–123.
- [18] C. H. Song, S. W. Kim & Y. W. Sohn. (2020). Acceptance of Public Cloud Storage Services in South Korea: A Multi-group Analysis. *International Journal of Information Management*, 51, 1–12.

김희철(Kim Hee Chul)

[정회원]



- 1982년 6월 ~ 1985년 12월 : 육군통신장교 중위전역
- 1990년 8월 : 조선대학교 일반대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 조선대학교 일반대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
- 현재 : 광주대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2012년 ~ 현재 : 광주광역시 사회적기업 네트워크 운영위원
- 2012년 ~ 현재 : 광주광역시 지방건설기술심의회 위원
- 2013년 ~ 현재 : 전라남도 지방건설기술심의회 평가위원
- 관심분야 : RFID/USN, 임베디드시스템, IoT, 신재생에너지, 네트워크 분석 및 설계
- E-Mail : jaziri@daum.net

홍호표(Ho Pyo Hong)

[정회원]



- 1986년 2월 : 전남대학교 지역개발학과 졸업
- 1998년 8월 : 전남대학교 경영대학원 마케팅학석사
- 2003년 3월 : 전남대학교 마케팅학 박사수료
- 2016년 2월 ~ 현재 : 광주대학교 경영학과 교수
- 관심분야 : 경영정보, 마케팅, 인사관리
- E-Mail : hhp21@hanmail.net