



태양광 발전량과 전력수요 패턴 기반 적응적 EMS 시스템 구현

이강준*, 박정민**, 박종안***

Implementation of an Adaptive EMS System Based on Solar Power Generation and Power Demand Pattern

Kang-Jun Lee*, Jeong-Min Park**, and Jong-An Park***

이 논문은 2019년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20173010013420, 전자재형 BIPV 모듈·시스템 개발과 실증을 통한 옥외 성능평가 기술 개발)

요 약

태양광 시스템으로부터 전력을 공급 받아 에너지 저장장치에 저장하여 고품질 전력을 효율적으로 제공하는 ESS와 EMS에 대해 많은 연구가 행해지고 있다. 본 연구에서는 실시간 전력수요 및 기상정보와 연동하여 총·방전량을 결정하는 태양광발전 기반 에너지 절감 ESS 시스템을 고찰하고 수요자 소비패턴 그리고 발전량 누적데이터 기반 부하예측을 통한 능동제어 EMS 시스템을 개발하였다. 또한 수요반응(DR) 표준 프로토콜을 적용한 게이트웨이를 개발하여 실시간으로 통합 데이터와 연동하게 하는 효율적인 전력운영 알고리즘을 개발하였다. 제안한 시스템은 인증실험을 통해 성능품질 70% 이상, 블랙박스 테스트를 통해 오류 검출률 3% 이하, 프로토콜 통신 구현, UX/UI 기능 오류 5% 이하 결과를 나타냄으로써 높은 효율성과 기능의 우수성을 확인하였다.

Abstract

Many studies have been conducted on ESS and EMS, which supply power from solar power generation and store it in energy storage device to provide high quality power efficiently. In this study, we investigated a solar energy based ESS system which determines the amount of charge and discharge in conjunction with real-time electric power demand and weather information, developed a active control EMS system based on consumer consumption pattern and load prediction of cumulative power generation, and develop an efficient power management algorithm that works with the integrated data in real time by developing the gateway with a DR standard protocol. The proposed system has showed high efficiency and function superiority by demonstrating the performance quality over 70%, black box test error less than 3%, protocol communication implementation, UX/UI function error less than 5% through a certification test.

Keywords

solar power, ESS/EMS, weather information, power demand pattern, demand response, high quality power

* (주)비온사이노베이터 기업부설연구소
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7542-0531>

** 조선이공대학교 자동화시스템과
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5884-6725>

*** 조선대학교 IT융합대학 정보통신공학부(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2768-6378>

• Received: Dec. 11, 2018, Revised: Jan. 15, 2019, Accepted: Jan. 18, 2019

• Corresponding Author: Jong-An Park

Dept. of Information Communication, Chosun University, Pilmundaero, Donggu, Gwangju, 501-759, Korea.

Tel.: +82-62-230-7064, Email: japark@chosun.ac.kr

1. 서 론

태양광 장치로부터 전력을 공급 받아 에너지 저장장치에 저장하여 부하 상황에 따라 전력을 효율적으로 제공하는 ESS(Energy Storage System)와 EMS(Energy Management System)에 대한 많은 연구결과가 발표되고 있다[1]-[3].

이강준 등은 태양광 발전량 예측 기반 에너지 절감 ESS 알고리즘을 개발하였다[4]. 조재영 등은 신재생에너지 발전과 연계한 에너지저장시스템의 최적 운영을 위한 에너지관리시스템의 구성요소 설계 시 고려할 기능, 운영 효과 분석과 전력요금 절감 방안으로서 태양광 발전 시스템에 리튬이온전지 기반의 배터리 시스템과 에너지관리시스템 연계 및 구축방안을 제시하였고[5], 이원준 등은 부하예측과 태양광 발전량 예측을 이용한 최적의 ESS 충/방전 스케줄링 알고리즘을 개발하였다[6]. 그리고 김일영 등은 3kW 스마트 그리드 홈 에너지 시스템으로 인터넷을 통해 전력정보를 수집하고 수정된 정보를 효율적으로 사용하기 위해서 모니터링과 스케줄러를 통한 관리방법에 대해 구현하였으며[7] 여정훈은 ESS연계 태양광 발전소 설계 시의 고려사항과 용량 산정 및 운영방안 등에 대한 연구 결과를 제시하고 있다[8].

세계 ESS 시장은 2016년 28.8억불이며, 연평균 32% 성장하여 2025년에는 347억불로 전망(2016 Navigant Research)하고 있으며 2025년 시장은 수송분야(57.2%), 송배전분야(27.1%), 발전분야(15.7%)로 구성될 것으로 예상하고 있다. 미국에서는 2016년 221MW 규모로 유틸리티용이 시장을 주도하고, 최근 LIB가 96.5%를 차지하며, 2022년에는 2,567MW까지 성장될 전망이다. 2016년 221MW 규모의 유틸리티용이 시장을 주도하고 있으며 2017년 1Q 시장의 기술별 ESS 시장에서 LIB의 시장 점유율이 96.5%를 차지하고 있다. 일본은 2015년 600MWh 규모로 가정용이 ESS 시장을 주도하고 있으며 2020년까지도 가정용을 중심으로 3,300 MW까지 성장될 전망이다. 최근 일본의 대형 ESS 프로젝트는 신재생에너지 연계 및 전력부하 이동, 주파수 조정 위한 목적이 다수를 차지하고 있다. 2019년부터는 자가소비를 위한 PV+ESS 설치확산, ZEH 및

VPP의 수요증가로 ESS 시장 성장이 클 것으로 예상하고 있다. 독일은 2015년 67MW 규모로 가정용이 시장을 주도하고 있으며 2021년에는 가정용 및 유틸리티 시장의 성장으로 705MW까지 성장이 예상되고 있다. 최근 독일의 대형 ESS 프로젝트는 전력계통 안정화를 위한 주파수 조정 목적이 다수를 차지하고 있다[9].

국내 산업계에서도 에너지의 체계적인 관리와 에너지의 효율적 사용을 위한 통합 솔루션인 에너지관리시스템의 도입 필요성이 점증되고 있다. 에너지를 사용하는 사용자 중심의 에너지관리시스템을 구축하고 에너지를 사용하는 조직 구성원 전체가 참여하여 적은 비용으로 많은 효과를 거둘 수 있는 모니터링 및 ICT 기반의 에너지관리시스템 보급 및 확산이 필요하며 국내 현황에 맞는 에너지 절약 및 온실가스 감축을 위하여 ICT 기술을 활용하여 에너지관리시스템을 개발하고 산업, 건물, 주택 부문에 도입 필요성이 높아지고 있다[10].

또한 에너지관리 수단으로 에너지 흐름의 모니터링 기능과 제어기능을 제공하는 에너지관리시스템에 관한 연구도 발표되고 있다[11]. 국내 EMS 공급 기업은 약 100개(중소기업 약 80%)로서 국내 및 외국 기업간 기술 격차로 시장 역할이 양분되어 미미한 실정이나 최근의 시장 활성화에 힘입어 관심이 고조되고 있다. 현재의 내 EMS 시장은 초기단계로서 마이크그리드(K-M국EG) 사업을 통해 기술개발 및 실증사업과 IT기반 ESCO 사업을 통해 2011년부터 시범 보급 사업을 수행하고 있다. 현재 국내 EMS 보급 장애요인으로서 높은 설치비용(건물 3~6억원, 공장 6~10억원)과 수요자원 관리 서비스 취약 그리고 국내 기술 경쟁력 취약(특수 센서, 유량계 및 제어기술 분야)을 들고 있다.

조재영 등은 신재생에너지 발전과 연계한 ESS의 최적 운영을 위한 EMS의 구성요소 설계 시 고려할 기능, 운영 효과 분석과 전력요금 절감 방안을 제안하고 있다. 시스템 운영 효과를 높이기 위한 방안으로 EMS를 이용하여 최대수요 발생시간대의 피크전력을 정부하 시간대 충전전력으로 대체하여 ESS 전용 요금제에 따른 요금편익과 부하 평준화에 기여하는 효과를 제시하고 있다[5].

현재 일부 대규모 수용가에서는 전력관리를 위한

감시·제어 시스템을 적용하고 있으며 이러한 전력 관리 시스템을 적용할 경우 범국가적으로 연간 에너지를 최소 10%, 최대 30% 이상 줄일 수 있고 누진세를 적용하는 가정의 경우 전기사용료 또한 대폭 줄일 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 전체 전력수요의 약 50~60%를 소비하고 있는 중·소규모 수용가에서는 이러한 대규모 시스템 위주의 고가 전력 관리시스템을 도입하는 것이 소규모 환경에 맞지 않아 5% 정도의 수용가에서만 적용하고 있는 것으로 조사되어 이들 대상뿐만 아니라 국가 에너지의 20%를 신재생에너지로 끌어 올린다는 정부의 발표에 따른 잠재적 수요층을 겨냥해 중·저가의 ESS 개발이 요구되고 있는 실정이다.

또한 기존 가정에 설치된 ESS에서는 고열로 인한 부품 손상뿐만 아니라 화재발생 등으로 인한 회로장치 이상 등의 문제가 발생하고 있다. 인더스트리뉴스에 따르면 최근 1년간 발생한 ESS의 화재 폭발 사고는 고창·경산 변전소, 영암·거창 풍력발전소, 군산·해남 태양광발전소, 세종아세아제지 피크제어용 등 모두 7곳에서 화재가 발생했으며, 이로 인한 재산피해가 200억원 발생하는 등 이상고온 현상으로 각종 화재 사고가 끊이지 않고 있는 가운데, 사고 원인으로 BMS 오류라는 결과가 나와 향후 이에 대한 연구가 시급한 실정이다[12].

이에 따라 본 연구에서는 실시간 기상정보 데이터 및 전력수요와 연동하여 충·방전량을 결정하는 태양광발전 예측 기반 에너지 절감 ESS 시스템을 제안하고 수요자 소비패턴 그리고 발전량 누적데이

터 기반 부하예측을 통한 능동제어 및 모니터링을 위한 EMS 시스템을 개발하고자 한다. 또한 DR 표준 프로토콜을 적용한 게이트웨이를 개발하고 데이터 수집을 통한 효율적인 전력운영 알고리즘을 개발하고자 한다.

II. 태양광발전 예측 기반 에너지 절감 EMS 시스템 제안

기존의 중소규모 ESS에서는 고열로 인한 부품 손상, 화재발생 등으로 회로장치 손상 등의 문제가 발생하고 있으나 ESS 모듈에 대한 모니터링 관리시스템이 설치되어 있지 않아 실시간 대응이 어려운 상황이다. 또한 날씨, ESS, 건물의 온도 및 습도, 누적 데이터 분석 등을 통한 효율적인 통합 에너지 관리의 필요하다. 그리고 기존 EMS 및 BEMS는 수십 개의 센서와 작동기가 연동하여 작동함으로 에너지 관련 계측기 및 자동제어용 센서 등의 설치비용 부담이 증가하고 있어 개선이 필요하다.

이들 요구를 수용하기 위해 본 연구에서는 태양광 발전량과 소비패턴, 전력공급 이상상황 그리고 외부환경을 모니터링하여 이들 누적데이터 기반 부하예측을 통한 능동제어 EMS 시스템을 개발한다. 그리고 DR 표준 프로토콜 적용 게이트웨이를 개발하여 ESS의 전반적인 데이터 수집을 통한 효율적인 전력운영관리 시스템인 EMS 계통도는 그림 1과 같으며 세부 개발내용은 다음과 같다.

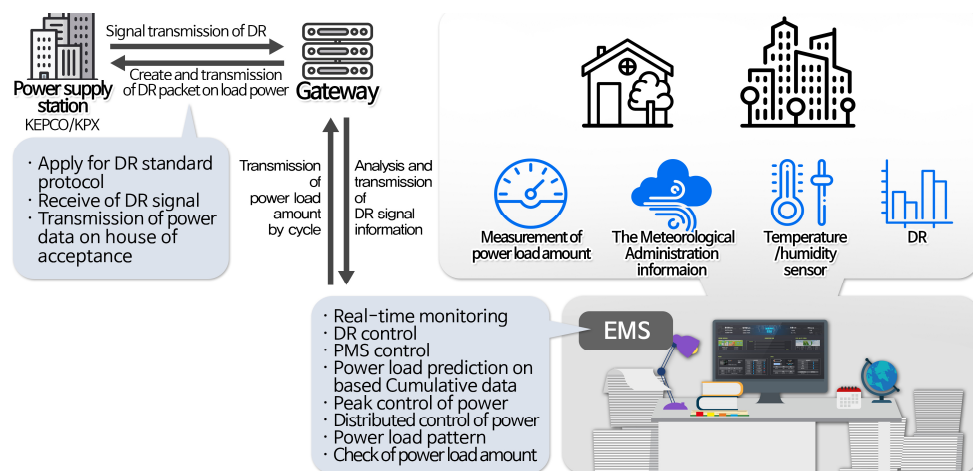


그림 1. 전력수요 반응에 따른 능동제어 태양광 전력 EMS 계통도

Fig. 1. Diagram of active control solar power ems according to electric power demand response

2.1 전력수요 반응형 ESS시스템 능동제어 및 모니터링을 위한 EMS 시스템 설계

ESS 시스템 환경 분석을 통해 효율적인 관리를 위한 환경데이터 및 센싱 데이터 수집 및 분석, ESS 시스템의 능동적 제어, 전력공급소의 전력수요에 따른 데이터 송·수신을 진행하고 환경, 설비, 전력상황, 수집, 분석, 예측 등 전력 부하에 대한 전반적인 상황을 모니터링 하는 전력수요 반응형 ESS 시스템 능동제어 및 모니터링을 위한 EMS 시스템의 데이터 수집내용과 세부과정은 그림 2와 같다.

2.2 EMS 데이터 수집 및 저장 방식 개발

데이터 분석 및 EMS 모니터링 데이터 활용 구조는 그림 3과 같고 세부 동작은 다음과 같다.

- ESS 시스템 설비별 데이터 감지 리스너 개발
- 설비별 데이터 수신 및 분석 알고리즘 구현
- 핵심 수신 데이터(요소 데이터) 추출 및 저장
- 온/습도 센서 데이터 수신 감지 리스너 개발
- 온도 및 습도 데이터 추출 및 데이터 저장
- 기상청 데이터 수신 기능 구현
- 설정별 타이머 생성 및 주기별 데이터 요청

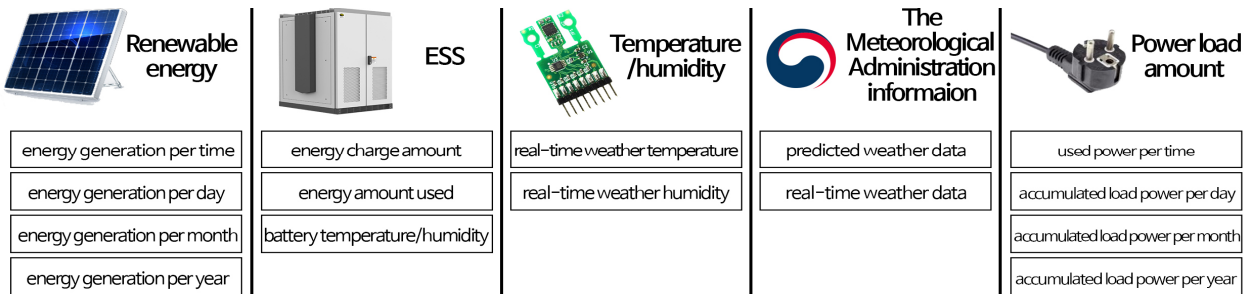


그림 2. 데이터 수집 항목
Fig. 2. Item of data collection

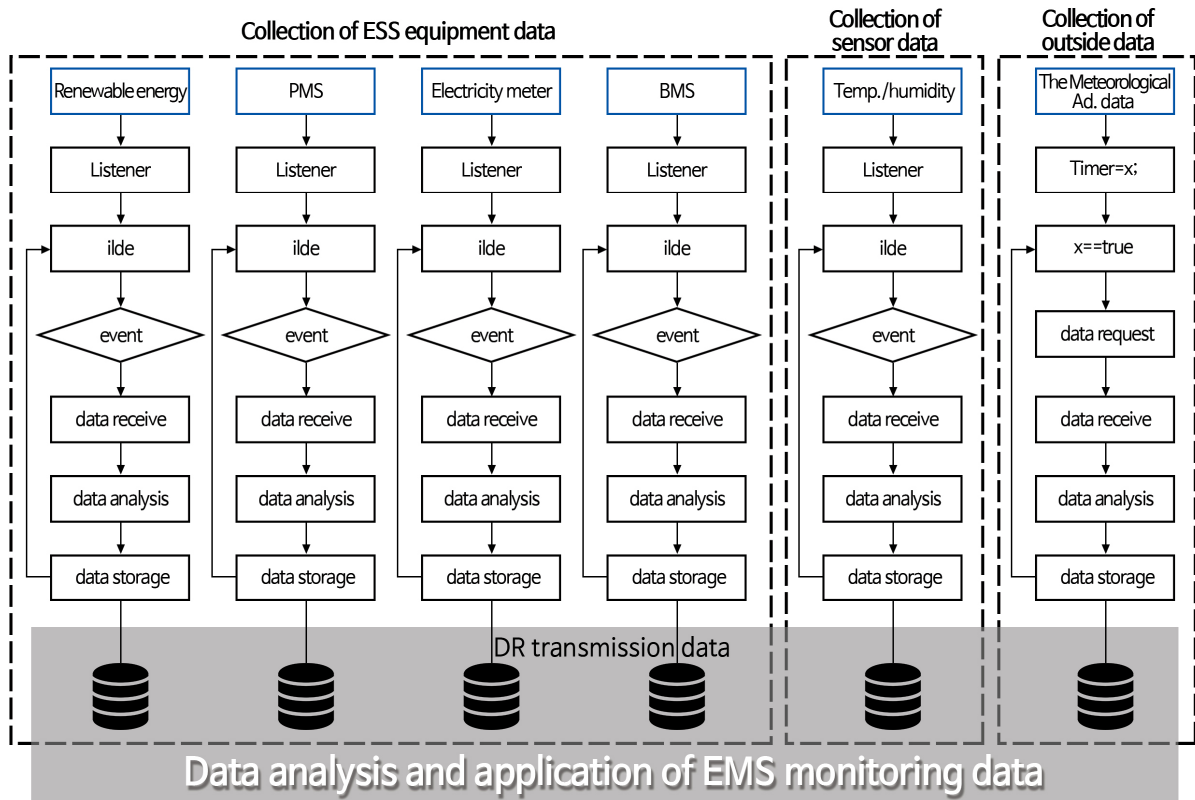


그림 3. 요소별 데이터 수집 및 저장
Fig. 3. Collect and store of elements data

- 기상청 응답 데이터 수신
- XML분석기반 요소데이터 추출 및 데이터저장

2.3 수집 데이터 기반 통합 EMS 상태 및 예측 모니터링

구현된 BMS 도출 데이터 기반 배터리 상태정보

모니터링은 그림 4와 같다.

- 실시간 배터리 총량 잔여수명 수치 표시
- 배터리 압(V), 류(A), 온도(°C) 표시
- 최고, 최저 셀 압 표시
- 시스템 보호를 한 과충, 과방, 과열, 과류, 통신 장애 등 여부 표시
- 일별, 월별 ESS 충/방량 효율 분석 그래 제공



그림 4. ESS 상태정보 모니터링
Fig. 4. Monitoring of state information for ESS



그림 5. 충/방전량에 따른 효율 분석
Fig. 5. Efficiency analysis according to amount of charge and discharge

2.4 통합 ESS시스템 상태에 및 분석결과에 따른 능동적 제어 기능 구현

배터리 상태정보 기반 전력피크 대응 알고리즘 결과에 따른 능동적 배터리 운영 기능은 그림 6과 같다.

건물 또는 스마트 그리드 시스템에서 요금제에 따른 부하 제어를 통해 전력피크를 절감 시키는 데에 목적이 있다. 본 시스템은 발전되는 태양광 전력은 소비전력으로 사용되며, 전력계통의 심야전기를 배터리에 충전하고, 피크시간대에 방전함으로써 전력 피크를 절감하는 시간대별 배터리 운영 기술을 적용하였다.

2.5 신재생에너지, 배터리 상태에 따른 전력 수용 방식 전환 기능

- 기본 부하는 신재생에너지 발전 에너지로 이용
- 신재생에너지 발전이 불가능할 경우, ESS 에너지를 사용하며, ESS 에너지 사용중 신재생에너지 발전이 가능할 경우 신재생에너지를 수용
- 신재생에너지 발전의 불가능과 ESS 충전에너지가 없을 경우 전력공급소(한전)의 전력을 수용하며, 전력공급소 에너지 사용 중 에너지신재생에너지 발전이 가능하게 될 경우 신재생에너지를 수용

2.6 시간대별 태양광 발전량 예측을 위한 요소 결정

시간대별 발전량을 예측하여 최적 운전 스케줄을 실시간으로 수립하고 과거 데이터가 충분하지 않더

라도 충분한 예측 성능을 기대할 수 있도록 알고리즘을 설계하였다. 시간대별 태양광발전량을 예측하기 위해서 시간대 별 기상정보, 시간대별 발전량, 일몰/일출시간을 예측요소로 결정하였다.

2.7 시간대별 부하데이터 예측

다양한 기상 요소 중 냉난방부하의 영향으로 수용가 부하데이터와 가장 밀접한 관계를 가지는 기온과 상관관계 정보를 이용하여 시간대별 부하데이터를 예측한다.

- 최고/최저 온도와 부하데이터의 상관관계를 바탕으로 시간대별 수용가 부하데이터 예측이 사용될 온도요소 선정
- 부하데이터의 24시간 패턴 예측을 위한 과거 데이터 선정 ; 최근 과거 3년 데이터 선정 및 보정계수 계산
- 보정계수를 이용한 최대/최소 부하데이터 보정
- 보정된 부하데이터를 이용하여 부하 패턴 예측
- 예측된 최대/최소 부하데이터와 24시간 패턴을 사용하여 예측일의 시간대별 부하 데이터 예측

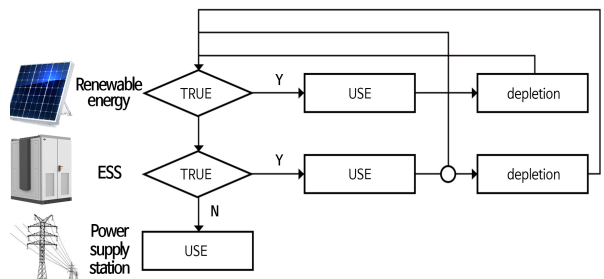


그림 7. 전력 수용방식 전환 순서도
Fig. 7. Flowchart of method for power acceptance

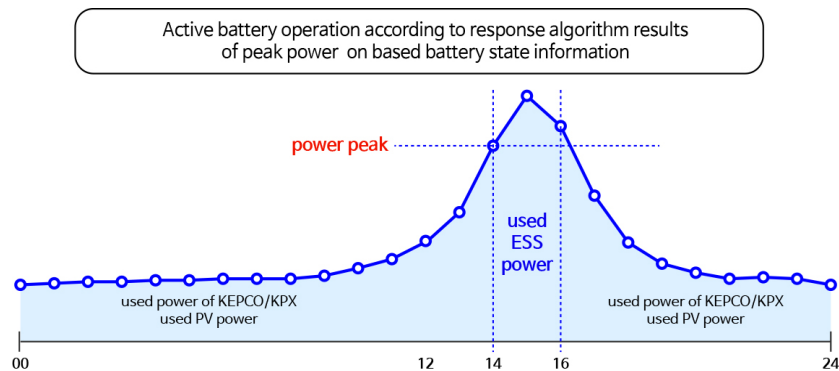


그림 6. 능동적 배터리 운영 기능
Fig. 6. Operational function of active battery

2.8 DR 표준 프로토콜 적용 통신 게이트웨이 개발 및 구현

Open ADR 2.0 기반 쌍방향 통신을 위한 게이트웨이 개발 내역은 표 2와 같다.

표 2. 게이트웨이 하드웨어 사양
Table 2. Gateway H/W specification

product	kind
SoC	broadcom BCM2836 (CPU, GPU, DSP, SDR SDRAM)
CPU	900 Mhz ARM Cortex-A7 quad core
SDRAM	broadcom 1Gb
Ethernet	LM3S8962 Internal 10 Base-T Ethernet
Power	5V 800 mA (4.0 W)
Serial Bus	GPIO, UART, I2C, SPI, HAT ID

- Open ADR 기반 에너지소모량에 대한 임계치 및 임계 데이터 패킷 전송 방식 개발

2.9 게이트웨이와 EMS간 TCP/IP 통신 기반 전력 사용량 정보 송·수신 기능

게이트웨이와 EMS간에 TCP/IP 통신기반 기 측정 전력 사용량 정보를 송·수신하는 기능 개발

- Open ADR 기반 상호 통신을 위한 접속 기능

2.10 데이터 패킷 처리를 위한 게이트웨이 기능

Open ADR 2.0에 기반하여 데이터 패킷 처리를 위한 게이트웨이 기능 구현

- EMS 시스템연계 Open ADR 게이트웨이 구현
- DR 프로토콜 규격에 맞춘 패킷 송·수신 및 데이터 처리 기술 개발
- IEEE 기반 TCP/IP패킷 송·수신 처리부 구현
- EMS로의 데이터 전송을 위한 패킷 생성 개발
- Open ADR Send Packet Data 가공 기술 구현

- Open ADR 수신 패킷 데이터 처리 기술 구현

2.11 Open ADR EiOpt 데이터 처리 개발

실시간 전력운영 정보 수집 및 전달을 위한 VTN 및 VEN 간 oadrCreateEvent(VTN-VEN간 데이터 요청을 위한 요청 이벤트) 및 oadrResponse(데이터 요청에 대한 응답 이벤트)를 구현하였으며, 그림 9는 이에 대한 구성을 표현한다.

- GateWay는 VTN으로부터 전송된 운전/제어 명령을 EMS로 중계
- 운전제어 명령은 목표 전력 절감 수치에 따른 충/방전 명령으로 사용량 및 절감량, 운전 시간대 등을 포함
- GateWay로부터 운전제어 명령을 중계 수신한 EMS는 목표 절감량 및 운전 시간 명령에 따라 PCS 및 BMS를 제어
- ModbusTCP 및 RTU를 통하여 EMS와 운영설비들 간 통신 구현

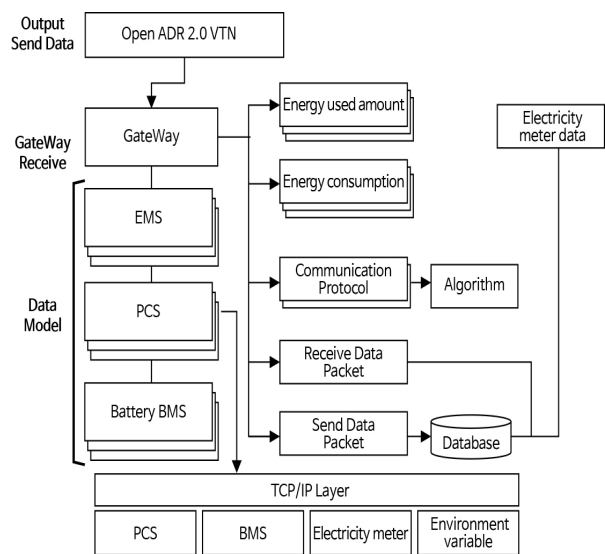


그림 9. 게이트웨이 아키텍처
Fig. 9. Gateway architecture

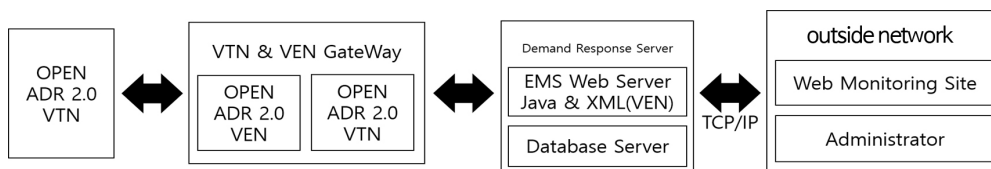


그림 8. VTN, VEN간 DR 상호작용
Fig. 8. DR interaction between VTN and VEN

2.12 능동적 인터페이스 연계를 위한 애그리게이터 시스템 개발

- 실시간 주변 환경정보(온/습도 등) 수집과 메타데이터 생성 및 제공하는 애그리게이터 구현
- 하이퍼텍스트 생성 언어(HTML) 및 TCP/IP 통신 기능을 확장하기 위한 XML 적용 시스템 개발
- 온도 센서를 내장하고 온도 변화를 센싱 데이터를 생성 및 처리를 위한 기능 개발
- 습도 센서를 내장하고 습도 변화를 센싱 데이터를 생성 및 처리를 위한 기능 개발
- 온도, 습도 등 센서로부터 센싱된 값을 기반으로 생성된 데이터를 외부 프로토콜을 이용하여 서버로 전송하는 시스템 개발

이상 3kW~10kW급 태양광 ESS에서 발생하고 있는 제반 문제, 즉 고열로 인한 부품손상, 모니터링 관리시스템 효율성, 센서링 모듈, 날씨 및 습도에 대한 문제를 해결하는 효율적 통합 에너지 관리를 위한 EMS 알고리즘을 제안하고 시스템을 개발하였다. 시스템의 품질인증 테스트는 국가에서 지정된 SW품질테스트 전문기관을 통하여 진행하였으며, EMS 및 전체 시스템에 대한 필수 조건이 되는 항목들을 추출하여 성능 및 기능 기반의 테스트를 거쳐 최종 품질 결과를 획득하였다.

III. 결 론

상용화되고 있는 중소규모 태양광 ESS에서는 고열로 인한 부품손상, 모니터링 관리시스템 부재, 센서링 비용, 날씨 및 습도 등 외부 환경변화로 인하여 효율적인 통합 에너지관리에 문제가 되고 있다.

본 연구에서는 실시간 기상정보 데이터 및 전력수요와 연동하여 총·발전량을 결정하는 태양광발전 예측 기반 에너지 절감 시스템을 제안하였고, 수요자 소비패턴 그리고 발전량 누적데이터 기반 부하예측을 통한 능동제어 EMS 시스템을 개발하였다. 또한 DR 표준 프로토콜을 적용한 게이트웨이를 개발하여 전반적인 데이터 수집을 통한 효율적인 전력운영 알고리즘을 제안하였다. 제안한 적응적 EMS 시스템은 국가 기관에서 지정한 품질인증 기업을 통해 품질검증을 진행하였다. 본 시스템의 시험품질 목표는 표 3과 같다.

표 3. 품질검증 목표
Table 3. Goal of quality verification

category	content
performance	performance quality more than 70%
error	error detection ratio less than 3%
communication	communication protocol implementation of element equipment
UI/UX	UI/UX function error less than 5%

● 초과달성 ● 목표달성 ● 목표미흡

세부 시스템	품질지표	품질목표	선정사유	실제결과	평가결과
전체 시스템	표준준수	100%	- 제품별 통신규약 및 프로토콜 표준 준수	100% 표준준수 패킷 생성 확인	●
	완성도	100%	- 신재생에너지, ESS 등 각 장비별 전력량, 부하량의 정확한 데이터 제공 근거 제시	100% 요구화면 구성	●
	능동제어 정확도	100%	- 상황에 맞는 능동적 제어는 필수 조건임	100% 제어알고리즘 확인	●
ESS시스템 SW	센싱데이터 수집	100%	- 모니터링 및 제어를 위한 필수 데이터임	100% 센싱데이터 수집확인	●
	데이터 분석	100%	- 모니터링 및 제어를 위한 필수 데이터임	100% 데이터 수집 확인	●
	모니터링 시스템	1EA	- 주변환경 파악과 모든 장비 정보 확인의 필수 조건임	1EA	●
	능동제어	100%	- 상황별 설정한 제어방식이 능동적으로 원활하게 이루어져야 함	100% 상황별 제어 방식 설정	●
	완성도	100%	- ESS 및 신재생에너지 기술의 경쟁력 강화를 위해 필수적인 조건임	100%	●
	플랫폼 구현도	100%	- SW 신뢰성 및 안정성 확보를 위한 조건	100%	●

그림 10. 품질검증 결과
Fig. 10. Quality verification result

품질검증은 블랙박스 테스트를 통해 다양한 경우의 수에 의한 반복/회귀적 시스템 운영을 진행하였다. 테스트 진행에 따른 결함 발견 및 수정을 반복함으로써 그림 10과 같이 목표 품질 성과를 달성하였다.

개발된 능동제어 및 모니터링 EMS 시스템은 3kW ~ 10kW급 태양광 발전시스템에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Kyo-Bum Han, Hyun-Chul Jung, and Byeong-Oh Kang, "Maximum Demand Control Method using Customer-Installed Energy Storage System", The Korean Institute of Electrical Engineers, the 49th KIEE Summer Conference, pp. 31-32. Jul. 2018.
- [2] Joon-Hyoung Kim and Sung-Hwan Jung, "Design and Implementation of the Script-based EMS for Flexible Management of Stand-alone Microgrid", Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 18, No. 10, pp. 1231-1240, Oct. 2015.
- [3] Nutthaka Chinomi, Monthon Leelajindakraierk, Suttipong Boontaklang, and Chow Chompoo-Inwai, "Design and Implementation of a smart monitoring system of a modern renewable energy micro-grid system using a low-cost data acquisition system and LabVIEWWTM program", Journal of International Council on Electrical Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 142-152, Jun. 2017.
- [4] Jung-Min Park, Tae-Hun Oh, and Kang-Jun Lee, "Development of energy Saving ESS algorithm based on prediction of PV", Korean Institute of Smart Media, 2017th Convergent & Smart Media System Workshop, 2017.
- [5] Jai-Young Cho and In-Ho Ra, "A Case Study on Operation of Energy Management System Connected with Renewable Energy", Smart Media Journal, Vol. 7, No. 2, pp. 71-77, Jun. 2018.
- [6] Won-Jun Lee and JaeSung Jung, "Development of the Optimal Energy Storage System Charging/Discharging Scheduling Algorithm using Load and PV Generation Forecasting", The Korean Institute of Electrical Engineers, The Proceeding of the 70th Anniversary Summer Conference, pp. 12-14, Jul. 2017.
- [7] Il-Young Kim, Hong-Sop Kim, Dea-He Kim, and Chan Park, "Design and Implements of EMS Application managed 3kW Smart-Grid Home Energy System", Korea Society of Computer Information, 2015 Conference Proceedings, Vol. 23, No. 2, pp. 103-106, Jul. 2015.
- [8] Jung-Hoon Yeo and Woo-Young Lee, "Solar Power Generation Connected ESS Design and Application", The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 31, No. 4, pp. 25-35 Jun. 2017.
- [9] Sung-In Lee, "A Survey on ESS Expansion Policy of Major Countries and Suggestions for Introduction of New Climate System in Korea", Korea Energy Agency, INI R&C Inc., Ltd., Research Report:13-18, pp. viii- x, Dec. 2017.
- [10] Jae-Wan Park, U-Cheol Shin, Dae-Gon Kim, and Jong-Ho Yoon, "Building Integrated Photovoltaic System; Monitoring System; Energy conservation; Energy Production", Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 3, pp. 75-81, Jun. 2013.
- [11] J. M. Hwang, S. D. Choi, Y. Choi, and G. Hong, "Reduction EMS developed power consumption utilizing real-time monitoring technique", The Korean Society of Manufacturing Process Engineers, The Proceeding of the 2016 Spring Conference, pp. 201, Apr. 2016.
- [12] G. H. Park, "ESS, BMS failure caused fire...We need a full investigation", Industry news, <http://www.industrynews.co.kr/news/articleView.htm?idxno=25940>, Aug. 2018, [accessed: Dec. 03, 2018]

저자소개

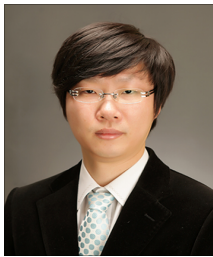
이 강 준 (Kang-Jun Lee)



2014년 12월 : (주)대문정보
기업부설 연구소 연구원
2015년 3월 ~ 2017년 2월 :
조선대학교 소프트웨어융합
공학과(공학석사)
2017년 3월 ~ 현재 : (주)비온시
이노베이터 기술연구소

관심분야 : IT융합, 소프트웨어 개발, 무선통신기술

박 정 민 (Jeong-Min Park)



2004년 2월 : 조선대학교
전기공학과(공학석사)
2009년 2월 : 조선대학교
전기공학과(공학박사)
2015년 4월 ~ 현재 : 조선이공
대학교 자동화시스템과 교수
관심분야 : IT융합, 신재생에너지,

전력전자

박 종 안 (Jong-An Park)



1975년 2월 : 조선대학교
전자공학과(공학사)
1978년 2월 : 조선대학교
전기공학과(공학석사)
1986년 2월 : 조선대학교
전기공학과(공학박사)
1983년 ~ 1984년 : 미국

Massachusetts 주립대학 전기&전자공학과 객원교수

1990년 ~ 1991년 : 영국 Surrey 주립 대학 전기&
전자공학과 객원교수

1975년 ~ 2017년 8월 : 조선대학교 정보통신공학과 교수

2017년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 정보통신공학과
명예교수

관심분야 : 디지털신호처리, 멀티미디어 영상처리, NFC