

3kW급 스마트 그리드 환경 기반하의 홈에너지를 관리하는 EMS 시스템 설계 및 구현

김일영[○], 김홍섭^{*}, 김대희^{*}, 박찬^{*}

[○](주)에이오엔 CIO, ^{*}오산대학 인터넷정보처리과, ^{*}(주)에이오엔 CTO, ^{*}(주)에이오엔 CEO
e-mail : mike.kim@a-on.co.kr[○], khs@osan.ac.kr^{*}, ethan.kim@a-on.co.kr^{*}, chan.park@a-on.co.kr^{*}

Design and Implements of EMS Application managed 3kW Smart-Grid Home Energy System

Ilyoung Kim[○], Hongsop Kim^{*}, DeaHe Kim^{*}, Chan Park^{*}

^{*}AON Chief Information Officer, ^{*}Dept. of Internet Information Processing, Osan University, ^{*}AON Chief
Technology Officer, ^{*}AON Chief Executive Officer

● Abstract ●

본 논문에서는 비상전원 기능을 가지는 가정용 3kW 스마트그리드 홈 에너지 시스템을 관리하는 에너지 모니터링 시스템 설계 및 구현을 제안한다. 제안하는 시스템은 3kW 스마트그리드 홈 에너지 시스템으로 인터넷을 통해 전력 정보를 수집하고, 수집된 전력 정보를 효율적으로 사용하기 위해서 모니터링과 스케줄러를 통한 관리하는 방법에 대한 설계 및 구현하고, 시험 및 평가를 통해서 에너지 절감을 확인할 수 있었다.

키워드: 에너지모니터링시스템(Energy Monitoring System), 가정용에너지시스템(Home Energy System), 전력 IoT(Energy Internet of Thing)

I. Introduction

최근 전력 수요에 대한 가정용 누진세 적용으로 인해 전력 요금에 상승으로 가정용 비상전장치의 필요성이 제기되고 있다. 이에 따라 가정용 소형 3kW HES(Home Energy System)를 가지고 자체 생산하는 전력으로 일정 수준을 저장하고 필요 시 전력을 송출하여 기존 전력 망에 충전과 방전을 복합적으로 적용하여 사용하고 있다. 이러한 HES 시스템을 효율적으로 모니터링 및 관리하기 위해서는 인터넷을 기반으로 사물을 연결하는 또는 사물과 사물간의 정보를 공유하는 IoT기술을 사용한 에너지모니터링시스템을 활용한다.[1] 본 논문에서는 에너지 모니터링시스템으로 EMS(Energy Monitoring System) 응용 시스템을 설계 및 구현 방안을 기술한다.

본 논문에서 두 가지 문제를 해결하고자 한다.

- 통합된 관리 솔루션

인터넷을 통해 PC, 태블릿, 스마트폰에 상관없이 다양한 매체에서도 손쉽게 EMS를 통해 HES를 관리할 수 있는 시스템 설계가 필요하다.

- 자동화된 충전과 방전 스케줄링

HES에 내부의 배터리상태에 따라 지정된 스케줄링이 자동으로 충전과 방전을 실행하여 에너지 효율을 높이는 설계가 필요하다.

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 국내 동향

EMS는 에너지 사용이 늘어나면서, 가정, 건물, 공장에서 이를 포함한 지역에너지로 빠르게 성장하고 있다. 특히 EMS 시장은 선진국을 중심으로 에너지 효율 향상과 온실 가스 감축을 위한 정부 규제정책과 함께 소비자의 인식 향상으로 시장이 확대되고 있다.[2]

시장 조사 전문기관 네비겐트 리서치(Navigant Research)에 의하면, 전 세계 산업부분 EMS 시장은 2013년 113억 달러에서 2020년에는 224억 달러로 성장할 것으로 예상되고 있다. 국내에서는 관련시장이 아직 초기단계에 있으며, 한국형 기술개발 지원 및 실증 사업이 추진되고 있다.[3]

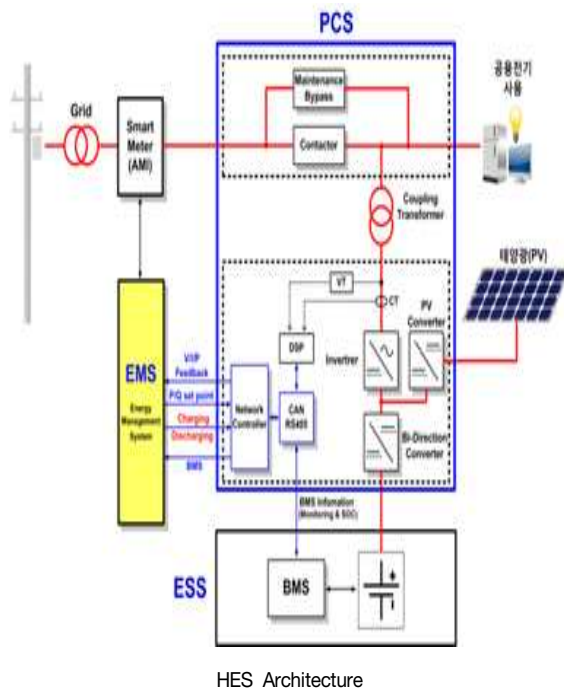
III. The Proposed Scheme

1. Design and Development works

1.1 시스템 설계

1.1.1 홈 에너지 시스템

홈 에너지 시스템은 3kW 배터리와 배터리를 관리하는 배터리 관리 시스템(Battery Management System, BMS)으로 구성된 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS)와 배터리의 전력과 ESS를 제어 하는 전력관리시스템(Power Control System, PCS)으로 구성된다. 해당 시스템은 (주)이이시스에서 제공하는 홈 에너지 시스템을 사용한다.[4]



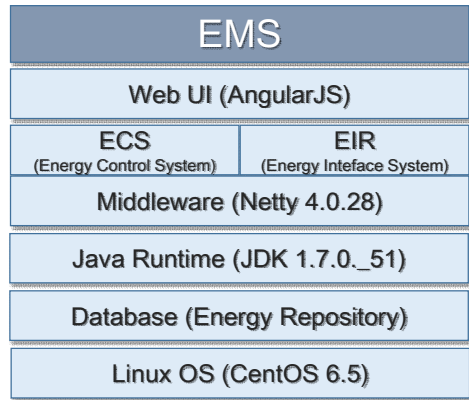
HES Architecture

1.1.2 라즈베리 파이 2

홈 에너지 시스템을 인터넷을 통해 통신이 가능하도록 라즈베리 파이 2 B+모델을 사용한다. 라즈베리 파이에는 EMS와 통신하기 위한 클라이언트 소프트웨어로 PCS와 같이 제공된다.[5]

1.1.3 EMS

EMS는 Netty 프레임워크를 기반으로 서버 프로그램으로 동작을 한다. 서버 프로그램은 라즈베리 파이의 통신을 하면서 필요한 제어와 스케줄링 명령을 전송한다. 또한 HTML5를 대응하여 PC, 태블릿, 스마트폰에 상관없이 다양한 매체에서도 손쉽게 EMS를 사용할 수 있도록 AngularJS 로 화면 설계 및 구현하였다.[6]



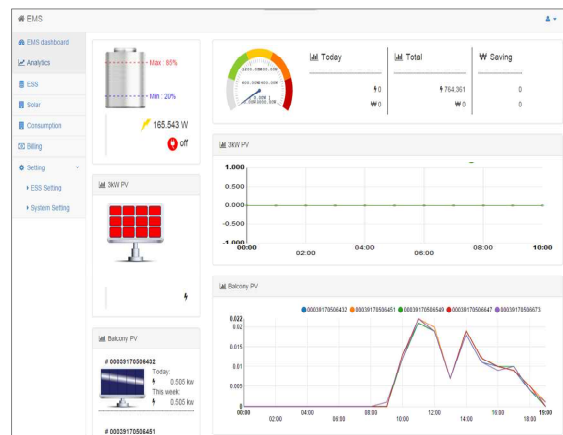
EMS Architecture

EMS시스템은 에너지를 제어하는 ECS(Energy Control System)와 HES와 인터페이스를 하는 EIR(Energy Interface System)으로 구성된다. 해당 서비스를 자바 환경을 기반으로 Netty 미들웨어에서 동작하도록 설계 및 구현하였다.

1.2 시스템 구현

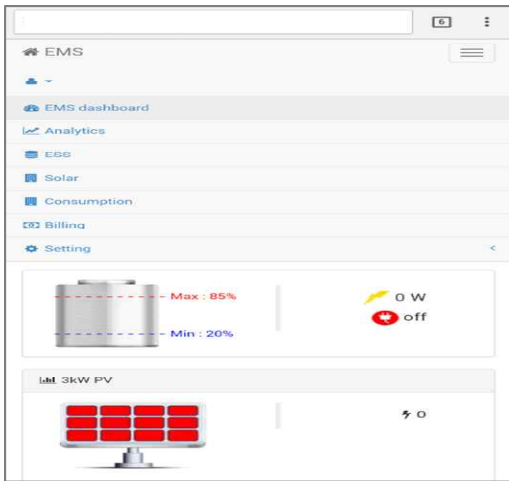
1.2.1 EMS 메인 화면

메인화면에 접속을 하면 그림 3과 같이 HES와 상태 정보를 한눈에 확인할 수 있는 통합된 대시보드 화면을 제공한다. 대시 보드 화면은 PC에서 뿐만 아니라 스마트폰, 태블릿에서 똑같이 볼 수 있도록 HTML5 기반으로 서비스를 제공한다.

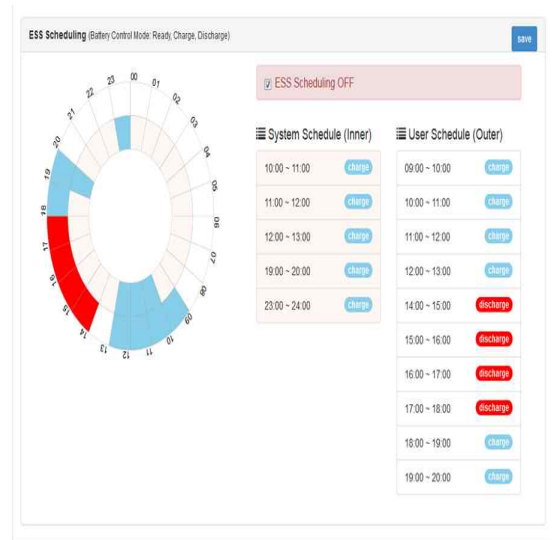


EMS Main Screen for PC

PC에서 접속한 메인 화면은 전체 메뉴와 서비스 상태를 한눈에 파악할 수 있도록 배치하였다. 배터리 상태와 태양광(PV) 발전량을 확인할 수 있다.



EMS Main Screen for smartphone

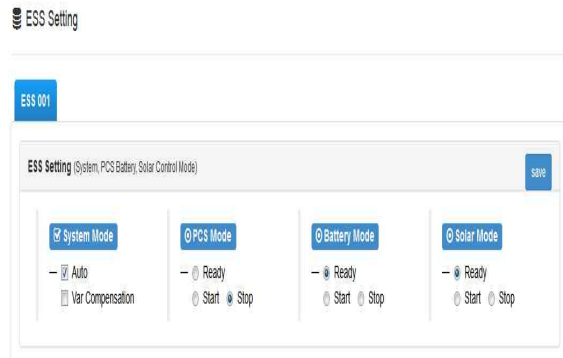


EMS Scheduling Screen

스마트폰으로 메인 화면을 접속하면 화면의 사이즈에 맞추어 메뉴와 내용을 자동적으로 정렬해준다. 메뉴는 가장 상단에 배치하며, 배터리 상태와 태양광(PV)발전량을 확인할 수 있다.

1.2.2 EMS 제어 화면

메인화면에서 ESS Setting 메뉴를 선택하면 ESS 제어 모드 화면이 나온다.



EMS Control Screen

제어 모드 화면에서는 PCS 시작 및 정지를 제공하는 PCS Mode, 배터리를 충전 및 방전을 그리고 정지 상태를 제공하는 Battery Mode, 그리고 솔라 패널을 시작 및 정지를 제공하는 Solar Mode가 제공된다.

해당 모드를 선택하고 Save 저장을 누르면 HES로 제어 명령이 전달되어 실행되고 그 결과가 화면에 반영된다.

1.2.3 EMS 스케줄링 화면

ESS Setting 화면 하단에는 스케줄링을 On, Off를 제공하는 ESS Scheduling 체크박스가 있다. 체크 상태를 해제해야 스케줄링 모드가 동작한다.

스케줄링 모드는 시스템에 미리 정의된 시스템 스케줄링 System Schedule과 사용자가 정의한 User Schedule로 구성된다. 사용자는 충전과 방전 상태에 따라 미리 정의해 놓을 수가 있다. 붉은 색은 충전, 파란색은 방전, 하얀색은 정지 상태로 EMS는 HES로 자동적으로 충전, 방전, 그리고 정지 상태 명령을 전달한다.

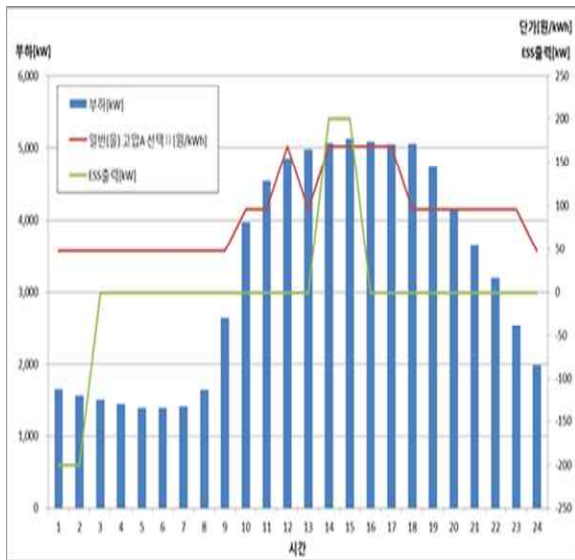
만약 HES의 최대 충전량 80% 이상 충전 상태가 되면 스케줄러는 자동적으로 충전 스케줄링을 멈추고, 충전상태가 30% 미만이면 자동적으로 스케줄링은 방전 스케줄링을 멈추어 배터리를 보호하도록 하였다.

1.3 시스템 평가

본 논문에서 제안한 시스템을 평가하기 위해 한국정보통신기술협회에 “가정용 태양광 에너지 하베스팅 및 보안 전자기계량기 성능시험”을 의뢰하여 시험 및 평가를 수행하고 “TTA-N-15-0320-TR00” 인증을 받았다.

No	Item
1	EMS 실행 여부
2	EMS 실행 상태 확인
3	EMS PCS 연결 확인
4	EMS 관리 화면 정보 확인
5	EMS 오류 처리 기능 확인
6	EMS 스케줄러 기능 확인
7	EMS 배터리 동작 제어 기능 확인
8	무효 전력량 보상 기능 구현 여부 확인
9	발코니 PV 전력 사용량 모니터링 확인
10	3kW 태양광 모니터링 기능 구현 확인

테스트 결과 예측된 운영비용은 한국전력에서 정의한 일반용(갑) 고압A 선택II 요금제를 적용 받는 사이트에 400kWh 용량의 ESS가 설치됨을 가정할 일간(24시간) 운용 방안일 경우, 연간 약 560만원의 절감이 효과가 있는 것으로 나타났다.



Analysis Power Cost

IV. Conclusion

본 논문은 3kW 스마트그리드 홈 에너지 시스템을 PC, 스마트폰, 태블릿과 같은 다양한 디바이스에서 효율적으로 제어하고, 자동화된 충전과 방전 스케줄링을 적용한 시스템을 구현하였다. 이 시스템을 사용하여 원격지에서 인터넷을 통해 HES 시스템을 장소와 시간에 구애받지 않고 모니터링 할 수 있다. 그리고 실시간으로 사용자가 미리 등록된 스케줄링 알고리즘에 따라 충전과 방전을 자동적으로 실행할 수 있다.

본 논문에서 제시한 시스템은 향후 마이크로그리드 시스템 보급에 따라 가정용 에너지 저장장치시스템에서 소규모 아파트, 빌라, 공용주차장, 학교 등의 소규모 에너지관리시스템으로 확장할 수 있다. 이를 위해 보다 관리가 용이한 시스템으로 클라우드 기반으로 확장과 해외 판매를 위한 인증 및 UI 개선에 대해 연구 및 진행을 할 계획이다.

References

- [1] Liu Hua, Zhang Juguo, Lin Fantao, "Internet of Things Technology and Its Applications in Smart Grid," TELKOMNI KA Indonesian Journal of Electrical Engineering, Vol.12, No2, pp. 940-946, February 2014.
- [2] Smart Grid Annual Report, Korea Smart Grid Institute, 2013, November 2014.
- [3] Sung-in Lee, "Method of Improve Energy Management System Industry," Korea Energy Economics Institute, 13-18, pp. 8-10, November 2013.
- [4] Min-jae Kim, Ah-jin Jung, Suk-young Hong, se-whan Choi, Jun-suk Cho, "Development of 3kW Smart Home Energy Server System," Journal of Korea Institute of Power Electronics, pp. 530-531, July 2013.
- [5] Raspberry Pi 2 B+, <https://www.raspberrypi.org/>
- [6] AngularJS by Google, <https://angularjs.org/>