

센서 네트워크를 이용한 첨단주택의 스마트 플러그 설계 및

구현

이민구⁰, 박용국, 정경권, 유준재, 성하경
전자부품연구원
emingoo@keti.re.kr

Design and Implementation of Smart Plug using Sensor Networks in Smart House

Min Goo Lee⁰, Yong Guk Park, Kyung Kwon Jung, Jun Jae Yoo, Ha Gyeong Sung
Korea Electronics Technology Institute (KETI)

요 약

첨단 주택에서 가전기기의 에너지 소모량을 모니터링하기 위하여 센서 네트워크를 이용한 스마트 플러그를 제안한다. 제안한 시스템은 전기 콘센트 형태로, 매 초마다 홀센서를 지나가는 전류량을 측정하여 센서 네트워크를 통해 홈 게이트웨이에 전송한다. 홈 게이트웨이는 전송된 데이터를 전력량으로 변환하여 저장하고, 모니터링 프로그램을 통해 전력량을 표시한다. 실험 결과 제안한 시스템은 에너지 소모와 사용을 관리함에 있어서 우수한 성능을 확인하였다.

1. 서론

수년 동안 홈 자동화 또는 홈 네트워크는 IT기술의 발전에 대한 활용 분야로 고려되어 왔다 난방, 에어컨, 환기, 조명 및 문과 창 등과 같은 가정 편의시설과 가전기기는 자동화되어 원격에서 조작하거나 프로그램에 의해 작동할 수 있다. PC의 사용이 점차 증가하여 인터넷 접속이 가능하게 되었고 소형 및 독립적인 무선 센서가 급속히 개발되어 적용되고 있다

최근 정부 주도하의 디지털 홈 시범 이후 대다수의 신규 분양아파트에서 홈네트워크 시스템을 도입하여 공급하고 있으나 에너지 관리 및 그에 따른 설비의 에너지 절약 제어 및 운전에 대한 기능과 서비스는 아직 공급되고 있지 않고 있으며, 실시간으로 실내 환경 데이터를 수집하여 에너지 소비 상황 및 실내 공기의 질적 수준이나, 쾌적 정도를 분석한 정보를 거주자에게 제공할 수 있는 실내 환경 통합 감시 및 모니터링 시스템이 절실히 요구되고 있다.

특히 첨단주택의 에너지 절감 운전 및 관리를 위해서는 온열환경과 공기환경 측면에서 온도 습도, 미세먼지, 이산화탄소, 일산화탄소 등을 실내 물리적 변수와 개인적 변수 상호간 관계성이 적용된 에너지 수요 예측 절약 운전 및 관리 알고리즘 개발하고 개별설비를 통합하여 제어·모니터링 할 수 있으며 지능형 홈 네트워크와 연계할 수 있는 첨단주택 스마트 홈 에너지 통합컨트롤 시스템 개발이 절실히 필요한 상황이다[1-2].

본 논문에서는 첨단주택에서 에너지 모니터링을 위해 스마트 플러그를 제안한다 제안한 시스템은 홀(Hall) 센서를 이용하여 실시간 소모되는 전류를 측정하고 측정

한 데이터를 센서 네트워크를 이용하여 홈 게이트웨이에 저장한다. 일별, 월별 사용한 전력량을 확인할 수 있도록 모니터링 프로그램을 설계한다 첨단주택 내 실험을 통해 겨울철 전열기의 전력량 패턴을 측정하고 외부 온도 요인을 통해 예측 모델을 구성하여 평가한다

2. 스마트 플러그 시스템

첨단주택에서 사용할 수 있는 전력량 모니터링 시스템의 전체 구조를 설명한다 그림 1은 전체 시스템의 블록 다이어그램으로 제안한 시스템은 센싱 시스템과 홈 게이트웨이로 구성된다. 센싱 시스템은 무선 센서 모듈이 장착된 스마트 플러그로 구성 된다 Hall 센서를 이용하여 사용하는 전류량을 측정하여 무선 센서 네트워크로 데이터를 전송한다. 홈 게이트웨이 시스템은 데이터를 수집하고 일별, 월별 사용한 전력량 정보를 제공한다

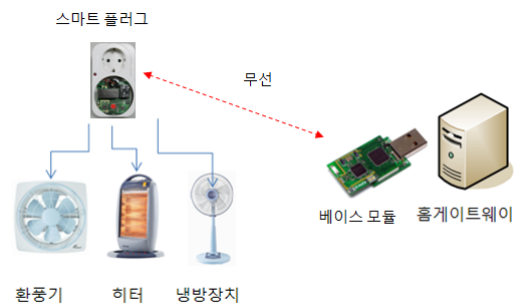


그림 1. 전력량 모니터링 구성도

2.1 스마트 플러그

본 논문에서 제안하는 스마트 플러그는 그림2와 같다. 박스형태의 콘센트 내부에 전류 측정용 Hall 센서, 릴레이, 무선 센서 모듈, 전원공급용 SMPS로 구성된다.



그림 2. 스마트 플러그

그림 3의 Kmote는 무선 통신을 위해 TI사의 CC2420 Chip을 사용한다. CC2420은 IEEE 802.15.4을 지원하고 250Kbps의 데이터 통신 속도를 지원한다 Kmote는 크게 두 가지 보드로 구성되어 있다 Kmote의 운영과 무선 통신을 주로 담당하는 CPU보드와 USB 마이크로컨트롤러로 구성되어 프로그램 다운로드 및 호스트 컴퓨터와 통신이 가능한 USB보드로 구성된다[3-4].



그림 3. Kmote

2.2 홈 게이트웨이

홈 게이트웨이의 역할은 베이스 모듈에 수신되는 센싱 데이터를 저장하고 분석하는 기능을 담당한다 홈 게이트웨이는 단일 보드 컴퓨터 (EPIA-M1000, VIA co., 800MHz C3 프로세서, 512MB 메인 메모리, 2GB Compact Flash memory)로 구현하였고, Windows XP 운영체제로 동작한다.

게이트웨이는 USB 포트에 연결된 베이스 모듈을 통해 입력되는 패킷을 읽어 해석하고 현재 시간 정보를 더해 저장한다. 그림 4은 게이트웨이의 사진이다



그림 4. 홈 게이트웨이

그림 5는 홈 게이트웨이에서 동작하는 측정 프로그램

으로 스마트 플러그의 전류 사용량을 수집하고 전력량으로 변환하여 저장하는 기능을 담당한다

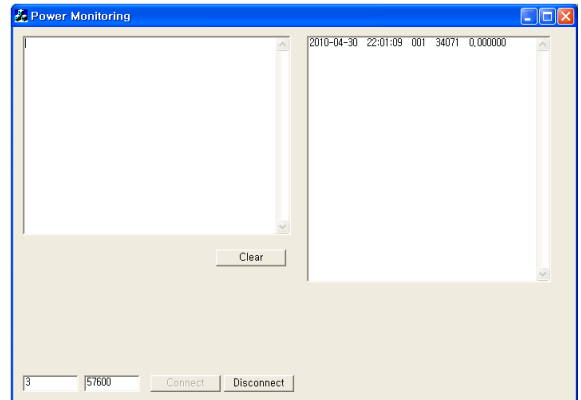


그림 5. 측정 프로그램

3. 실험 및 검토

제안한 스마트 플러그의 성능을 평가하기 위해 그림과 같이 전열기를 연결하여 2010년 1월 ~ 2010년 3월 전력량을 모니터링 하였다



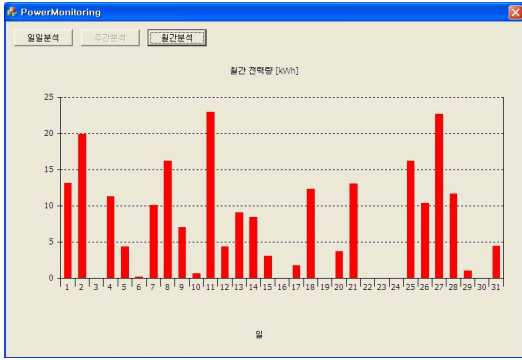
그림 6. 실험 사진

3.1 측정 결과

스마트 플러그는 1초마다 전류를 측정하고, 5초마다 무선 데이터를 홈 게이트웨이의 베이스 모듈로 전송한다. 홈 게이트웨이에 저장된 결과를 바탕으로 전류량 및 전력량을 측정하면 그림 7과 같다.

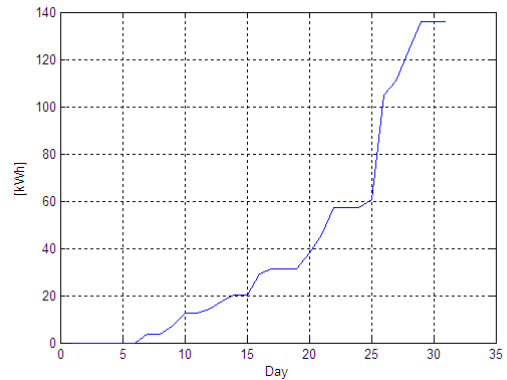


(a) 전류 소모량[A]



(a) 월간 전력량[KWh]

그림 7. 스마트 플러그 모니터링 결과



(c) 3월

그림 8. 월간 전력량량

측정한 전류 정보로부터 전력 P 를 계산하면 식(1)과 같다.

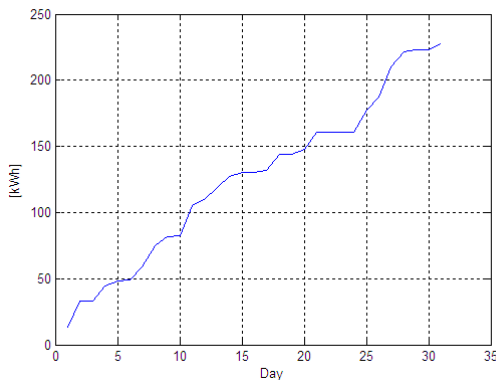
$$P[W] = V_{RMS} \times I_{RMS} \quad (1)$$

여기서 V_{RMS} 는 전압의 실효치로 220V이고, I_{RMS} 는 전류의 실효치로 스마트 플러그에서 측정 한 전류값이다 하루 동안 사용한 전력량 W_{Day} 는 식(2)와 같다.

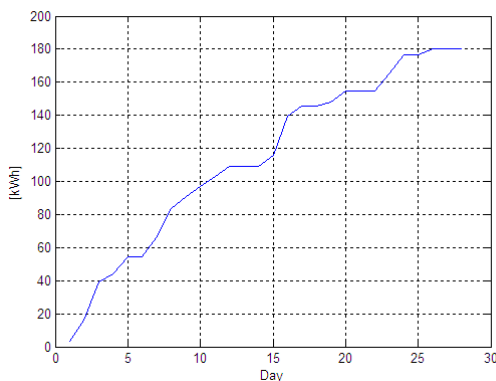
$$W_{Day}[kWh] = \sum_{i=1}^N P_i \times \Delta t \quad (2)$$

여기서 Δt 는 측정 시간간격이고, N 은 하루 동안 측정 한 회수이다.

월간 사용 전력량의 누적 결과는 그림8과 같다.



(a) 1월

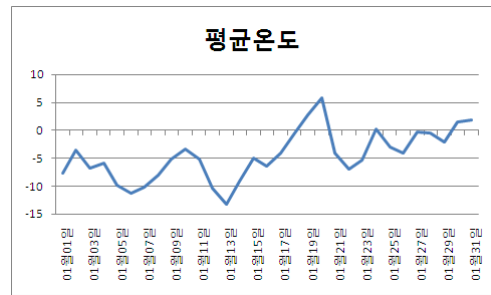


(b) 2월

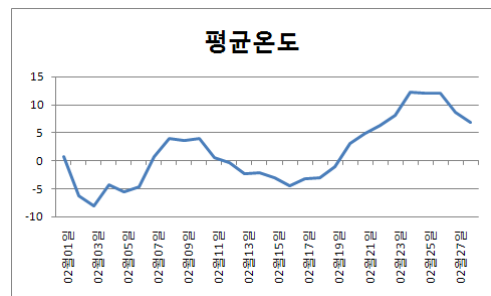
3.2 기온변화에 따른 전력량

첨단주택에서 복합적인 상황을 통해 에너지 사용량 패턴을 분석하기 위해서 전열기 사용과 관련이 높은 외부의 온도 변화에 따른 사용량을 분석하였다

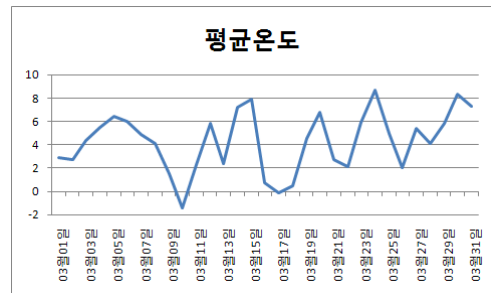
2010년 1월~3월의 외부 평균 온도는 그림 9와 같다.



(a) 2010년 1월



(b) 2010년 2월



(c) 2010년 3월

그림 9. 평균 온도

그림 10과 같이 기온의 변화량을 독립변수로 하고, 전열기의 전력량을 종속변수로 하여 모델링을 하면 식(3)과 같다.

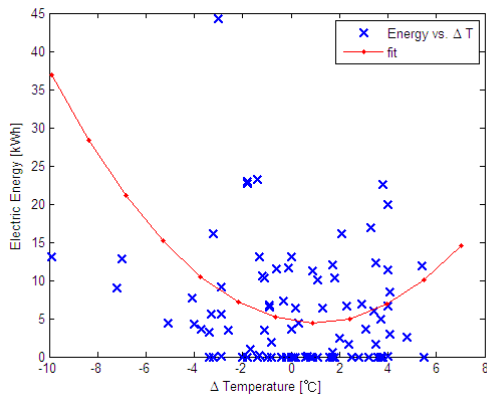
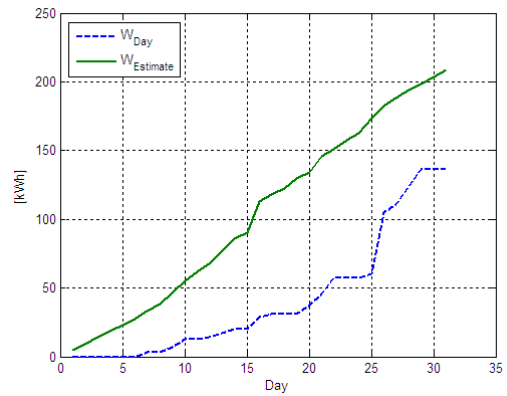


그림 11. 온도변화에 따른 전력량

$$W_{Estimate} = 0.2753x^2 - 0.5376x + 4.659 \quad (3)$$

이 식을 이용하여 외부 온도변화에 따른 전열기의 전력량을 예측할 수 있다.

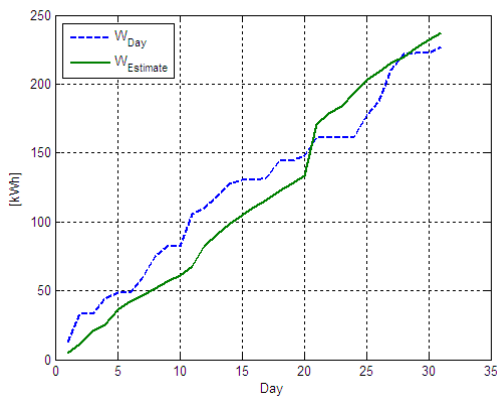
그림 12는 제안한 온도변화와 전열기의 전력량에 대한 예측 결과이다.



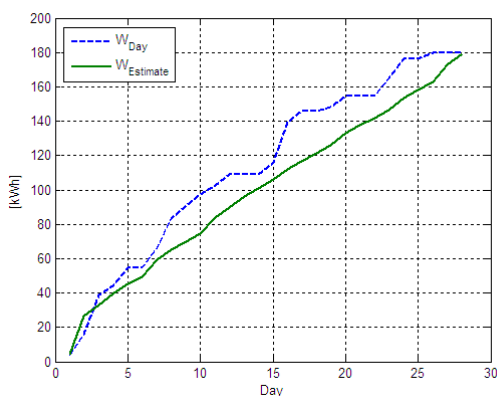
(c) 3월
그림 12. 월간 예측 전력량

그림 12에서 1월과 2월의 예측 전력량은 실제 전력량과 유사한 패턴을 얻을 수 있었으나 3월 사용량은 큰 오차를 나타내었다. 이는 실험을 진행한 연구실에 상주하는 학생들이 개강으로 수업참여 등의 활동이나 외출이 많아 전열기를 적게 사용한 것으로 판단된다.

이러한 결과는 측정기간이 짧기 때문에 1년 이상 기간을 두고, 데이터를 수집하여 적절한 모델을 세운다면 보다 신뢰성 높은 예측이 가능할 것으로 판단된다.



(a) 1월



(b) 2월

4. 결론

본 논문에서는 에너지 모니터링을 위해 스마트 플러그를 제안하였다. 제안한 시스템은 홀(Hall) 센서를 이용하여 실시간 소모되는 전류를 측정하고 센서 네트워크를 이용하여 홈 게이트웨이에 전달하여 일별 월별 전력량을 확인할 수 있도록 모니터링 프로그램을 설계하였다. 전열기의 사용패턴을 확인하기 위해 외부 온도와 전열기의 전력량 데이터를 바탕으로 2차 함수의 모델식을 수립하였다.

향후 첨단주택에서의 사용자 패턴에 대한 장기간 데이터 수집을 통해 여러 가전제품의 전력량을 예측할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 조영조, “스마트 홈의 유비쿼터스 컨트롤 기술- 현황과 전망”, 제어·자동화·시스템공학회지 제9권, 제6호, pp.12-17, 2003년.
- [2] 아시아나IDT, “Ubiquitous 홈 솔루션: 세대 내 홈네트워크 솔루션”, 유비쿼터스, 제45호, pp.74-79, 2009년.
- [3] Intech, <http://www.tinyosmall.co.kr>
- [4] Texas Instruments, <http://www.ti.com>