

# IoT를 활용한 에너지절약 시스템 구축

이수진\*, 임상현\*\*, 최윤아\*\*\*, 유상오\*\*\*\*  
\*서울과학기술대학교 전자미디어공학과  
\*\*협성대학교 스마트시스템소프트웨어공학과  
\*\*\*인하대학교 전기공학과  
\*\*\*\*(주)우리카드 정보보호부

cherish8199@seoultech.ac.kr, plk1592@office.uhs.ac.kr, dbsdk617@gmail.com,  
sangoh.yoo@gmail.com

## Building an Energy Saving System using IoT

Su-Jin Lee\*, Sang-Hyeon Lim\*\*, Yun-A Choi\*\*\*, Sang-Oh Yoo\*\*\*\*

\*Dept. of Electronic & IT Media Engineering, Seoul National University of  
Science and Technology

\*\*Dept. of Smart System Software Engineering, Hyup-Sung University

\*\*\*Dept. of Electrical Engineering, In-Ha University

\*\*\*\*Dept. of Personal Information Protection, Wooricard Corp.

Su-Jin Lee, Sang-Hyeon Lim, and Yun-A Choi contributed equally to this work.

### 요 약

우리나라의 1인당 전력 소비량이 가파르게 증가하고 있으며 이에 따른 에너지 절약의 필요성이 대두되고 있다. 본 논문은 IoT 기술을 활용하여 더욱 간단하고 효율적인 저비용 에너지 절약 시스템을 제안한다. 실시간 모니터링과 센서 데이터를 기반으로 한 에너지 절약 시나리오 제공이 큰 특징이다. 구현한 시스템은 전력 사용량 peak 값과 전체적인 편차가 줄어드는 결과를 가져왔다. 더 나아가 가정뿐만 아니라 더 넓은 범위에 적용 가능할 것으로 기대된다.

### 1. 서론

한국 전력 공사 「한국전력통계」, 에너지 경제 연구원 「에너지 수급 통계」에 따르면 대한민국의 1인당 전력 소비량은 매년 증가하고 있다. 1990년 2,202kWh에서 지속해서 증가하여 2000년에는 5,067kWh, 2010년 8,883kWh, 2019년 10,039kWh로 연평균 1.5% 씩 증가하고 있다. 한국의 1인당 전기 사용량 증가세가 빠르게 증가하고 있음을 확인할 수 있다[1].

이러한 에너지 낭비를 줄이고자 다양한 ICT 기술이 접목되고 있다. 특히, 사물인터넷(Internet Of Things) 기술과 연계된 에너지 및 전력 산업에 관한 기술이 연구되고 있다. 이미 오래전부터 공장, 산업체, 빌딩 등 다양한 건물 내 에너지 관리를 위한 IoT 센서를 설치하여 데이터 수집, 에너지 정보 관리 등을 지원하는 서비스들이 연구되고 있다.

발전량과 전기요금율을 결정하는 중요한 요인 중 하나는 전력 Peak 값이다. 부하 이동을 통해 전력 Peak 값을 줄이고 경부하 시 발생하는 유휴 전력을 최대한 활용하게 된다면 전력의 수급 균형과 에너지

효율을 높일 수 있다. Peak shaving을 통한 부하 평균화가 이루어진다면 전기요금 절감 효과 또한 가져올 수 있다. 이러한 전력 시스템에 사물인터넷과 센서를 결합하게 되면 보다 효율적인 전력 그리드의 운용을 기대할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 에너지 절약을 위한 아두이노 기반의 IoT 스마트 플러그 및 전력 사용량 제어 시스템에 대해 다룰 것이다. 또한, 센서를 통해 수집된 전력 데이터를 기반으로 Peak Shaving에서 착안한 에너지 절약 알고리즘 적용을 제안하고자 한다.

최종적으로 본 논문의 IoT 기기의 적용이 가져오는 순 부하 평균화 비교 결과와 기대 효과를 제시해 볼 것이다.

### 2. 관련 연구

#### Peak shaving

Peak-Shaving이란 비싼 수요 전력 요금을 초래하는 On-Peak 기간 내 단기간의 “Demand Spike”를 낮추어 On-Peak 동안 그리드 전력 수요(전기 공급 사업자에게 사오는 전기)를 감소시키는 일련의 방법

을 말한다[2]. 부하의 Peak 감소를 통해 부하 평균화를 목적으로 한다.

**사물인터넷**

사물인터넷은 여러 디바이스들이 네트워크로 연결되어 정보를 수집·공유하면서 상호 작용하는 지능형 네트워크 및 환경을 의미한다[3]. 센서 기술, 네트워크 기술, 데이터 기술을 집, 빌딩, 도시, 공장 등에 접목하여 사람에게 편리한 환경을 제공한다. 또한 인공지능 등의 기술을 활용하여 다양한 환경에서 능동적으로 대응하는 것이 가능하다.

**스마트빌딩**

스마트빌딩이란 건축, 통신, 빌딩 자동화 등의 시스템을 유기적으로 통합하여 첨단서비스를 제공하는 빌딩이다[4]. 사물인터넷을 비롯한 다양한 기술을 활용하여 빌딩의 냉난방 및 전력 시스템 등의 자동화와 빌딩 자동 제어 등이 가능하다. 이러한 스마트빌딩은 효율적이고 안정적인 빌딩 관리 및 활용 환경을 제공한다.

**스마트플러그**

스마트플러그는 가전기기의 소비전력 정보를 제공하고 자동으로 전원을 차단하는 기능을 제공하는 플러그이다[5]. 사물인터넷 기술 등을 활용하여 사용자에게 효율적이고 편리한 전력 사용 환경을 제공한다.

**3. IoT를 활용한 에너지 절약 시스템 구축**

**3.1 요구사항 분석과 설계**

<표 1>은 본 논문의 에너지 절약 시스템의 요구사항을 분석하여 정리한 것이다. <표 2>는 <표 1>을 기반으로 작성한 요구사항 명세서이다. 기능 요구사항 중 가장 핵심 기능인 전력 차단 원격 제어를 예로 들었다. 중요도와 난이도는 기준에 따라 상·중·하로 표현하였다.

<표 1> 요구사항 정의서

분류	고유번호	요구사항 명
기능 요구사항	P-001	회원가입
	P-002	로그인
	P-003	실시간 전력 사용량 확인
	P-004	실시간 전기요금 확인
	P-005	누적 전력 사용량 확인
	P-006	에너지 절약 시나리오 제시
	P-007	목표 전력 사용량 설정
	P-008	전력 사용량에 따른 푸시알림

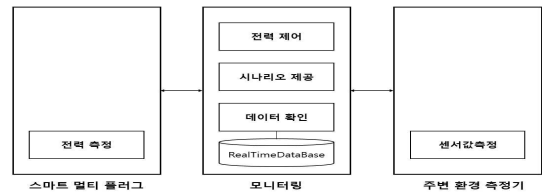
	P-009	전력 차단 원격 제어
	P-010	실시간 일조량 확인
	P-011	실시간 온습도 확인
	P-012	실시간 미세먼지 수치 확인
	P-013	실시간 가스 농도 확인
	P-014	회원 정보 수정 및 탈퇴
비기능 요구사항	P-015	성능
	P-016	신뢰성
	P-017	편의성
	P-018	보안
	P-019	사용자 인터페이스
	P-020	데이터

<표 2> 요구사항 명세서

요구사항 ID	P-009	요구사항 명	전력 차단 원격 제어
개요	실시간 전력 사용량에 따라 전력 차단을 원격으로 제어한다.		
요구사항 내역	상세 설명	- 전력 사용량 평균화를 목적으로 한다. - 실시간 온습도, 미세먼지 수치, 일조량 등을 통해 효율적으로 가전기기의 전력을 차단한다.	
	유형	기능	
	중요도	상	난이도

**3.2 시스템 구성도**

다음 그림은 본 논문의 시스템 구성도로 스마트 멀티 플러그, 주변 환경 측정기, 모니터링 시스템(어플리케이션 및 웹서버) 3가지로 구성되어 있다.



<그림 1> 시스템 구성도

스마트 멀티 플러그는 WiFi기능이 구현된 아두이노 보드(Wemos D1 R1 및 nodeMCU)와 전력값 계산에 활용하는 전류측정센서(ACS712), 전력을 제어하는 릴레이모듈로 구성되어 있다. 센서와 아두이노 보드를 이용하여 전력값을 계산하며, WiFi 통신을 통해 실시간으로 Firebase Realtime Database에 데이터를 저장한다.

주변 환경 측정기는 온습도센서(DHT11), 조도센서(GY-302), 미세먼지센서(PM2008), 가스센서(MQ-2)로 구성되어 있다. 이를 이용하여 가정 내 주변 환경 데이터 수집이 가능하다.

모니터링 시스템(어플리케이션 및 웹서버(Node

Red))을 통해 여러 센서 데이터와 실시간 전력 및 누적 전력 사용량을 확인할 수 있다.

이후 측정된 전력 데이터를 기반으로 에너지 절약 시나리오를 제시한다. 또한, 어플리케이션을 통해 스마트 멀티 플러그의 전력 제어가 가능하다.

#### 4. 시스템 구현

##### 4.1 시스템 기능

본 논문의 시스템은 모두 어플리케이션과 웹서버를 기반으로 한다. 시스템의 기능은 전력 데이터 모니터링, Peak shaving에서 착안한 에너지 절약 시나리오 제시, 스마트 멀티 플러그 전력 제어로 구분된다.

첫째, 스마트 멀티 플러그에 부착된 전류 센서를 통해 사용자의 실시간 전류값이 수집된다. 아두이노를 통해 측정된 전류 값으로 전압, 실시간 전력값, 누적 전력량 그리고 전기 요금을 계산되고, Firebase Realtime Database로 전송된다. DB에 저장된 실시간 데이터는 어플리케이션과 Node Red를 통해 사용자에게 제공된다.

둘째, 전력 데이터를 기반으로 사용자의 평균 전력 사용량을 계산하고, 이를 DB로 전달한다. 계산된 평균 전력량은 부하 평준화의 기준이 되며, 이를 기반으로 에너지 절약 시나리오가 제시된다.

에너지 절약 시나리오 기능을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 실시간으로 평균 전력량 이상의 전력 사용이 확인될 경우, 어플리케이션을 통해 전자기기 사용 시간을 조정할 것을 알려준다. 이때, 주변 환경 측정기를 통해 수집된 실시간 온습도, 미세먼지, 조도 값을 실내권장 범위와 비교하여 불필요한 전자기기를 확인할 수 있게 된다.

셋째, 사용자는 어플리케이션을 이용하여 스마트 멀티 플러그를 원격 제어할 수 있다. 플러그의 개별 전력값을 확인하고, 제어 버튼을 누르면 플러그에 연결된 릴레이 모듈에 신호가 전달된다. 이때, 전달된 신호에 따라 스마트 멀티 플러그의 전류 흐름을 제어한다. 플러그를 직접 제거하지 않아도 어플리케이션 - 아두이노 - 릴레이 모듈의 조합을 통해 제어할 수 있다.

##### 4.2 모바일 흐름도

본 시스템은 모바일 어플리케이션을 통해 전력 사용량, 전기 요금, 사용자 환경 등의 다양한 정보를 받고 전력 사용을 원격으로 제어할 수 있다.



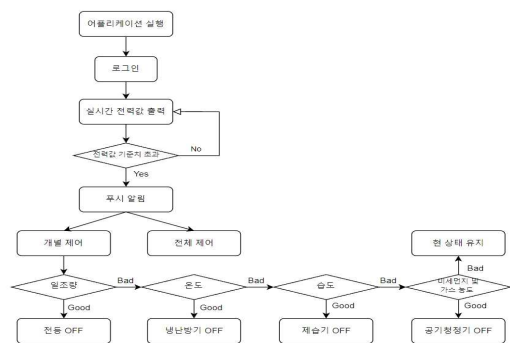
<그림 2> 어플리케이션 구성 화면

<그림 2>는 좌측부터 로그인 및 회원가입 화면, 메인 화면, 개별 전자기기 제어 화면이다.

로그인 및 회원가입 화면은 어플리케이션 실행 시 처음으로 나타난다. 사용자의 보안을 위해 등록된 계정으로만 시스템 사용이 가능하다.

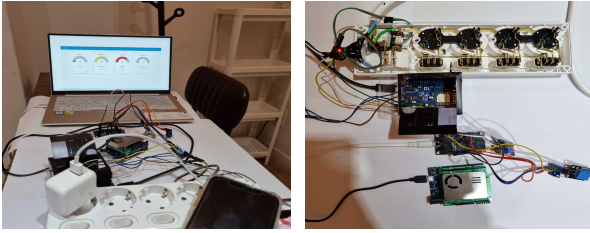
메인 화면에서는 DB에서 받아오는 실시간 전력 사용량, 누적 전력량, 전기요금 데이터를 확인할 수 있다. 실시간 전력 사용량의 경우, 전력을 측정할 때마다 평균전력 사용량을 갱신하며 실시간 전력 사용량이 평균값을 초과할 때 전력 사용량 초과 푸시알림이 나타난다. 이때, 화면 아래의 ON/OFF 버튼을 통해 스마트 멀티 플러그에 연결된 모든 전자기기의 전력 사용을 한 번에 제어할 수 있다. 누적 전력량은 전력량의 누적 적산된 값이다. 전기요금은 ‘한국전력공사’의 주택용(고압) 전기요금을 기준으로 계산하였다.

개별 전자기기 제어 화면을 통해 개별적으로 전자기기의 전력 사용을 제어함으로써 보다 효율적인 전력 사용이 가능하다. 사용자는 전력 사용량 초과 알림을 받은 후에 어떤 전자기기의 전력을 차단하는 것이 효율적인지 파악해야 한다. 이때, DB에 저장된 실시간 조도, 온습도, 미세먼지 수치, 가스 농도 데이터를 활용해 불필요한 전자기기의 사용을 제어한다. 예를 들어, 미세먼지 수치 및 가스 농도가 ‘ 좋음’ 상태일 경우에 공기청정기 사용을 중지하라는 알림이 나타나 공기청정기의 전력을 차단할 수 있다.

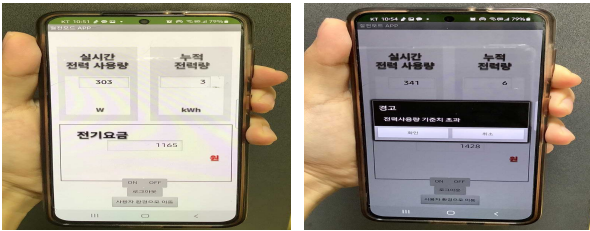


<그림 3> 알고리즘

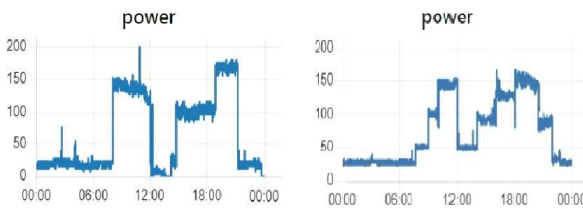
### 4.3 구현결과



<그림 4> 스마트 멀티 플러그, 주변 환경 측정기



<그림 5> 모바일 어플리케이션 실제 구동화면



<그림 6> 시스템 사용 전후 비교(좌: 전, 우: 후)

<그림 4>는 node-red를 활용한 모니터링 화면 및 스마트 멀티 플러그 내부와 센서 프로토타입을 나타낸다. 시장조사 결과, 현재 판매 중인 4구 스마트 멀티 플러그는 4~5만 원 사이의 가격을 형성하고 있었다. 반면, 본 시스템의 주변 환경 측정기를 제외한 가격은 2~3만 원 사이로 비교적 저비용으로 구현하였다. 사용자는 모바일 어플리케이션을 통해 전력 데이터와 전기요금을 확인할 수 있으며, 전력 사용량 초과 알림 및 ON/OFF 버튼을 이용한 전력제어 기능을 사용할 수 있다<그림 5>.

<그림 6>은 하루 동안 본 시스템의 사용 전후를 비교한 결과이다. 왼쪽은 사용 전, 오른쪽은 사용 후를 나타낸다. 시스템 사용 전 전력 데이터에 따르면 08-10시, 18-21시에 전력 사용량이 많았다. IoT를 활용한 에너지 절약 시스템을 적용한 결과, 사용 전에 비해 Peak 값이 낮아지고 시간에 따른 전력 사용량의 편차가 줄어들음을 확인할 수 있다.

### 5. 결론

본 논문은 스마트 멀티 플러그와 어플리케이션을 제작하여 실시간 전력 사용량 모니터링, 전력 시스템 원격 제어 및 에너지 절약 시스템을 구현하였다. 에너지 절약 시스템은 Peak shaving에서 착안하여 가정 내 부하 평균화를 이룰 수 있도록 고안하였다.

시스템 적용 결과, 전력 사용량이 높은 시간대의 부하를 감소시키고 편차를 줄일 수 있는 가능성을 확인했다. 또한, 본 시스템을 통해 가정 내 전력 소비 패턴을 분석한 결과 ‘한국전력거래소’의 작년 한 해 동안 우리나라 전체 발전량 데이터와 유사한 흐름을 확인할 수 있었다. 따라서 이 시스템이 가정뿐만 아니라 더 넓은 범위에 적용된다면 우리나라 전체 전력 사용량을 평준화하고, 전기요금을 줄일 수 있을 것이라 예상된다.

본 시스템은 에너지 절약 시나리오를 제공해 사용자의 원격 제어를 유도하는 것으로 자동 제어의 기능이 결여된 한계가 있다. 향후 인공지능을 결합한 시스템 연구가 요구된다.

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재 양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

### 참고문헌

- [1] 에너지 경제 연구원, (2019), 2019 에너지 통계 연보, pp.197
- [2] 이지환, 이강원, (2020), Micro-Grid 시스템에서 Peak-Shaving을 이용한 PV+ 시스템의 최적 운영 방법, pp. 2-4
- [3] Sin, D. H., Jeong, J. Y., & Gang, S. H. (2013). 사물인터넷 동향과 전망. Review of Korean Society for Internet Information, 14(2), 32-46. pp.1-2
- [4] Baek, Y. C., & Kim, H. S. (2013). 건설 IT 융합기술: 스마트빌딩 기술 개발 사례. Information and Communications Magazine, 30(10), 25-31. pp.1
- [5] Ryu, J. W., & Lee, J. G. (2014). 표준 소개-스마트 플러그 시스템. TTA Journal, 78-83, pp.1-2