

스마트플러그(IOT)를 이용한 대학시설의 전기에너지 사용량 계측 및 분석 사례 연구

A Case Study of Measuring and Analyzing Electric Energy Usage in University Facilities Using Smart Plug

박 준 영* 이 춘 경** 박 태 근***
Park, Jun-Young Lee, Chun-Kyong Park, Tae-Keun

Abstract

The purpose of this study is to demonstrate and analyze the function of a Smart Plug before and after it is applied on the electrical appliances by controlling standby power usage. The research measures and analyzes the amount of electrical energy used while activating the Smart Plug with two types of appliances in a university facilities. The smart plugs were applied into a Group 1 appliances (Multi-function device, computer, laptop, Air con) which completely hinder the standby power, and a Group 2 appliances (Refrigerator, cold and hot water dispenser) which does not completely hinder the standby powers due to the characteristics of the function. First, the total standby power saving of all electrical appliances (Group 1 and Group 2) using the Smart plug was measured as 4.59%. Second, the energy saving of the Group 1 products was analyzed as 26.43%. Third, the standby power saving of the air conditioners from mid October to early December was measured as 31.06%, during the seasons when air conditioning was not actively in use. The research indicates that all specified appliances did have better energy efficiency with the Smart plug regardless of the amount of energy usage.

키워드 : 사물인터넷, 스마트플러그, 건물에너지 절감, 전기에너지 모니터링, 대기전력

Keywords : Internet of Things(IOT), Smart Plug, Building Energy Saving, Monitoring of Electric Energy, Standby Power

1. 서 론

1.1 연구의 목적

국제사회는 2015년 기후변화협약 당사국 총회(COP21)에서 파리협정(신기후체제)를 채택하고 지구의 평균온도를 산업혁명이전 대비 2° C 이상 상승하지 않도록 목표를 설정하였다. 이에 따라 우리나라도 100대 국정과제에서도 온실가스 감축 강화, 사회전반의 기후변화 적응역량 평가체계 구축 등 신기후체제에 대한 이행체계 구축을 포함하였으며, ‘국가 온실 가스 감축 기본 로드맵’에 따라 온실가스 감축 계획을 수립하였다. 이에 따르면 건물부문은 2030년까지 온실가스 배출 전망치대비 35.8 백만톤CO2e를 감축하여 18.1%의 온실가스를 절감하는 것으로 되어 있다.¹⁾

이러한 노력의 일환으로 패시브 건축물에 관한 연구, 제로에너지 건물의 구현, 녹색건축 및 에너지 효율 등급 제도의 도입 등 에너지 절감 등에 관한 다양한 정책과 기술개발을 추진하고 있다. 특히, 에너지 절감 방안의 일환으로 가정, 사무실 등 다양한 건물을 중심으로 스마트 플러그 등이 시범 적용되고 있다.

2017년 에너지 관리 공단에서 발표한 에너지소비신고 업체에 의한, 에너지 소비 통계 핸드북에 따르면, 업종별 분류체계에 의한 2000년의 학교시설의 에너지 소비량(130 천toe)은 아파트, 호텔, 상업용시설에 이어 4위에서 2015년 3위(아파트, 상업용, 학교시설(338 천toe) 순)로 상승하였다. 이 기간 중의 학교시설의 에너지 소비량 증가는 연간 17.33%로서, 이는 전체 연간 평균 증가율 11.44%를 크게 상회하는 것이다.²⁾

이와 같이 급증하고 있는 대학시설의 에너지 절감 전략을 수립하기 위해서는 실제 실험실 등에서 사용되고 있는 에너지 사용량을 모니터링하여 사용패턴, 대기 전력량 등을 분석하여 에너지 절감대책을 구체적으로 수립할

* ㈜엘씨씨코리아 건물에너지환경건설사업부 대리, 공학석사
** ㈜엘씨씨코리아 기술연구소 실장, 공학박사
*** 목원대학교 건축공학과 교수, 공학박사, ㈜엘씨씨코리아 고문
(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Mokwon University, tkpark@mokwon.ac.kr)

이 연구는 2014년도 정보통신산업진흥원(정보통신융합기술개발) 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:11305-13-1029

1) 정해선, 정해권, 김태형, 건축물의 단위 에너지소비에 따른 온실가스 배출량 기준에 관한 연구, 2017년 대한건축학회 추계학술대회논문집 제37권 제2호(통권 제68집), 2017.10., p.530.
2) 에너지관리공단, 국내 에너지 소비 통계자료, 2017, p195.

필요가 있다.

사물인터넷(Internet of Things ; 이하 IOT)에 관한 국내 연구는 <사물 인터넷 기반 건설 프로젝트 성과 측정 원형 개발(이형국 외, 2015)>, <사물 인터넷 기술 기반의 건설 작업자 안전 관리 방안(류한국, 2017)> 등과 <Research of IOT in industrial site(Lee, D., & Lee, S.(2014)> 등이 있었다. 또한 스마트 플러그나 IOT를 이용한 에너지 관련 연구는 <A case study of electricity usage monitoring for deterioration and economic analysis of main equipment in university laboratory, (Park, Jun Young, 2015)>가 있다. 이 연구는 공시된 전기제품의 전기소모량과 일정시점의 실제 전기사용량을 측정하여 이때의 전기 초과사용량 즉, 공시된 전기 소모량 대비 실제 사용 시의 증가분을 노후도로 가정하고 해당 시점의 경제성을 분석한 연구로서 실제 스마트 플러그의 효과를 검증하기에는 한계가 있다. 그러나 IOT는 4차 산업혁명의 주요 아이টে으로써 이의 실제적 효과와 활용방안에 대한 연구가 매우 중요하며, 외국에서는 이를 활용한 에너지 절감 방안에 대한 연구가 활발히 진행되어 많은 성과를 내고 있다.³⁾

이에 본 연구에서는 대학시설의 에너지 절감 방안 도출의 일환으로 대기전력 제어 및 사용자의 에너지 사용 패턴에 따른 스케줄 조정이 가능한 스마트플러그를 활용하여 전기에너지 사용량을 계측하고 이를 분석하여 스마트플러그의 효과를 실증하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 대학 연구실의 전기제품들의 에너지 사용량을 스마트플러그를 이용하여 대기전력 차단전과 차단 후를 측정하고 그 사용량을 비교하는 방법으로 진행된다. 본 연구의 한계로서 사용자의 사용특성이 반영하지 않았다. 또한 사용되는 전기 제품의 고시된 에너지 소모량과 노후도는 고려하지 않는다.

본 실증조사를 위하여 국내에 시판중인 5개의 스마트 플러그 중 성능분석을 통해서 중앙 및 개별제어가 가능하고 본 연구의 목적에 가장 합당하다고 판단되는 P사의 스마트 플러그를 적용하였다(2.3절 참조). 또한 계측대상 전기제품은 대학시설의 일반 연구실에서 광범위하게 사용되고 있는 전기제품을 그 대상으로 하였다.

본 연구의 절차는 Figure 1과 같다.

2. 스마트플러그의 이론적 고찰 및 현황

2.1 스마트플러그의 현황

대기전력은 전기제품이 콘센트에 연결되어 있을 경우 전원이 꺼진 상태에서도 소모되는 전력을 말한다. 이런 대기전력을 제어하기 위해 개발된 스마트플러그는 일반적인 플러그와 유사한 형태이며, 가전제품의 소비전력 정보를 제공하는 통신 기능을 갖고 있고 가전제품이 사용

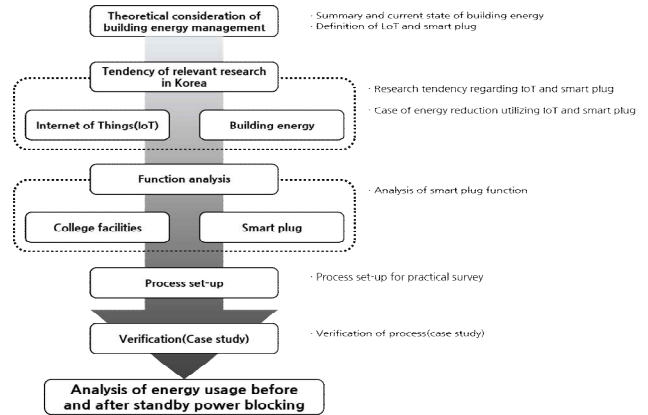


Figure 1. Procedures of research

되지⁴⁾ 않을 때 자동으로 전원을 차단하는 기능을 갖는 플러그로 기존의 전기 플러그에 와이파이(Wi-Fi)나 스마트폰 등의 기능을 추가하여 원격에서 전기를 켜거나 끄는 것은 물론 전기 사용량을 계측할 수 있다. 따라서 스마트 플러그가 설치된 가정이나 사무실에서 전기 과열이나 불필요한 전기의 사용을 측정하고 통제할 수 있다.

대기전력으로 소모되는 전기에너지는 OECD 회원국의 경우 평균에너지소모량의 10~15%, 국내 가정의 경우 6%이상을 차지하고 있어 이를 절약할 경우 국내에서 연간 4천2백억 원 정도의 절감이 가능한 것⁵⁾으로 알려지고 있다. 이와 같은 이유로 국토 해양부는 2010년부터 ‘친환경 주택의 건설 기준 및 성능’에 대한 고시⁶⁾에서 ‘20세대 이상의 공동주택에 대해서는 거실, 침실, 주방에 대기전력 자동 차단 콘센트 또는 대기전력 차단 스위치를 1개 이상 설치해야 한다고 명시하였다. 또한 개별 가구마다 대기전력을 차단할 수 있는 콘센트가 전체 콘센트의 30% 이상 되어야 한다고 의무사항을 조정하였다.

이와 같이 스마트플러그의 수요가 증가함에 따라 대기전력을 차단하기 위한 콘센트는 지난 5년간 많은 발전을 거듭해 왔다. 초기에는 IR 방식의 원격제어를 활용하여 대기전력을 제어하는 시스템이 주를 이루었다면 몇 년 전부터는 좀 더 지능적이고 많은 기능을 처리하기 위한 무선 통신을 활용한 시스템 개발 노력이 진행되고 있다. 2013년 후반부터 스마트플러그와 스마트폰 애플리케이션 간의 상호 호환이 가능해 지면서 스마트플러그에 대한 다양한 기능개발이 이루어 졌다. 최근에 이르러서는 스마트플러그와 애플리케이션의 상용화가 이루어짐에 따라 스마트플러그의 기능으로 실시간 모니터링, 원격제어, 스케줄관리, 전기에너지 소비계측 등의 기능이 가능하다.

4) 이성준, SEP표준 기반의 확장된 스마트플러그 시스템, 제주대학교 박사학위논문, 2015, p.5.

5) 한국전기연구원, 2011년 대한민국 대기전력 실측조사, 2012년 6월, www.keri.re.kr.

6) 국토해양부, ‘건축물의 에너지절약 설계 기준 개정’, 2017년 1월, www.molit.go.kr

3) 김진희 외, 4차 산업혁명의 충격, 흐름출판, 2017, pp. 56~71.

2.2 스마트플러그의 성능기준

국가기술표준원에서는 전기용품안전기준(K 10026)에서 대기전력 자동 차단콘센트(Automatic socket-outline to cut-off standby power)에 대한 안전기준을 고시하였다. 전기용품안전기준(K 10026)은 적용범위 및 목적, 규격, 요구사항 등을 포함하여 총 31개 항목으로 구분7)되어 있다.

2.3 스마트플러그 제품 성능 분석

본 연구에서는 공간 사용자의 패턴을 분석하고 제어하기 위하여 국내에서 활용가능 한 5개의 제품에 대해 기능을 분석하였다. 국내 스마트플러그 제품에 대해 프로그램, 예약기능, 계측기능, 무선제어기능, 경제성 및 제어방식 등 5가지 핵심 기능에 대해 분석하였다.

그 결과 국내외의 5개 제품 중 P사의 스마트플러그가 본 연구에 합당한 성능을 가지고 있다고 판단되었으며 그 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Functions Analysis of domestic smart plug

Division	Program (Plan&Management)	Reservation function (on/off)	Monitoring quantity used(measuring function)	Use of App (wireless control)	Economic feasibility	Control type
P	O	O	O	O	ROI 1-3 years	individual + Central
I	O	O	X	X	X	individual
H	X	X	X	X	X	individual
E	X	O	X	X	X	individual
D	X	X	X	X	X	individual

2.4 P사 스마트플러그의 현황

네덜란드 P사는 소켓식 에너지계측기에 계측기능 및 스위치 기능을 추가하여 국제적 전력기준에 맞춘 플러그 타입을 개발하고, 상용화하고 있다. 또한 스마트플러그 뿐만 아니라 무선 스위치, 온도·습도 측정기, 동작감지기와 연계하여 앱을 이용해 스마트폰이나 테블릿 PC로 송·수신이 가능하도록 하였다. Figure 28)는 P사가 영국 런던의 사무소 건물을 대상으로 스마트플러그를 적용하고 각 실별 전기에너지사용량을 분석한 사례이다. 건물의 규모는 3층 규모이며, 실시간으로 전기에너지사용량을 계측하고 일, 주 단위로 분석하였다.

스마트플러그 적용하여 대기전력차단 전후의 전기 에너지 사용량은 각각 21,817kwh, 17,235kwh로 계측되었다.(Figure 3 참조) 이를 통해 연간 전체사용량의 21%에 해당하는 4,582kwh의 전기에너지가 절감되어 1,237유로의 비용을 절감한 것으로 보고하고 있다.

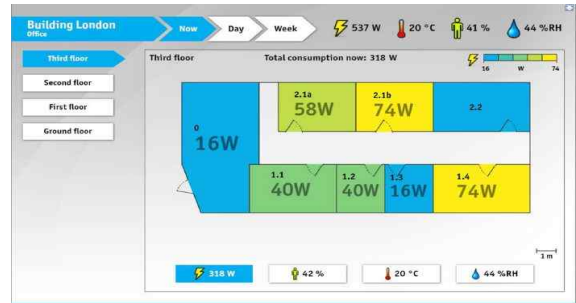


Figure 2. Application cases of smart plug (overseas example)



Figure 3. Reduction cases after application of smart plug (overseas example)

3. 스마트플러그를 이용한 전기사용량 계측/분석

3.1 분석개요

3.1.1 계측대상

본 연구를 위하여 국내 대학시설 중 약 51m² 크기의 M대의 일반연구실을 대상으로 선정하여 전기제품에 대한 전기사용량을 모니터링하여 계측하고 분석하였다.

계측대상인 전기제품은 일반연구실에서 사용하고 있는 복합기, 컴퓨터, 노트북, 에어컨, 냉장고 및 냉온수기 등 6개의 제품을 선정하였으며 6개의 계측대상 제품의 사양은 Table 3과 같다. 이 제품들의 노후도 및 경제성은 선행연구에서 분석되었으나 본 연구에서는 고려하지 않는다.9)

또한 Table 3의 제품들은 대기전력에 따른 특성에 따라 2개의 Group으로 분류할 수 있다. 제1 Group은 대기전력을 차단할 수 있는 제품들로서 복합기, 컴퓨터, 노트북 및 에어컨 등이며, 제2 Group은 제품 사용특성상 대기전력을 차단하는 것이 불가능하여 24시간 사용하는 것들로서 냉장고와 냉온수기 등이다.

7) 기술표준원고시 제2013-175호, 전기용품안전기준 K 10026, 대기전력 자동 차단 콘센트, 2013.

8) www.plugwise.com/nl_NL/

9) Park, Jun Young et. al., A case study of electricity usage monitoring for deterioration and economic analysis of main equipment in university laboratory, The 6th international conference on construction engineering & project management (ICCEPM 2015), 2015. 10. p.706.

Table 3. Information for electrical appliances

Division	Energy efficiency grade	Model	Notified power consumption			
			maximum	standby	low power	power saving mode
Multi-function device	.	SCX-6545N	1.5kw	100w	16w	1.5w
Computer	.	assembled PC				
Laptop	.	SENS R560	annual power consumption reference : 7.7kwh			
Air Con	1st	AP-1536	monthly : 416kwh power consumption : 1850w			
Refrigerator	.	SR-241A	annual power consumption reference : 25.4kwh			
Cold and hot water dispenser	2nd	WFB - 330LA	37.74 kwh/month			

Table 4. Setting for Standby power blockage of each equipment

Device	G1	Multi-function device, computer, laptop Air con	G2	Refrigerator Cold and hot water Dispenser
Blocking hours		(working day) 00:00 ~ 08:00 (8 hours) 19:00 ~ 24:00 (5 hours) (weekend) 00:00 ~ 24:00(24 hours)		None
Use hours		08:00 ~ 19:00 (11 hours)		00:00 ~ 24:00 (24 hours)

Table 4-1. Duration of monitoring

Before standby power blocking	From Oct. 18th, 2014. To Aug. 31th, 2015.(318 days)
After standby power blocking	From Sep. 1st, 2015 To Dec. 2nd, 2015.(93 days)

3.2 대기전력 차단 전 전기사용량 분석

Table 1에서와 같이 기능분석을 통해 선정된 P 스마트 플러그를 활용하여 대기전력 차단 이전 총 318일 동안 6 개의 제품에 대하여 전기사용량을 계측하고, 분석하였다. 계측에 사용되었던 P스마트플러그의 경우 1시간단위로 전기사용량을 측정하여 각 제품별 전기사용량을 확인할 수 있다.(Table 4 참조)

3.2.1 월별 단위시간당 에너지 사용량 분석

약 318일 동안의 계측결과에 의한 월별 시간당 평균 에너지 사용량은 Figure 5, Table 5와 같다.

에어컨의 경우 계절특성이 반영되는 제1Group제품으로서, 2014년 10월부터 익년 3월까지 대기전력에 의해서만 전기가 소비가 되었으며, 4월부터 가동하여 7월에는 일일 평균 약 12.6162kwh의 많은 전기소비량을 보였다. 냉장고의 경우 1월 이후 8월까지 전기에너지사용량이 꾸준히 증가하였으며, 그 밖의 4개의 제품(복합기, 컴퓨터, 노트북, 냉·온수기)은 계절의 변화와 관계없이 비슷한 수준의 전기사용량을 보였다.

3.1.2 대기전력 차단 방법

2014년 10월 18일부터 2015년 8월 31일까지 총 318 일간 계측을 실시한 결과를 바탕으로 사용자패턴을 분석하였다. 그 결과, 사용자가 주로 사용하는 시간은 평일 08시 전후부터 19시 전후까지 인 것으로 확인하였고, 주말의 경우 사용빈도가 불규칙하였다. 위의 사용자 패턴분석을 바탕으로 사용자의 스케줄을 설정하였고 Figure 4, Table 4, Table 4-1과 같이 스마트플러그의 스케줄관리를 통해 2015년 9월 1일부터 2015년 12월 2일까지 대기전력을 차단하고 전기사용량을 계측하였다.

Table 4에서 보는 바와 같이 냉장고와 냉온수기는 제품 특성상 24시간 대기전력 차단 없이 가동하였으며, 기타의 제품은 근무시간(08시~19시)을 제외한 시간과 주말을 모두 스마트플러그의 스케줄관리 기능을 활용하여 각 제품별로 대기전력을 차단하였다.

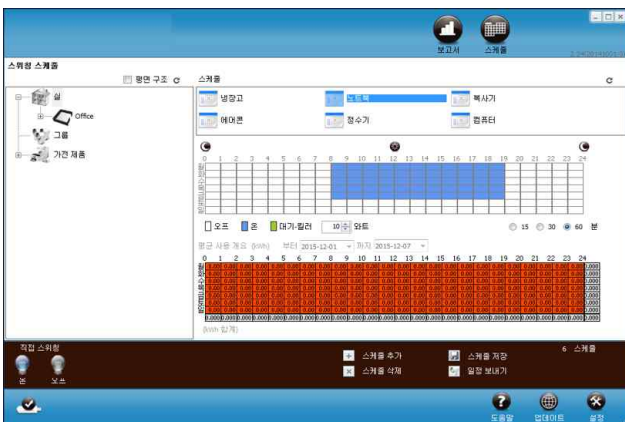


Figure 4. Screen for standby power blockage setting

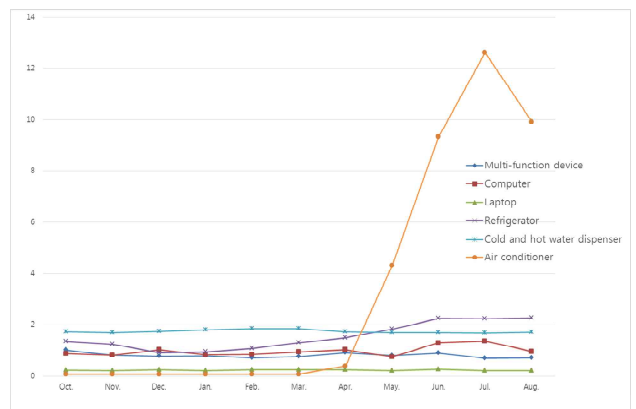


Figure 5. Monthly average electric energy consumption of each equipment (October ~ August)

Table 5. Monthly average electric energy consumption of each equipment (October ~ August)

(Unit : kwh)

Month	G1				G2	
	Multi-function device	Computer	Laptop	Air con.	Refrigerator	Cold and hot water dispenser
Oct.	1.00431	0.87314	0.22875	0.07919	1.33418	1.70890
Nov.	0.81843	0.80633	0.21756	0.07882	1.21911	1.69109
Dec.	0.76057	1.01514	0.23657	0.07822	0.91411	1.73614
Jan.	0.77370	0.82127	0.20224	0.07920	0.94306	1.78932
Feb.	0.70488	0.84089	0.23587	0.07964	1.06668	1.84059
Mar.	0.74779	0.93655	0.24059	0.07981	1.28138	1.83552
Apr.	0.91513	1.01496	0.24198	0.38675	1.47564	1.71965
May.	0.79088	0.74961	0.21734	4.31384	1.83050	1.68915
Jun.	0.89504	1.29557	0.26001	9.33478	2.23231	1.68230
Jul.	0.68465	1.34875	0.20213	12.6162	2.21582	1.66412
Aug.	0.69716	0.94887	0.20266	9.92659	2.25135	1.69959
Avg	0.03286	0.04058	0.00940	0.14901	0.06406	0.07211

3.2.2 평일 사용량 분석

318일간의 자료 중 주말 90일을 제외한 평일 228일간의 시간대별 평균 전기사용량은 Figure 6, Table 6와 같다.

계측기간 동안의 평균 전기사용량은 에어컨이 0.18887(kwh)로 가장 많았으며, 다음으로 냉·온수기와 냉장고의 순서로 나타났다. 냉·온수기와 냉장고의 경우 시간대별 사용량의 변화가 가장 적었다. 이에 반하여 컴퓨터의 경우 전기의 평균 사용량은 적었지만, 근무시간 중의 전기 사용량은 냉·온수기와 냉장고보다 많았다. 복합기의 경우 다른 제품에 비해 근무시간대와 근무외시간의 전기 사용량이 큰 차이가 없었다.

사용시간대별 에너지 사용 계측 결과를 보면, 연구실의 사용자는 평균적으로 08시 이후 제품을 사용하는 것으로 나타났다.(Table 6 참조) 또한 업무시간 외 19시를 기준으로 전기에너지사용량은 현저하게 줄어들었으며, 20시 이후로는 대기전력 상태와 비슷한 수준의 전기사용량이 계측되었다. 계측된 자료를 통해 연구실 사용자는 평균적으로 8시 전후부터 19시 전후까지 제품을 주로 사용하는 것을 확인하였다.

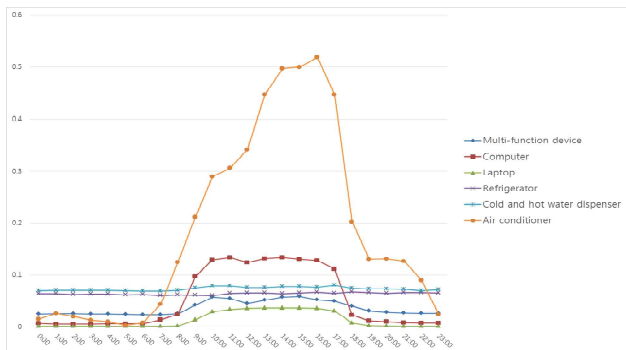


Figure 6. Weekdays electric energy consumption on the basis of hours of usage (October ~ August)

Table 6. Weekdays electric energy consumption (October ~ August)

(Unit : kwh)

Hour	G1				G2		Average
	Multi-function device	Computer	Laptop	Air conditioner	Refrigerator	Cold and hot water dispenser	
00:00	0.02449	0.00738	0.00095	0.01516	0.06451	0.06970	0.03037
01:00	0.02547	0.00603	0.00094	0.02605	0.06424	0.07002	0.03213
02:00	0.02523	0.00597	0.00094	0.01952	0.06290	0.07011	0.03078
03:00	0.02457	0.00593	0.00095	0.01291	0.06360	0.07006	0.02967
04:00	0.02474	0.00629	0.00093	0.01033	0.06340	0.07046	0.02936
05:00	0.02389	0.00614	0.00094	0.00332	0.06238	0.06977	0.02774
06:00	0.02338	0.00624	0.00093	0.00835	0.06301	0.06919	0.02852
07:00	0.02332	0.01373	0.00092	0.04358	0.06105	0.06899	0.03527
08:00	0.02520	0.02369	0.00198	0.12502	0.06233	0.07024	0.05141
09:00	0.04153	0.09696	0.01373	0.21222	0.06177	0.07487	0.08351
10:00	0.05782	0.12928	0.02915	0.28975	0.06077	0.07887	0.10761
11:00	0.05498	0.13446	0.03361	0.30657	0.06496	0.07899	0.11226
12:00	0.04453	0.12393	0.03526	0.34124	0.06589	0.07541	0.11438
13:00	0.05149	0.13242	0.03607	0.44852	0.06546	0.07541	0.13490
14:00	0.05747	0.13426	0.03614	0.49709	0.06391	0.07763	0.14442
15:00	0.05862	0.13069	0.03570	0.50027	0.06532	0.07792	0.14475
16:00	0.05210	0.12813	0.03515	0.51871	0.06688	0.07641	0.14623
17:00	0.04916	0.11149	0.03060	0.44858	0.06484	0.08047	0.13086
18:00	0.03903	0.02242	0.00793	0.20246	0.06788	0.07412	0.06897
19:00	0.03061	0.01184	0.00221	0.13098	0.06607	0.07300	0.05245
20:00	0.02764	0.01065	0.00174	0.13159	0.06515	0.07298	0.05163
21:00	0.02656	0.00875	0.00131	0.12686	0.06600	0.07199	0.05025
22:00	0.02594	0.00754	0.00114	0.08998	0.06616	0.06993	0.04345
23:00	0.02596	0.00774	0.00093	0.02383	0.06548	0.07166	0.03260
Average	0.03598	0.05299	0.01292	0.18887	0.06433	0.07325	0.07139

3.2.3 주말 사용량 분석

318일간의 자료 중 주말에 해당되는 90일간의 평균 전기사용량은 Figure 7과 Table 7과 같다. 또한 근무시간대인 08시부터 19시까지 에어컨의 평균전기사용량 증가는 주말에 연구실 사용자가 간헐적으로 체류하는 것을 의미한다.

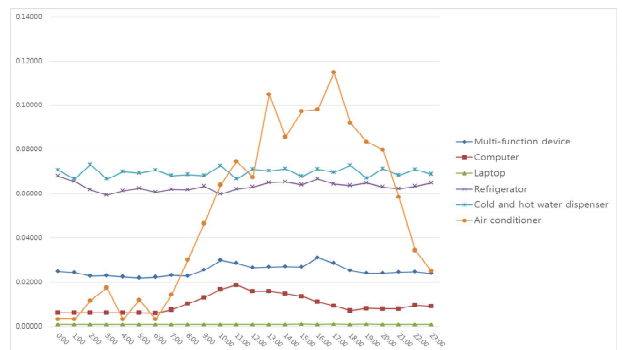


Figure 7. Weekend electric energy consumption on the basis of hours of usage (October ~ August)

Table 7. Weekend electric energy consumption during measuring period(October ~ August)

(Unit : kwh)

Hour	G1				G2		Average
	Multi-function device	Computer	Laptop	Air conditioner	Refrigerator	Cold and hot water dispenser	
00:00	0.02472	0.00638	0.00074	0.00337	0.06806	0.07054	0.02897
01:00	0.02429	0.00630	0.00071	0.00337	0.06559	0.06672	0.02783
02:00	0.02275	0.00629	0.00074	0.01173	0.06185	0.07302	0.02940
03:00	0.02283	0.00629	0.00071	0.01749	0.05947	0.06674	0.02892
04:00	0.02235	0.00633	0.00075	0.00336	0.06144	0.06991	0.02736
05:00	0.02187	0.00629	0.00070	0.01193	0.06255	0.06929	0.02877
06:00	0.02224	0.00628	0.00073	0.00337	0.06081	0.07048	0.02732
07:00	0.02294	0.00763	0.00070	0.01436	0.06210	0.06820	0.02932
08:00	0.02273	0.01038	0.00070	0.03021	0.06188	0.06870	0.03243
09:00	0.02552	0.01314	0.00070	0.04671	0.06353	0.06814	0.03629
10:00	0.02985	0.01678	0.00077	0.06404	0.05994	0.07266	0.04067
11:00	0.02863	0.01852	0.00072	0.07470	0.06227	0.06671	0.04193
12:00	0.02666	0.01586	0.00072	0.06759	0.06322	0.07108	0.04085
13:00	0.02696	0.01590	0.00075	0.10497	0.06498	0.07018	0.04729
14:00	0.02711	0.01477	0.00076	0.08571	0.06543	0.07120	0.04416
15:00	0.02688	0.01356	0.00089	0.09729	0.06414	0.06790	0.04511
16:00	0.03093	0.01116	0.00078	0.09803	0.06673	0.07095	0.04643
17:00	0.02862	0.00939	0.00083	0.11475	0.06436	0.06957	0.04792
18:00	0.02525	0.00734	0.00077	0.09200	0.06387	0.07270	0.04365
19:00	0.02400	0.00817	0.00082	0.08355	0.06493	0.06711	0.04143
20:00	0.02393	0.00808	0.00074	0.07983	0.06318	0.07114	0.04115
21:00	0.02440	0.00802	0.00079	0.05852	0.06244	0.06829	0.03708
22:00	0.02449	0.00962	0.00070	0.03440	0.06344	0.07089	0.03393
23:00	0.02382	0.00924	0.00075	0.02507	0.06491	0.06886	0.03211
Average	0.02516	0.01007	0.00075	0.05110	0.06338	0.06962	0.03668

Table 6과 Table 7을 분석한 Table 8의 결과에 따르면, 계측기간 동안의 평일대비 주말의 평균 전기사용량의 비율(0.03668kwh / 0.07140kwh)은 51.4%에 불과하다. 각 제품별 주말/평일 사용량 비는 냉장고, 냉·온수기, 복합기, 에어컨, 컴퓨터 및 노트북이 각각 98.5%, 95.0%, 69.9%, 27.1%, 19.1% 및 5.8%의 비율을 보이고 있다.

전술한 바와 같이 제2 Group 제품(냉장고, 냉온수기)을 제외한 제1 Group 제품들은 주말에는 거의 사용이 되지 않기 때문에 전기사용량이 매우 적다.

Table 8. Analysis of electric energy usage before standby power blockage (Unit : kwh)

Division	G1				G2		Average	
	Multi-function device	Computer	Laptop	Air conditioner	Refrigerator	Cold and hot water dispenser		
Week-days usage	Work-ing hours	0.04836	0.10616	0.02685	0.35368	0.06455	0.07639	0.22725
	Out of Work-ing hours	0.02552	0.00802	0.00114	0.04942	0.06415	0.07060	0.03676
	Average	0.03599	0.05300	0.01292	0.18887	0.06433	0.07326	0.07140

Week-end usage	Work-ing hours	0.02719	0.01335	0.00076	0.07964	0.06367	0.06998	0.04243
	Out of Work-ing hours	0.02343	0.00730	0.00076	0.02695	0.06314	0.06932	0.03182
	Average	0.02516	0.01007	0.00075	0.05120	0.06338	0.06962	0.03668
week-days + Week-end	Work-ing hours	0.04223	0.07931	0.01930	0.27440	0.06429	0.07454	0.09234
	Out of Work-ing hours	0.02492	0.00781	0.00102	0.04292	0.06386	0.07023	0.03513
	Average	0.03286	0.04058	0.00940	0.14901	0.06406	0.07221	0.06135
Ratio	Work-ing hours	56.2	12.6	2.8	22.5	98.6	91.6	18.7
	Out of Work-ing hours	91.8	91.1	64.5	54.5	98.4	98.2	86.6
	Average	69.9	19.0	5.8	27.1	98.5	95.0	51.4

3.3 대기전력 차단 후 전기 사용량 분석

3.3.1 대기전력 차단 후 월별 에너지 사용량 분석

대기전력을 차단한 2015년 9월 1일부터 12월 2일까지 93일간 데이터를 월별로 정리한 결과는 Table 9와 같으며, 에어컨의 에너지사용량이 가장 많은 달은 9월로 나타났다. Table 9의 결과를 대기전력 차단전의 에너지 사용량을 분석한 Table 5의 결과와 비교하였다. 이 비교는 근무외시간과 주말을 포함한 것이다.

Table 9. Analysis of energy usage after standby power blockage(Monthly)

(Unit : kwh)

Month	G1				G2	
	Multi-function device	Computer	Laptop	Air conditioner	Refrigerator	Cold and hot water dispenser
Sep.	0.46833	0.79231	0.20657	5.07312	2.04368	1.70112
Oct.	0.39789	0.81326	0.21178	0.67349	1.66112	1.68552
Nov.	0.39572	0.86190	0.21219	0.02318	1.48920	1.73052
Dec.	0.87570	1.63805	0.34105	0.03225	1.50950	1.85090
Avg.	0.01244	0.02429	0.00616	0.03970	0.07102	0.07022

제1 Group의 복합기, 컴퓨터, Laptop, 에어컨의 대기전력 차단 전 대비 차단후의 에너지 사용량 평균비는 각각 37.86%, 59.85%, 66.53%, 26.64%로서 4개의 제품의 산술평균 사용량의 비는(차단전G1/차단후G1) (0.08259/0.23185)은 35.62%에 달하고 있다. 또한 제2Group의 냉장고와 복합기의 대기전력 차단 전 대비 차단 후의 에너지 사용량 비를 보면, 각각 110.86%, 97.37%가 되어 대기전력 차단 전 후의 비(차단전 G2/차단후 G2)는 (0.14124/0.13617) 103.72%로 분석되었다.

전술한 바와 같이 제2 Group의 제품은 사용특성상 대기전력을 차단하지 않았기 때문에 환경적 요인에 의해서 전기사용량이 증가하였다.

3.3.2 대기전력 차단 후 시간대별 주간 에너지 사용량 분석

Figure 8은 Table 10을 그래프로 나타낸 것으로서 Table 10에서 보는 바와 같이 제1 Group은 근무외시간과 주말에는 대기전력을 차단하였기 때문에 에너지 사용량이 전혀 없다. 따라서 주말은 에너지 사용량이 전혀 없으며 주중에는 근무시간에만 에너지가 사용되었다. 따라서 대기전력 차단후의 근무시간 대비 근무외시간의 전기 사용량 비율, 주중 대비 주말의 전기 사용량 비는 의미가 없다.

Table 10. Weekdays electric energy usage after standby power blockage(September ~ December) (Unit : kwh)

Divi-sion	G1				G1		Avera-ge
	Multi-function device	Comp-uter	Laptop	Air conditi-oner	Refriger-ator	Cold and hot water dispen-ser	
00:00	0	0	0	0	0.07000	0.06861	0.02310
01:00	0	0	0	0	0.07059	0.06897	0.02326
02:00	0	0	0	0	0.06984	0.06905	0.02315
03:00	0	0	0	0	0.07046	0.07018	0.02344
04:00	0	0	0	0	0.07034	0.07063	0.02350
05:00	0	0	0	0	0.06938	0.06837	0.02296
06:00	0	0	0	0	0.06593	0.06832	0.02238
07:00	0	0	0	0	0.06765	0.06635	0.02233
08:00	0.02462	0.01463	0.00084	0.00845	0.06975	0.06715	0.03091
09:00	0.026	0.05299	0.00669	0.01120	0.06930	0.07211	0.03971
10:00	0.03177	0.06654	0.01541	0.05075	0.06925	0.07193	0.05094
11:00	0.02999	0.06900	0.01715	0.06292	0.06920	0.07119	0.05324
12:00	0.02431	0.06260	0.01769	0.08782	0.06878	0.07307	0.05571
13:00	0.02817	0.06182	0.01797	0.14592	0.07613	0.07227	0.06705
14:00	0.03007	0.06166	0.01769	0.20941	0.07260	0.07100	0.07707
15:00	0.03071	0.06210	0.01738	0.23834	0.07610	0.07104	0.08261
16:00	0.02803	0.06484	0.01741	0.26811	0.07720	0.07107	0.08778
17:00	0.02580	0.05561	0.01529	0.16539	0.07299	0.07257	0.06794
18:00	0.0191	0.01114	0.00432	0.04892	0.07263	0.07202	0.03802
19:00	0	0	0	0	0.07085	0.06996	0.02347
20:00	0	0	0	0	0.07267	0.0722	0.02414
21:00	0	0	0	0	0.07145	0.07073	0.02370
22:00	0	0	0	0	0.07101	0.06696	0.02299
23:00	0	0	0	0	0.07038	0.06964	0.02334
Average	0.01244	0.02429	0.00616	0.05405	0.07102	0.07022	0.03970

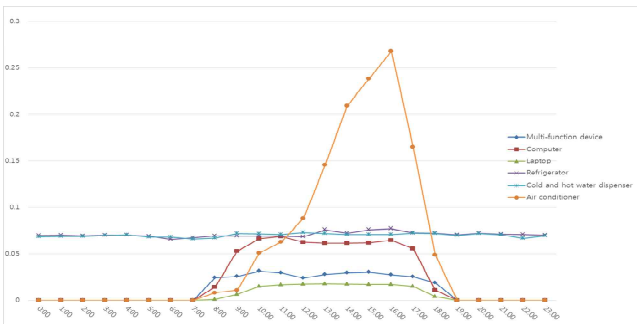


Figure 8. Electric energy consumption on the basis of use hours for each equipment after standby power blockage (September ~ December)

4. 대기전력차단 전 후의 에너지 절감 효과 분석

Table 11는 대기전력차단 전후의 전기에너지 소모량을 평일과 주말로 구분하여 제품별로 정리한 것이다. 데이터 비교는 대기전력차단전과 후의 측정기간이 겹치는 10월 18일부터 익년 12월 2일까지 동일한 기간의 에너지 소모량을 비교하였으나 2015년과 2016년의 온도변화는 고려하지 않았다(Table 5와 Table 9의 계측 값과는 다르다). 약간 검게 칠해져 있는 부분은 대기전력 차단전의 데이터이다. Table 12는 Table 11을 이용하여 대기전력 차단 전후의 비를 정리한 것이다. G1과 G2를 모두 포함한 전체적인 대기전력 차단 후의 전기에너지 소모량은 차단전의 95.41%에 달하고 있다. 따라서 전체적으로 절약된 에너지는 4.59%로 계측되었다. 전기제품별 대기전력 차단효과가 가장 큰 것은 제1 Group의 에어컨과 복합기로 대기전력 차단전후의 비는 각각 31.06%와 46.50%이다. 컴퓨터와 Laptop은 각각 99.04%와 97.24%의 비를 나타내어 대기전력 차단효과는 다른 전기제품에 비하여 미미한 실정이다. 제2 Group의 냉장고와 냉온수기는 대기전력을 차단하지 않았기 때문에 실질적인 에너지 절감효과가 없을 뿐만 아니라 소모된 에너지는 오히려 증가하였다.

대기전력을 차단하지 않은 제2Group을 제외한 제품의 에너지 소모량을 비교하면 대기전력 차단전후의 에너지 소모량 비는 73.57% (0.06236/0.08476 kwh)에 달하여 26.43%의 에너지 절감효과가 발생하였다. 이는 P사에서 스마트 플러그를 이용하여 절약한 에너지 절감효과 20.0% 보다도 큰 수치(Figure 3 참조)이다.

Table 11. Energy consumption before and after standby power blockage

(Unit : kw/h)

Divis-ion	G1				G2		Average
	Multi-f unction device	Compute -r	Laptop	Air conditio-ner	Refrige -rator	Cold and hot water dispen -r	
week-days	0.03989	0.04920	0.01321	0.00327	0.05329	0.07206	0.03849
week-end	0.02910	0.00425	0.00075	0.003324	0.04957	0.06779	0.02580
Total	0.03660	0.03552	0.00942	0.00322	0.05216	0.07076	0.03461
week-days	0.02372	0.04903	0.01277	0.00139	0.06571	0.07321	0.03764
week-end	0	0	0	0	0.05947	0.06828	0.02129
Total	0.01702	0.03518	0.00916	0.00100	0.06395	0.07182	0.03302

Table 12. Comparing of energy consumption(BSPB/ASPB)
(Unit : kw/h)

Percentage before and after standby energy blocking		Weekday	Weekend	Average
G1	Multi-function device	59.46	N/A	46.50
	Computer	99.65	N/A	99.04
	Laptop	96.67	N/A	97.24
	Air conditioner	41.51	N/A	31.06
G2	Refrigerator	123.31	119.97	122.60
	Cold/hot water dispenser	101.60	100.72	101.50
Total		97.79	N/A	95.41

REFERENCES

1. Jeong, Y. S., & Jung, H. K., & Kim, T. H. (2017). A Study on the Greenhouse Gas Emission by Unit Energy Consumption of Buildings, *Proceeding of Autumn Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 37(2), 530.
2. Lee, S., & Park, J., & Lee, E., & Cho. K. (2014). A Survey on Energy Consumption in Operational Level for Apartment Houses, *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 34(1), 227.
3. Korea Agency for Technology and Standards. (2013). 2013-175, the plaintiff, technology and standards.
4. Korea Energy Management Corporation. (2017). 2017 Handbook of Energy-Saving & Economic Statistics in Korea. Energy Conservation Statistics. <http://www.energy.or.kr>
5. Park, J. Y. et. al. (2015). A case study of electricity usage monitoring for deterioration and economic analysis of main equipment in university laboratory, *The 6th international conference on construction engineering & project management(ICCEPM 2015)*.
6. Ryu, H. G. (2017). Safety management method for construction works based on IOT(Internet of things), *Proceeding of Spring Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 37(1), 873 - 874.
7. Lee, H. G., & Lee, H. C., & Lee, D. E. (2015). Developing IOT-based Construction Progress Measurement Prototype, *The Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 31(11), 79-89.
8. Kim, J. H. et. al. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*, Heu-reum Publication Co.
9. LEE. S. J. (2015). An Extended Smart Plug System Based on SEP Standard, Jeju National University Graduate School, Department of Computer Engineering, Ph.D. Thesis.
10. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *The Guideline for Energy Efficient Building Design (2004)*. The Guideline of Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2004-459. www.molit.go.kr
11. Korea Electrotechnology Research Institute, *Field survey in Standby Power Usage of Korean Buildings in 2011(2012)*. www.keri.re.kr

(Received Feb. 4 2016 Revised May 10 2016 Accepted Sep. 14 2018)

5. 결 론

본 연구에서는 대학시설을 대상으로 사물인터넷(IoT) 기술을 기반으로 하는 스마트플러그를 활용하여 전기제품의 대기전력 차단전과 차단후의 에너지 소비량을 계측하였다. 이를 위하여 대전광역시에 위치하고 있는 M대의 일반연구실을 대상으로 6개의 계측대상제품을 선정하고 모니터링을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 계측된 모든 전기제품의 대기전력 차단으로 4.59%의 에너지 효과를 확인할 수 있었다.

둘째, 대기전력차단효과가 가장 큰 제1 Group의 제품(컴퓨터, 노트북, 복합기, 에어컨)들의 대기전력 차단 전 후비는 73.57%로 확인되어 에너지 절감효과는 26.43%로 분석되었다.

셋째, 대기전력을 차단하지 않은 제2Group의 제품(냉장고, 냉온수기)는 대기전력 차단후의 에너지 사용량이 약간 증가하였으며 이는 에너지 사용 환경의 변화(주로 날씨변화에 의한 실내온도 변화)에 의한 것으로 판단된다. 이 계측의 의미는 실제적으로 냉장고와 냉온수기의 에너지 사용량을 실증적으로 검증하는데 의미가 있다.

넷째, 10월 중순부터 12월초까지 계절적 요인과 사용자의 사용특성으로 인하여 에너지 사용량이 많지 않았던 에어컨의 경우, 대기전력 차단효과는 31.06%로서 실제적인 에너지 절감효과는 68.98%로 분석되었다.

본 연구에서는 한정된 대학시설과 전기제품을 대상으로 실시하였기 때문에 대기전력 차단 효과의 활용 범위가 한정적이라고 할 수 있다. 따라서 향후에 대학시설에 관련된 광범위한 데이터를 바탕으로 건물에너지 절감방안에 대한 추가 연구가 필요하다.