

도플러 센서를 적용한 대기전력 자동 차단복구 장치

박양재
가천대학교 컴퓨터공학과 교수

Development of Automatic Shutdown and Recovery Device for Standby Power using Doppler Sensor

Yang-Jae Park
Professor, Dept. of Computer Engineering, Gachon University

요 약 본 논문에서는 사용하지 않는 전기제품에서 불필요하게 소비되는 대기전력을 절감하기 위한 장치를 개발하였다. 도플러 센서를 사용하여 사람이 콘센트 주변에 존재 유무에 따라 콘센트의 전원공급과 차단을 자동으로 수행하는 장치이다. 도플러 센서는 동축 케이블 트랩을 사용하여 송신 안테나를 설계하였으며 10GHz 대역의 RF신호를 방사하여 대상 물체로부터 반사된 파장이 변화된 반사파 신호를 수신부로 수신하여 물체를 감지하여 사람의 접근을 인지하도록 하였다. 대기전력을 자동으로 차단 및 복구하여 불필요한 전력소모를 방지하여 에너지를 절약하고 누설전류에 의한 대형 화재의 위험성을 방지할 수 있는 대기전력 자동 차단 및 복구 장치를 개발하였다.

주제어 : 대기전력, 대기전력차단, 에너지 절감, 도플러 센서, 홈 네트워크

Abstract In this paper, we have developed a device to reduce the standby power consumption that is unnecessarily consumed in unused electrical appliances. The Doppler sensor is used to automatically power off and power off the outlet depending on whether or not a person is present near the outlet. The Doppler sensor uses a coaxial cable trap to design a transmitting antenna and emits a 10 GHz band RF signal and receives a reflected wave signal whose wavelength is reflected from the target object to the receiver to detect an object and recognize human approach. It automatically cuts off and restores standby power to prevent unnecessary power consumption, saving energy and developing a standby power automatic shutdown and recovery device that can prevent the risk of large fires caused by leakage current.

Key Words : Standby power, Standby power off, Energy saving, Doppler sensor, Home network

1. 서론

오늘날 수많은 전자기기의 증가로 인하여 기존의 발전 설비의 증설이 필요하게 되었다. 대기전력의 정의는 공급전원을 오프 상태에서도 전기제품이 소비하는 전력을 말하며 전기제품이 동작하지 않아도 사용자도 모르게 전기가 소모되어 개인에게는 불필요한 전기요금과 국가에

게는 매우 큰 에너지 낭비의 주원인이 되고 있다. 우리나라의 가정 내 대기전력을 다량으로 소비하는 기기는 순서는 셋톱박스, 인터넷 모뎀, 스텐드형 에어컨, 보일러, 유무선 공유기, 전기밥솥, 컴퓨터와 프린터로 대기전력이 많이 소모되고 있으며, 인터넷 전화기, 선풍기, 휴대폰 충전기로 상대적으로 낮은 대기전력으로 조사 되었다[1]. 우리나라 가구당 평균 20여대의 가전기기를 소유하고

*Corresponding Author : Yang-Jae Park(parkyj@gachon.ac.kr)

Received July 18, 2019
Accepted October 20, 2019

Revised August 27, 2019
Published October 28, 2019

있으며, 전체 가정용 대기전력량은 약 600MW로 화력 발전소 1기(500MW급)이상의 전력을 소모한다는 의미이고, 한 가정에서 불필요하게 소비되는 대기전력량은 전체 소비전력의 약 6% 이상을 차지하며, 낭비되는 대기전력으로 인하여 한 가구당 월 2천원 가량의 전기세를 더 지불하고 있다[2,3].

따라서 본 연구에서는 가정 내에서 전자제품의 대기 전력을 수동으로 전환하는 방식이 아닌 도플러 센서를 대기전력 절감 장치에 적용하여 사람이 콘센트 근처에 접근하면 자동으로 전원을 인가하여 전원을 활성화하고 거리가 멀어지면 자동으로 전원을 차단-복구하여 대기전력을 절감하는 장치를 개발 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 대기전력

오늘날 여러 종류의 사물에 센서와 통신 장치를 내장하여 인터넷을 통하여 데이터를 주고받는 IoT 기술이 스마트폰과 융합되어 여러 가지 서비스를 생산하고 있으며, 많은 가전제품에도 에너지 절약하는 기술이 적용되고 있다. 가정에서 사용하고 있는 가전제품들은 사용빈도가 높거나 낮아도 항상 콘센트에 연결된 상태로 장시간 방치하는 경우가 많다.

대기전력이란 전자기기가 전원과 연결된 상태에서 사용되고 있지 않을 경우와 외부에서 켜짐 신호를 대기하는 상태에서 불필요하게 소모되는 전력을 말한다.

국내 가전기기 대기전력을 실측하여 조사한 결과에 따르면 가전기기의 대기전력 크기별 분포는 Table 1과 같이 0.1W ~ 3.0W의 비율을 57%이며 3.0W ~ 10W 이상이 36%를 차지하고 있다[4].

2.2 대기전력 절감 시스템

대기전력을 절감할 수 있는 방법에는 사람이 사용하지 않는 전자기기를 콘센트에서 제거하는 방법과 전원 콘센트에 스위치를 장착하여 전원을 온-오프하는 방식, 기존 멀티탭 콘센트에 무선통신프로토콜인 지그비 통신모듈을 내장하여 사용자가 서버로 전자기기의 전원을 온-오프하는 방식이 있다[5,6].

다른 방식으로는 블루투스 통신 모듈을 멀티탭 콘센트에 내장하여 서버와 연결 후 사용자가 원격으로 멀티탭을 제어하는 방식이 있다.

이 방식은 블루투스의 통신 방식이 일대일 페어링 방식으로 동시에 여러 개의 멀티탭을 제어할 수 없는 단점이 있으며, 스마트 멀티탭, LED조명등, 전자 도어락을 스마트폰 앱으로 관리하는 방식으로 라즈베리파이를 서버로 사용하는 방식도 있다[7]. Fig. 1은 홈서버를 이용하여 스마트 멀티탭을 제어하는 시스템의 구성도이다[8].

Table 1. Distribution of household appliances by standby power (825 samples in total)

Standby power per device	Ratio
≤ 0.1W	7
0.1W < ≤ 0.1.W	24
1.0W < ≤ 3.0W	33
3.0W < ≤ 5.0W	18
5.0W < ≤ 10.0W	13
10.0W <	5

미국에서는 서버리스 대기전력절감 장치인 피봇 파워 지니어스라는 제품이 출시되었는데 이 제품은 멀티탭에 와이파이 통신 모듈을 탑재하여 서버 없이도 스마트폰 앱으로 멀티 탭을 원격으로 제어가 가능하나 기존의 멀티탭과 같이 직접적인 전원제어는 불가능한 단점을 가지고 있다[9].

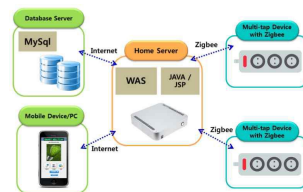


Fig. 1. Configuration diagram of smart multi-tap control system

스마트 멀티탭 시스템은 스마트 멀티탭 콘센트, 와이파이 공유기, 제어 애플리케이션 앱으로 구성되며 스마트 멀티탭 콘센트에는 마이크로프로세서와 와이파이 통신 모듈이 탑재 되어 있어 외부와 통신과 제어 명령을 처리할 수 있는 장치이다. 제어 애플리케이션 앱은 외부에서 스마트 멀티탭 콘센트의 상태를 확인하고 제어하기 위한 프로그램으로 Fig. 2와 같다.

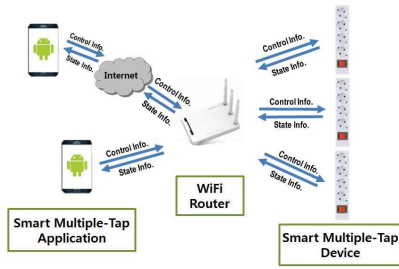


Fig. 2. Smart Multi-tap System

2.3 도플러 효과

도플러 센서의 원리는 방사된 마이크로파 신호가 움직이는 대상 물체에 반사되면, 신호 주파수는 대상물체의 이동속도에 비례하여 변화한다. 주기가 일정한 이동물체로부터 반사된 신호 주파수는 같게 유지되나 위상은 시간의 변화에 비례하여 변화한다. 부하를 갖는 전송선로의 위상변화는 Fig. 3과 같이 물체의 이동속도 변화에 비례하여 위상의 변화 위치도 $x(t)$ 에 비례한다.

(식1)은 f_0 는 입력신호주파수, v 는 이동 물체의 속도, c 는 광속도 상수(3×10^8 m/s), f' 는 변경 주파수, λ 는 입력신호의 파장이며, $x(t)$ 는 물체의 변경 위치이다. 변경 위치와 크기가 파장의 크기와 비교하여 작을 때, 위상 변화값은 작아진다.

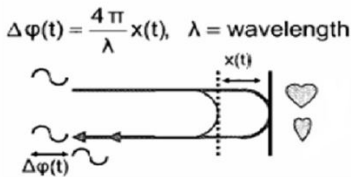


Fig. 3. Doppler effect due to object motion

그리고 변화값이 변조된 위상신호는 기준 신호와 결합하여 혼합기에서 복조된다. 복조신호는 물체의 변화된 위치에 비례한다[10].

$$f' = \frac{f_0}{1 - \frac{v}{c} \cos \theta} \approx f_0 \left(1 + \frac{v}{c} \cos \theta\right)$$

$$= f_0 + f_0 \frac{v}{c} \cos \theta = f_0 + \frac{v}{\lambda} \cos \theta$$

$$2\pi t \cdot f' = 2\pi t \left(f_0 + \frac{v}{\lambda} \cos \theta\right)$$

$$= 2\pi f_0 t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (v \cdot \cos \theta) t$$

$$= 2\pi f_0 t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2x(t)$$

$$= 2\pi f_0 t + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)$$

$$= 2\pi f_0 t + \Delta \phi(t) \tag{식1}$$

3. 본론

3.1 대기전력 자동차단 복구 장치의 구성

대기전력 자동 차단복구 장치는 현재 전자기기가 사용되고 있지 않은 상태 또는 대기상태로 콘센트에 플러그가 연결되어 불필요하게 소모되는 전력을 차단하여 에너지를 절약하는 장치이다.

기존의 대기전력 차단 장치는 사람이 콘센트에 연결된 전자기기의 플러그를 뽑지 않고 스위치를 오프 시키면 절연 상태가 유지되어 대기전력의 소모를 방지하는 시스템이었으나 본 연구에서는 사람이 스위치를 조작하지 않고 콘센트 근처에 사람이 접근하면 도플러 센서가 감지하여 자동으로 콘센트의 전원을 공급하고 멀어지면 자동으로 차단하는 시스템을 설계하였다.

시스템의 구성은 교류전원을 공급하는 교류 전원부, 교류 전원을 직류로 변환하는 교류-직류 전원 변환부, 여러 개의 콘센트 단자에 플러그가 연결 및 해제 시 대기전력 차단 콘센트의 부하 값을 감지하여 전류레벨 값을 제어부에 전달하는 전류 센서부, 움직이는 사람이나 물체를 감지하여 감지정보를 제어부로 전달하는 도플러 센서가 있으며 제어부로부터 차단-복구 명령을 수신하여 콘센트에 예비전원을 공급하거나 차단하는 전원 제어부, 장치의 사용 중에만 동작하는 릴레이부(Relay), 플러그 삽입 감지부와 도플러 센서와 연결되며, 장치의 동작을 제어하여 각 부의 동작명령을 전달하는 제어부, 플러그 인-아웃되는 장치 고유번호가 할당된 여러 개의 콘센트 단자로 구성된 콘센트부로 구성된다. 시스템 구성도는 Fig. 4와 같다.

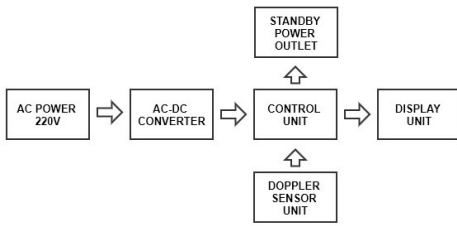


Fig. 4. System configuration diagram

3.2 도플러 센서 시스템

도플러 효과는 파동을 방사하는 파원과 측정자 중에서도 또는 둘 중 하나가 움직일 때 파동의 진파속도와 측정자의 상대속도에 의하여 파원의 고유 진동수와 다른 진동수로 나타나는 효과가 발생한다. 파원과 측정자 사이의 거리가 가까워질 때에는 파원의 파동 주파수가 더 높게(파장이 작아지고 소리의 주파수가 짧고 파원의 고유 진동수 보다 더 많은 진동수, 더 높은 소리), 거리가 멀어질 때에는 파원의 파동의 주파수가 더 낮게(파장이 길어지고 소리의 주파수가 길고 파원의 고유 진동수보다 더 작은 진동수, 더 낮은 소리) 측정된다.

마이크로파 도플러 센서는 마이크로파의 방사점과 이동물체 사이에 서로 이동 할 경우에는 정지한 경우와 다르게 관측되는 특성이 있다.

본 연구에서 도플러 센서부는 송신부, 혼합부 및 IF 신호 검출 및 수신부와 도플러 센서의 RF부, 신호 증폭부, 제어부, 및 전원부로 Fig. 5와 같이 구성된다.

10GHz 대역의 광대역 특성을 가진 안테나의 송신부로부터 10GHz 대역의 RF 신호를 방사하여 대상물체로부터 반사된 파장이 변화된 반사파 신호를 수신부로 수신하는 시스템이다.

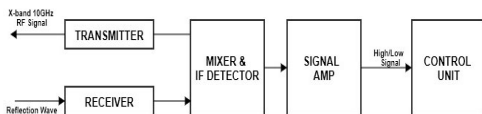


Fig. 5. Doppler Sensor Part configuration diagram

도플러 센서에서 반사파를 수신기에서 수신하고, 혼합기 및 IF 신호 검출부에서 검출된 작은 신호를 증폭기에서 증폭하여 High/Low 신호를 생성한다. 이 신호를 전

송받은 제어부의 기능은 대상이 물체나 사람인 경우 5V(high상태), 비검출시 0V(low 상태)에 해당하는 제어 동작 신호를 생성한다.

10GHz 대역의 RF신호를 송신부 안테나에서 방사하기 위해 송신 안테나는 동축 케이블 트랩을 사용하여 설계하여 도플러 센서의 지향성을 개선하였다. 도플러 센서 송신 안테나의 방사 패턴을 사용하는 경우 보다 더 넓은 각도로 반사파를 수신하고 온도, 습도, 소음 먼지와 같은 다양한 환경에서도 물체와 사람을 감지 할 수 있도록 설계하였다.

안전장치로 도플러 센서에 물체나 사람이 감지되면 전원 제어부의 전원을 활성화 시키고, 전류 센서부는 전기 제품의 사용 상태에 의해 특정값 이상이면 전류 레벨 값이 준비 활성화 상태가 되고 감지되지 않으면 릴레이부의 전원을 비활성화하여 콘센트의 전원을 차단하는 장치이다.

3.3 도플러 센서 송수신 안테나 특성

도플러 센서의 출력 주파수는 방사된 마이크로파를 반사하는 이동 물체의 속도와의 비례관계이며, 출력전압의 크기는 대상 물체의 반사율과 크기에 비례한다. 대부분로 유전율이 높은 절연체와 금속 물질은 반사율이 높아서 출력전압이 상대적으로 크게 표시된다[11-13].

도플러 효과는 음파 또는 전파의 방사점 또는 측정점 접근하거나 멀어짐에 의해서 걸보기 수신 주파수가 변화하는 현상으로 방사점과 측정점 사이의 거리가 근접하면 걸보기 수신 주파수가 높아지고, 멀리 떨어지면 낮아지는 현상을 이용하여 사람이 멀리 콘센트에 근접하면 전원을 인가하고 멀어지면 전원을 차단하도록 설계하였다.

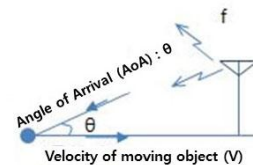


Fig. 6. Doppler Shift

대상 물체가 이동할 때, 도플러 효과로 인한 걸보기 수신 주파수의 변동은 Fig. 6과 같이 도플러 천이(이동물체의 속도 v , 전송 주파수(f_0), 전파 도래각(Angle of Arrival))으로 (식2)와 같이 표현된다.

$$f_D = \frac{1}{2\pi} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{v}{\lambda} \cos\theta = \frac{fv}{c} \cos\theta \quad (\text{식2})$$

전파 도래각(AoA)은 전파의 방향에 따라서 결정된다.

$\theta = 0^\circ$ (전파방향과 반대)일 경우

$$\therefore f_0 = (+) (v f / c) = (+) (v / \lambda),$$

$\theta = 90^\circ$ (전파방향과 수직)일 경우

$$\therefore f_0 = 0$$

$\theta = 180^\circ$ (전파방향과 동일)할 경우

$$\therefore f_0 = (-) (v f / c) = (-) (v / \lambda),$$

도플러 주파수 천이는 이동방향이 전파방향과 반대이면 양(+), 같으면 음(-), 수직이면 거의 변화가 없으므로 최대 도플러 주파수 천이 근사식은 식(3)과 같이 표현할 수 있다. f_{Dmax} 는 최대 도플러 천이 주파수, 이동물체의 이동속도 v , 빛의 속도 상수 $c = 3 \times 10^8$ m/s, 전송 주파수(f_0)로 최대 도플러 천이 주파수는 전송 주파수와 이동 속도에 비례하여 커지게 된다[14,15].

$$f_{Dmax} = \frac{v}{c} f_0$$

$$\approx \frac{v}{3 \times 10^8 \frac{m}{s}} \cdot \frac{3600 s}{h} \cdot \frac{km}{10^3 m} f_0 \frac{10^6 Hz}{MHz}$$

$$= \frac{1}{1080} \frac{f_0}{MHz} \frac{v}{km/h} Hz \quad (\text{식3})$$

도플러 센서는 주변온도에 영향이 미미하며, 감지거리 내에 있는 물체의 움직임을 빠르게 감지 할 수 있는 기능이 있다. 또한 10GHz 대역의 전파의 특성으로 인하여상 금속물질에는 반사가 일어나지만 일반적인 물질들은을 투과하므로 도플러 센서의 장착 위치를 콘센트에 내부에 장착이 가능하다.

4. 실험결과

4.1 도플러 센서의 감지영역 측정

도플러 센서의 구성은 Fig. 7과 같이 송신 안테나에서 방사된 10GHz의 RF 신호를 방사되면 움직이는 사람이 반사파가 수신 안테나로 감지 되도록 설계하였다. 사람의 이동속도의 변화를 RF 검출기에서 감지하여 전압레벨로 변환하여 가까워졌을 때는 전원을 High상태로 멀어지면

Low상태로 CPU에 전달되어 콘센트 전원을 차단-복구 하는 스위칭 신호로 사용하였다.

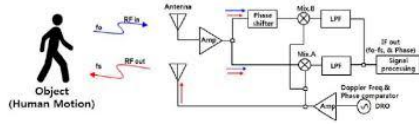


Fig. 7. Diagram of Doppler Sensor

도플러 센서는 상온에서 동작 할 때, 안정된 스위칭 성능과 사람이나 물체의 동작에 정확하게 반응하며 송신 RF 주파수가 10GHz 대역으로 비금속 물질은 잘 통과하지만 콘크리트나 철문 등에 차단될 수 있으므로 설치 할 때 콘센트의 위치설정이 성능에 큰 영향을 줄 수 있으므로 고려하여 설치하여야 한다.

도플러 센서의 감지거리 측정은 벽면에 도플러 센서를 설치했을 때와 천정에 설치하였을 때 감지영역을 측정하였다. Fig. 8과 Fig. 9와 같이 높은 감지영역과 낮은 감지영역을 측정하여 그래프로 표시 하였다.

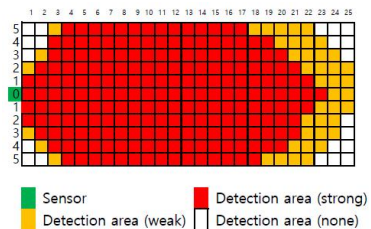


Fig. 8. Measurement of sensing distance of Doppler sensor (when Install on wall)

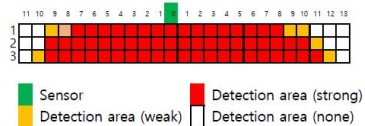


Fig. 9. Measurement of sensing distance of Doppler sensor (when Install on ceiling)

4.2 도플러 센서의 물체감지 성능 실험

도플러 센서의 물체 감지 성능을 측정하기 위하여 실험실에서 사람의 근접시 주파수의 변화를 오실로스코프를 사용하여 파형의 변화 측정하였다.

Fig. 10은 도플러 센서 근처에 사람의 접근이 여부에 따라 주파수 파형의 변화를 측정하였다.

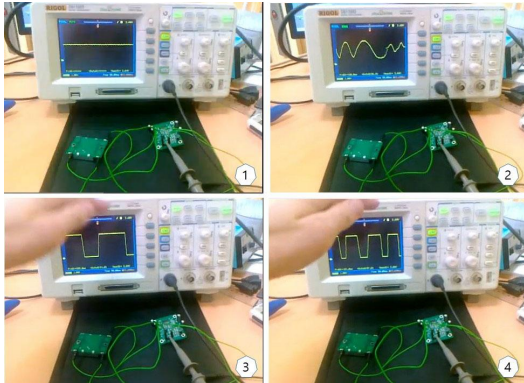


Fig. 10. Frequency change as objects get closer

사람이 접근 시에는 주파수와 파장은 역수관계로 파장이 짧아지고 주파수가 높아지는 현상으로 물체가 감지되었음을 인식할 수 있었으며 Fig. 11은 사람이 도플러 센서에서 점점 멀어짐에 따른 주파수의 변화를 점점 작아지는 현상을 측정하였다. 즉, 사람 또는 물체가 도플러 센서에 근접여부에 따라 송신된 RF 주파수의 반사파 파장의 변화, 즉 주파수의 변화를 측정할 수 있었다. 이와 같이 주파수의 변화를 멀티 콘센트의 공급전원의 차단-공급 제어 신호로 사용하는 것이 적합함을 알 수 있다.

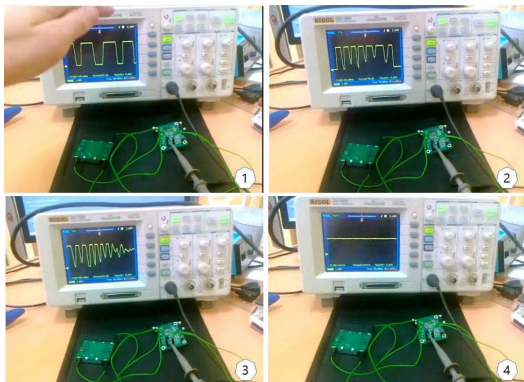


Fig. 11. Frequency change when the object moves away

4.3 대기전력 측정 실험 및 분석

가정에서 많이 사용하는 가전제품인 선풍기, 에어컨, TV셋톱박스, 인터넷 공유기를 멀티탭 콘센트에 연결하

고 사용하지 않을 경우의 대기전력을 측정한 결과와 도플러 센서를 멀티탭 콘센트에 연결 후 일반 가정에서 사람의 출입하도록 하고 10일간 측정하여 평균값으로 절감되는 대기 전력은 Table 2와 같이 비교 측정하였다.

측정 결과 TV셋톱박스과 인터넷 공유기는 에어컨보다 소비전력은 작지만 사용하지 않은 때에도 대기전력을 많이 소모하는 장치로 도플러 센서를 장착한 콘센트에서는 대기전력 절감비율이 높아 절감 효과가 있음을 확인하였다.

또한 사람의 출입 횟수가 많을수록 대기전력 자동 전환 장치가 가전제품에 전력을 공급하는 시간이 많아지므로 대기전력절감 비율이 작게 발생됨을 알 수 있었다.

Table 2. Standby power vs. Doppler power comparison table

Product Name	Stanby power	Doppler power	Redu.
Electric Fan	0.2W	0.182W	8%
Air Conditioner	62W	58.23W	6%
TV set-top box	12.3W	10.81W	12%
Internet Router	6W	5.73W	12.9%

5. 결론

본 연구에서는 멀티 콘센트에 연결된 사용하지 않는 가전제품을 사람이 수작업으로 멀티탭 스위치를 온-오프하거나 플러그를 뽑아서 가전제품의 대기전력을 절감하는 대신에 사람의 움직임을 도플러 센서로 감지하여 멀티 콘센트의 전원을 자동으로 차단 및 복구하는 장치를 개발하였다. 대기전력을 자동으로 차단 및 복구하는 장치는 산업체와 가정에서 대기전력으로 소비되는 전력의 낭비를 감소시켜 경제적인 이득과 환경오염 방지 및 누설전류에 의한 대형 화재의 위험성을 방지할 수 있을 것이다.

대기전력 자동 차단 및 복구 장치는 한 곳의 대기전력 절감량이 많이 발생하지 않지만, 많은 가정과 산업체에 적용한다면 누적 효과가 클 것이며, 많은 대기전력을 소모할 네트워크 가전 및 사물 인터넷, 스마트 기기에 적용하면 효과가 높을 것으로 사료되며 앞으로 생산되는 가전제품은 설계단계에서부터 대기전력을 자동으로 차단 및 복구하는 기능을 내장하는 임베디드 시스템의 개발 및 연구가 필요하다.

REFERENCES

[1] Korea Electrotechnology Research Institute. (2004). *Study of standby power consumption behavior and standardization of power saving*, Ministry of Commerce, Industry and Energy's Energy Technology Standardization Project Report, Seoul.

[2] N. K Kim, K. S Seo, S. C Kim & E. D. Kim. (2004). Study on the Consumption of Standby Power Consumption in Korea, *The Korean Institute of Electrical Engineers*, 53(A), 472-75.

[3] Korea Electrotechnology Research Institute. (2011). *2011 National Standby Power Survey*. Seoul.

[4] J. W. Jeon & M. Yi. (2017). Smart Multi-Tap System Based on WiFi for reduction of Standby-Power. *Journal of The Korea Society of Computre and Information*, 22(6), 123-129.

[5] U. H. Lee, S. H. Kim, C. S. Oh, M. S. Seo, Y. D. Kim & H. J. Park. (2014). Implemementation of Smart Multi-tap System based on Zigbee Communicatio. *Journal of Korea Information and Communication Society*, 39C(10), 930-936.

[6] Y. J. Jeong. (2013). *Smart Device Based Smart Energy Management System*. Masters dissertation. Chung-ang university, Seoul.

[7] S. Jeong, J. J. Lee & W. K. Jung. (2016). A Indoor Management System using Raspberry Pi. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 17(9), 745-752.

[8] K. Y. Cho & H. S. Mok. (2006). E-Standby Equipment and Standby Power Status of Korean Information Equipment *Journal of the Korean Institute of Power Electronics*, 11(4), 26-31.

[9] I. P. Kim & K. S. Ro. (2012). Analysis of TV Standby Power for Development of Energy Efficiency Standard. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 26(8), 18-26.

[10] T. J. Kim, Y. C. Rhee & S. H. Kim. (2009). Implementation of s Microwave Doppler Sensor, *Korea Institute of Electronic Communication Science*, 4(2), 75-81.

[11] N. K. Kim. (2006). Standby power status and forecast of domestic appliances. *the Korea Institute of Power Electronics*, 1(42), 22-25.

[12] A. Pastorelli, G. Torricelli & M. Scabia. (2008). A Real-Time 2-D Vector Doppler System for Clinical Experimentation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 27(10), 1515-1524.

[13] M. Arigovindan, M. Suhling, C. Jansen, P. Hunziker & M. Unser. (2007). Full Motion and Flow Field Recovery From Echo Doppler Data. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 26(6), 31-45.

[14] B. Liu, C. Liu & Y. Wang. (2013). Slice convolution

based slope estimation for SAR doppler ambiguity resolver. *2013 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 4(2), 2055-2058.

[15] T. Yu. (2011). Novel Range-Doppler Processing and Waveform Design Method for Extending Unambiguous Doppler. *2010 International Conference on Communications and Intelligence Information Security*, 152-155.

박 양 재 (Yang-Jae Park)

[상학원]



- 1985년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)
- 1990년 8월 : 인하대학교 정보공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학박사)

- 2001년 1월 ~ 2002년 12월 : 주식회사 이메디피아 원격의료 연구소 연구소장
- 1993년 2월 ~ 현재 : 가천대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : HCI, 모바일네트워크, 블록체인, 임베디드 시스템.
- E-Mail : parkyj@gachon.ac.kr