

# 원격 모니터링 및 제어가 가능한 와이파이 스마트 콘센트

김홍석<sup>†</sup>, 나재환<sup>\*\*</sup>, 박소현<sup>\*\*\*</sup>, 곽수영<sup>\*\*\*\*</sup>

## 요 약

생활 주변의 사물들이 인터넷에 접속되어 사물들과의 통신이 가능한 “사물 인터넷” 시대의 흐름에 맞춰 본 논문에서는 스마트 전력 관리 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 와이파이 기능을 내장한 파워 콘센트와 전력 소비량을 모니터링하고 제어할 수 있는 웹서버로 구성되어 있다. 또한, 사용자가 쉽게 전력 소비 상태를 체크하고 콘센트의 전원 상태를 조작할 수 있는 스마트폰용 웹페이지도 함께 개발하였다. 본 시스템은 방화벽 또는 컴퓨터의 환경 설정 문제가 없도록 고안되어 사용의 편리성을 보장하였다.

## A Wifi Smart Power Outlet for Remote Monitoring and Control of Power Consumption

HongSeok Kim<sup>†</sup>, Jae-Hwan Na<sup>\*\*</sup>, So-Hyeon Park<sup>\*\*\*</sup>, Sooyeong Kwak<sup>\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Along the era of “Internet of Things (IoT)” in which the physical objects can be connected to the Internet, a smart power management system is proposed in this paper. This system consists of two modules, an electrical outlet device embedding the Wi-Fi capabilities and a web server supporting the management as well as monitoring of power consumptions. Also, with the proposed system, a customer can easily check the status of power consumption and turn on/off the sockets through the developed mobile website. The proposed system is designed to avoid firewall or PC setting problems involving a user’s inconvenience.

**Key words:** Internet of Things(사물 인터넷), Smart power outlet(지능형 스위치), Remote control(원격 제어)

## 1. 서 론

최근 폭발적으로 증가하고 있는 스마트폰의 보급에 따라 기존 컴퓨터에서만 접속할 수 있었던 인터넷이 장소에 상관없이 누구나 스마트폰에서도 접속할 수 있는 모바일인터넷시대가 구성되었다. 이에 따라 컴퓨터나 스마트폰이 아닌 다른 사물도 인터넷으로

접속하여 제어할 수 있는 것에 관심이 높아지면서 앞으로 2~3년이면 센서, 카메라, 자동차 등 일명 사물로 일컫는 각종 장치들이 인터넷에 연결되는 사물인터넷(IoT; Internet of Things)의 시대가 확산되고 있다. 현재에도 다양한 가전제품이나 자동차, 내비게이션에 무선인터넷 환경이 구성되고 있으며 관련 연구가 활발히 진행 중에 있다[1-4].

※ 교신저자(Corresponding Author) : 곽수영, 주소 : 대전광역시 유성구 동서대로 125 한밭대학교 전자제어공학과 (305-719), 전화 : 042) 821-1167, FAX : 042) 821-1164, E-mail : sykwak@hanbat.ac.kr  
접수일 : 2013년 8월 9일, 수정일 : 2014년 1월 13일  
완료일 : 2014년 1월 21일

<sup>†</sup> 한밭대학교 제어계측공학과 (itv5053@naver.com)

<sup>\*\*\*</sup> 한밭대학교 제어계측공학과 (skwoghks8910@gmail.com)

<sup>\*\*\*\*</sup> 한밭대학교 제어계측공학과 (sohyun9189@nate.com)

※ 본 연구는 한국과학창의재단의 2013년 대학생 창의·융합형 연구과제 지원으로 수행되었음.

글로벌 IT기업인 시스코(CISCO)에 따르면 2020년에는 약 500억 개의 사물들이 이러한 방식으로 인터넷에 연결될 것이라고 하였고, 미국의 GE(General Electric Company)사는 사물인터넷으로 각 분야의 운영효율성을 1% 끌어올리면 향후 15년간 에너지 산업은 660억 달러, 항공 산업은 300억 달러, 헬스케어는 630억 달러의 비용을 아낄 수 있다며 앞으로 사물인터넷 시대가 올 것이라고 주장하였다[5].

이러한 사물인터넷 시대를 대비하여 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있는 가전제품에 인터넷 기능을 부여하는 연구가 증가하고 있으며 다양한 사물인터넷 중 대표적으로 콘센트에 인터넷 기능을 부여하여 대기전력 절감과 원격 제어가 가능한 스마트 콘센트 시스템의 기술이 주목받고 있다.

초기에 출시된 스마트 콘센트 시스템은 스마트 홈 형태에 적용하기 위해서 근거리 무선통신 기술 중 지그비와 블루투스 기술을 사용하여 콘센트의 전원을 차단하는 형태로 개발되었다[6]. 하지만 지그비 기반의 스마트 콘센트의 경우 지그비와 스마트 기기와의 연동이 불가능하여 모바일 기기로 제어할 수 없다는 단점이 있으며, 블루투스기반의 기술은 통신의 거리가 제한적이기 때문에 원격 제어의 문제점이 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 요즘 개발된 스마트 콘센트는 와이파이 모듈을 적용하는 형태로 발전하였다. 대표적인 와이파이 기반의 스마트 콘센트 시스템으로는 프랑스의 BeeWi사에서 출시한 MoBot[7], 미국의 Belkin사에서 출시한 WeMo[8], 국내의 ㈜다윈DNS에서 출시한 파워매니저 와이파이[9] 등이 있다. 기존의 와이파이 기반 스마트 콘센트는 인터넷에 접속하기 위한 설정이나 방화벽에 따라 외부에서 내부 네트워크에 접속할 수 없는 제약사항이 존재한다. 예를 들어 MoBot과 WeMo가 와이파이를 이용하고 있지만 MoBot은 외부에서 내부 네트워크에 접속하기 위해서는 별도의 포트포워딩이 필요하며, WeMo는 특정포트가 방화벽에 막혀있을 경우 정상적으로 동작하지 않는 단점이 있다. 또한 파워매니저 와이파이의 경우 처음 사용할 경우 컴퓨터와 유선으로 연결하여 별도의 환경 설정이 필요하며, 집 밖에서 사용하기 위해서는 공유기 설정이 필요해 불편한 점이 있다. 특히 학교나 회사처럼 방화벽이 존재할 경우 외부에서 내부 접속이 불가능하기 때문에 네트워크에 따른 제한적인 이용만 가능하다.

본 논문에서는 기존의 와이파이 기반의 스마트 콘센트의 단점을 보완하고 누구나 편리하게 사용할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 콘센트 자체에서 직접 와이파이를 설정하고 변경하면서 추가적인 포트포워딩을 필요로 하지 않고, 실시간으로 측정되는 전력량을 시스템 자체의 LCD를 통해 수치를 확인할 수 있도록 구성하였다. 또한 스마트 콘센트의 상태를 확인하고 제어할 수 있도록 웹사이트를 개발하여 인터넷이 가능한 PC와 스마트기기 모두에서 장소에 상관없이 사용 가능할 수 있도록 하였다.

## 2. 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 와이파이 내장 스마트 콘센트 시스템은 그림 1과 같이 와이파이 내장 디바이스, 웹서버, 제어 및 모니터링이 가능한 웹페이지 크게 3가지 모듈로 구성되어 있다. 웹서버와 제어를 하는 스마트 콘센트는 와이파이를 통해 인터넷에 연결되고 디바이스에 연결된 장치의 전력을 측정할 수 있다. 측정된 전력 상태를 웹서버에 업로드하고 명령을 수신하여 처리하도록 구성하였다. 웹서버에서는 디바이스로부터 데이터를 받으면 이를 데이터베이스에 저장하고 제어 및 모니터링 가능한 웹페이지에서는 웹 서버에게 반복적으로 데이터를 요청하여 현재 전력량을 나타낼 수 있도록 구성하였다. 웹서버는 PHP와 MySQL을 이용하여 구성하였고, 웹사이트는 jQuery와 jQuery Mobile을 이용하여 구성하였다. 모바일 기기나 PC에서 접속 가능한 웹페이지를 통해 원거리에 있는 스마트 콘센트의 전력량을 그래프로 모니터링 할 수 있으며, 실시간 전원을 제어할 수 있다. 본 논문에서 제안한 소형 와이파이 내장 콘센트 디바이스를 와이파이와 멀티탭의 결합이라는 의미로 WiFiTap이라고 명칭을 정의하였다.

### 2.1 와이파이 내장 콘센트 디바이스

#### 2.1.1 WiFiTap의 하드웨어 구조

본 논문에서 제안한 WiFiTap은 컴퓨터에서 무선 인터넷 설정을 하지 않고 WiFiTap디바이스에 LCD를 부착하여 터치를 통해 바로 무선인터넷에 대한 설정을 진행할 수 있도록 구성하여 사용이 간편하도록 하였다. 또한, 소형화 및 생산 비용을 낮추기 위해

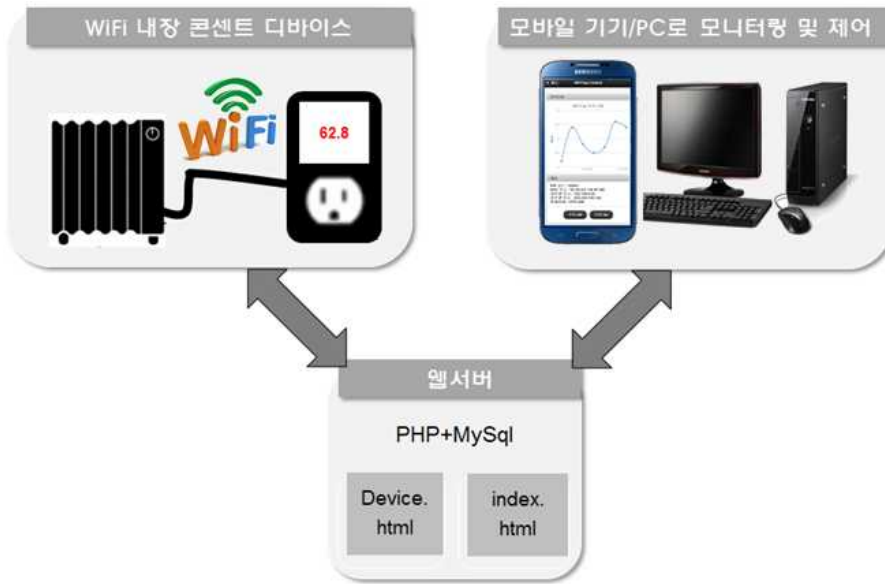


그림 1. 와이파이 내장 스마트 콘센트의 시스템 구성도

운영체제를 이용하지 않는 MCU(Micro Controller Unit)를 이용하였고, 전력 측정을 위해 전류센서와 고속 ADC(Analog-to-Digital Converter)를 이용하였다. 장치를 소형화하기 위해서 Proteus 툴을 이용하여 회로도 작성 및 PCB 아트웍을 통해 전용의 PCB 기판을 그림 2와 같이 구성하였고 그림 3과 같이 실제 PCB 기판을 제작하였다.

그림 3의 기판에 나타낸 것처럼 AC-DC 컨버터와 와이파이 모듈, MCU와 PCB 외부에 있는 릴레이와 센서를 연결할 수 있도록 구성하였고, 전원은 100-240V 입력을 받아 5V 700mA의 출력하는 AC-DC 컨버터를 사용하여 MCU와 LCD, 와이파이 모듈의 내부 장치 동작에 사용한다. MCU는 Atmega128을 이용하였으며, UART 통신의 에러율을 낮추기 위해

14.7456MHz로 동작한다. LCD는 2.85V에서 동작하는 240×400 컬러 TFT-LCD로 터치스크린을 사용하여 와이파이를 설정할 때 AP(Access Point)를 검색하고 비밀번호를 입력받을 수 있도록 설계하였다. 와이파이 모듈은 Wiznet사의 WizFi210을 이용하였으며 3.3V동작으로 MCU와 UART 통신으로 정보를 주고받는다. 보레이트(Baud rate)는 115200bps를 사용하였다. 릴레이와 전류센서는 PCB 위에 내장할 수 없어 외부에 위치하도록 설계하였으며, PCB 기판 위에는 Ti사의 16비트 고속 ADC인 ADS8320을 통해 전류센서의 값을 측정하도록 하였다. SPI 통신을 이용하면 간단하게 여러 IC와 통신할 수 있기 때문에 터치스크린의 터치 좌표를 얻기 위한 Ti사의 ADS7846과 전류센서의 값을 측정하는 ADS8320이 SPI로 연결된다[10].

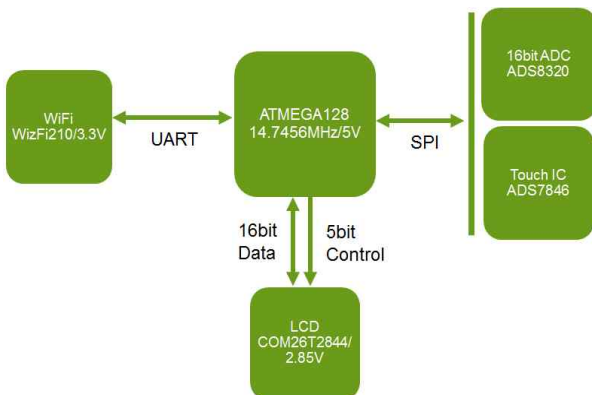


그림 2. WiFiTap 디바이스의 구성도

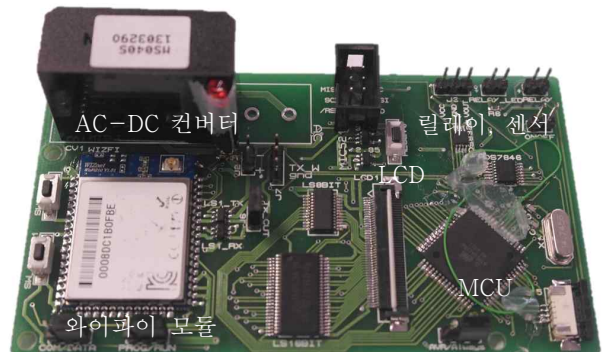


그림 3. WiFiTap 디바이스의 기판 모습

AC-DC 컨버터의 출력 전압은 5V 전원이며 MCU 인 Atmega128과 고속 ADC와 릴레이와 센서에 이용된다. 와이파이 모듈과 LCD의 경우 각각 3.3V와 2.85V로 MCU와 통신하는데 전압레벨이 달라 직접적으로 통신이 불가능하다. 이를 해결하기 위해 레귤레이터를 이용하여 5V를 3.3V와 2.85V 전원을 생성하였고, 전압레벨이 다른 두 기기사이의 통신에는 레벨시프트를 이용하여 해결하였다.

릴레이와 센서, LED등을 연결할 수 있도록 별도의 포트에 구성하였다. 릴레이의 경우 최대 15A까지 전류를 사용할 수 있는 소자를 사용하였으며, 이에 따라 WiFiTap에 연결되는 장치는 최대 15A까지만 사용이 가능하다. 220V 기준으로 3300W에 해당하는 값으로, 대다수의 가전용 기기에서 사용이 가능하다. 전류센서는 최대 35A까지 측정할 수 있는 WCS1800 전류 센서를 이용하였고, 권선비를 조절하여 최대 측정 전류를 낮추는 대신 더 정밀하게 측정되도록 하였다.

와이파이 모듈은 Wiznet사의 WizFi210을 이용하였다. WizFi210은 UART 통신을 통해 명령을 송수신한다. 3.3V에서 동작하기 때문에 레벨시프트를 이용하여 Atmega128과 데이터를 송수신한다. IEEE802.11 b/g/n 타입의 AP에 접속할 수 있으며, 암호화된 AP에도 접속이 가능하다.

LCD의 경우 터치스크린이 내장된 2.6인치 240×

400 해상도의 COM26T2844 TFT-LCD를 이용하였다. 2.85V로 동작하여 레벨시프트를 이용해 Atmega128과 통신한다. LCD는 기판 외부에 있으며 그림 3의 LCD로 표시된 부분과 연결된다. 백라이트를 On/Off 할 수 있도록 하여 입력이 없을 때에는 전원을 끄게 되어 전력사용량을 최소화 하였다.

MCU의 경우 Atmega128을 이용하였으며, UART 통신의 에러율을 낮추기 위해 5V에서 14.7456MHz로 동작한다. 와이파이 모듈과 UART 통신을 하며, LCD와 16비트, SPI 통신을 이용하여 고속 ADC와 터치 IC와 통신을 하도록 하였다. MCU는 센서를 통해 값을 측정하고, 이를 와이파이를 통해 인터넷 웹 서버에 업로드 하도록 한다. 그리고 서버에서 전해주는 명령을 수신하여 릴레이 제어를 하며, 이를 LCD에 표시하도록 하였다.

2.1.2 WiFiTap 디바이스의 하드웨어 흐름

WiFiTap의 하드웨어 흐름도는 그림 4과 같으며, 실시간으로 센서의 데이터를 측정하여 이를 서버에 업로드하고, 명령을 받아 처리한다. 센서의 출력은 5V이내에서 교류 전압이 출력되며, 16비트 고속 ADC를 이용하여 한 주기 동안 최대치를 측정해 전력을 측정한다. Atmega128내부의 10비트 ADC는 분해능이 너무 낮아 소수점 미만의 전력측정에 문제가

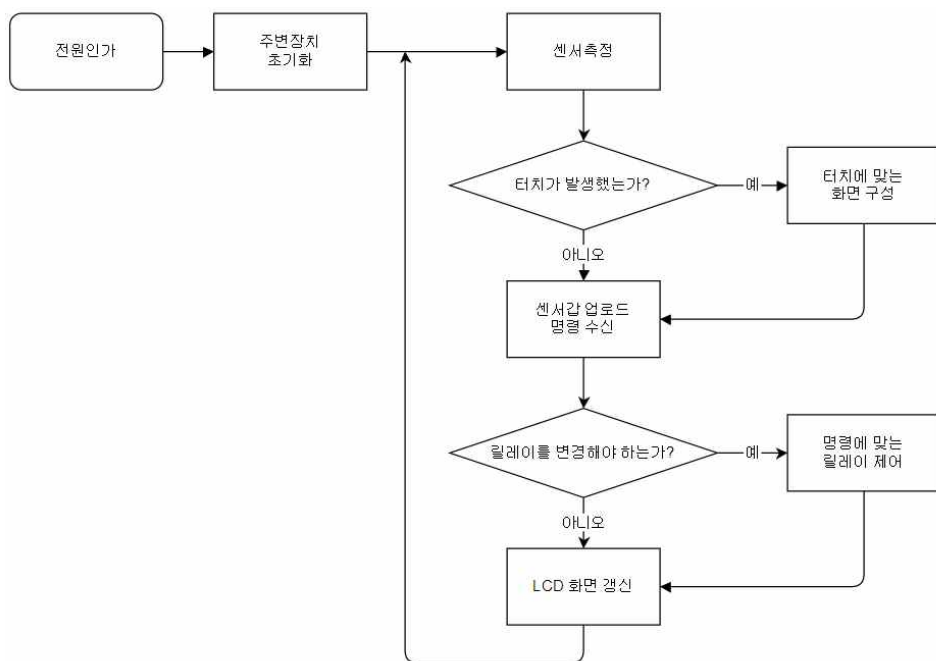


그림 4. WiFiTap 디바이스의 MCU 흐름도

될 가능성이 많기 때문에 16비트 고속 ADC를 추가로 구성하여 센서 데이터를 측정하였다. 센서 데이터 측정은 평균 필터를 이용해 오차를 최소화 하였다.

그림 4의 WiFiTap 디바이스의 MCU 흐름도에 나타난 것처럼, 터치패널을 통해 터치입력이 발생하면 그에 해당하는 화면과 명령을 처리하도록 한다. 주변의 AP(Access Point)정보를 보거나, SSID(Service Set Identifier)를 선택하고 비밀번호를 입력하는 등의 작업은 모두 터치입력을 받아 처리하고, 그에 맞는 화면 구성을 보여준다.

WiFiTap은 인터넷을 통해 서버에 접속하여 명령을 수신하기 때문에 와이파이를 이용하여 AP에 접속할 필요가 있다. 이를 위해 WiFiTap은 LCD와 터치스크린을 이용하여 주변의 와이파이 AP 리스트를 검색하고 접속할 수 있도록 하였다. 그림 5는 WiFiTap을 이용하여 주변 AP를 탐색하는 과정을 나타낸 것이다. 와이파이 AP리스트의 채널번호와 암호화 방법, 신호세기를 보여주며, 사용자는 접속하고자 하는 SSID를 선택 후 비밀번호를 입력하여 접속하게 된다.

WiFiTap은 현재 릴레이의 상태와 센서의 값을 POST 방식으로 서버에 전송하게 된다. 서버는 POST 방식으로 받은 값을 처리하고 그림 6와 같은 형식의 데이터를 서버에 전송한다. 데이터의 상단에는 HTTP 헤더가 있으며, 데이터의 본문에는 장치마다 할당된 고유 ID인 PIN번호와, 공인 IP, 다음 릴레이의 상태 및 현재 시간을 전송한다. MCU는 위의 데이터를 받아 분석하고, LCD에 PIN번호와 공인IP, 현재시간을 표시하여 사용자에게 정보를 제공하도록 하였다. 서



그림 5. WiFiTap 디바이스의 주변 AP 탐색 모습

```
Date: Wed, 03 Jul 2013 12:32:31 GMT
Server: Apache/1.3.39 (Unix) mod_throttle/3.1.2 PHP/4.4.8
X-Powered-By: PHP/4.4.8
Keep-Alive: timeout=1, max=100
Connection: Keep-Alive
Transfer-Encoding: chunked
Content-Type: text/html
```

```
sSs_s_pin_s_02842_e_pin_e_
_s_pubip_s_203.230.100.142_e_pubip_e_
_s_nextStat_s_-_e_nextStat_e_
_s_time_s_2013-07-03 Wed 09:32 PM_e_time_e_
```

그림 6. 서버로부터 받은 데이터

버에 접속하여 정보를 업로드하고, 명령의 수신은 주기를 3초로 설정하여 서버의 부하를 낮추고, 디바이스 자체의 전력 소모를 줄일 수 있도록 하였다.

## 2.2 웹서버

WiFiTap의 디바이스를 모니터링 하고 제어하기 위해서 일반적으로 사용하는 웹서버로 구성하였다. 전용 서버가 아닌 웹호스팅을 이용하여 쉽게 구성할 수 있는 웹서버를 이용하여 디바이스에서 접속하기 용이하고, 제어를 위해 PC나 모바일에서도 쉽게 접속할 수 있도록 구성하였다.

웹서버는 PHP와 MySQL을 이용하여 개발하였고 디바이스에서 전송한 데이터를 데이터베이스에 저장한다. PHP는 4.4.8버전을 사용하였으며, MySQL은 4.0.18버전이다. 데이터베이스관리를 위해서 phpMyAdmin을 이용하였다.

웹서버에는 크게 device.html과 index.html 2개의 페이지가 있다. device.html은 디바이스에서 접속하여 정보를 업로드하고, 명령을 받아갈 수 있는 파일이고, index.html은 사용자가 제어하기 위해 접속하는 파일로 데이터베이스와 연동하여 여러 정보를 표시하고, WiFiTap 디바이스를 제어할 수 있도록 하였다. device.html 파일은 PHP의 POST방식으로 데이터를 받으며, 이때 MAC주소와 PIN주소, 센서의 값, 릴레이의 현재 상태 등의 데이터를 전송 받는다. 이렇게 받은 정보를 표 1과 같이 데이터베이스를 이용하여 서버에 저장하고 처리한다.

웹서버에서는 표 1과 같이 WiFiTap 디바이스의 고유주소인 PIN번호와 MAC주소, 그리고 WiFiTap 디바이스에 할당된 IP와 Public IP, 현재 릴레이 상태

표 1. 테이블 구조

WiFiTap	
pin	varchar(17) Unique ID
mac	varchar(5) Unique ID
ip	varchar(15)
pubip	varchar(15)
stat	char(1)
sensor	varchar(200)
nextStat	char(3)
lastTime	varchar(25)

와 센서 데이터를 저장한다. 또한 다음 릴레이 상태의 명령을 기록하여 WiFiTap 디바이스에 명령을 내릴 수 있으며, WiFiTap 디바이스가 마지막으로 접속한 시간을 기록할 수 있도록 데이터베이스를 구성하였다. 마지막 접속시간을 기준으로 1분 이상 시간이 갱신되지 않으면 오프라인인 것으로 간주하며, 웹사이트를 통해 접속하는 PC나 모바일기기에 오프라인으로 나타낼 수 있도록 하였다.

데이터베이스를 이용하여 여러 대의 WiFiTap 디바이스를 저장 및 관리 할 수 있도록 만들었고, 각각의 WiFiTap 디바이스는 MAC 주소와 PIN번호가 모두 다르다. PIN번호는 MAC 주소의 일정 자리수를 16진수에서 10진수로 변환하여 생성하며, 이를 통해 MAC 주소와 PIN번호는 모두 고유한 값으로 구성된다. 웹사이트를 통해 접속이 되면 PIN번호를 통해서 각각의 WiFiTap 디바이스를 제어하고 모니터링 할 수 있으며, PIN번호를 알 수 없을 경우 접근할 수 없다.

### 2.3 모니터링 및 제어를 위한 웹사이트

웹사이트는 웹서버 내부에 존재하며, HTML과 자바스크립트를 이용하여 구성하였다. jQuery와 jQuery Mobile, HighChart 등의 툴을 이용하여 웹페이지를 구성하였으며, 사용자는 PC나 모바일 기기를 이용하여 웹사이트에 접속하여 WiFiTap의 디바이스를 모니터링하고 제어할 수 있다.

웹사이트는 쿠키를 이용하여 한 번에 여러 대의 WiFiTap 디바이스를 저장하고 각각에 대해 모니터링과 제어가 가능하도록 개발하였다. 디바이스를 추

가할 때 PIN코드를 이용하여 추가할 수 있으며, 웹 브라우저의 쿠키를 이용하여 저장한다. 등록되지 않은 PIN코드나 규칙에 맞지 않는 PIN코드는 등록되지 않는다.

HighChart를 이용하여 실시간으로 전력량을 서버의 데이터베이스 내용을 가져와서 그래프로 표시한다. 별도의 PHP파일로 접근하면 서버는 데이터베이스의 내용을 JSON 형식의 데이터를 보내주며, 웹사이트에서는 페이지 이동 없이도 데이터 통신이 가능한 AJAX 통신을 통해 값을 전달받고 이를 그래프에 출력하여 보여주도록 하였다[11-12].

디바이스 제어의 경우 각 기기마다 부여된 고유 MAC 주소와 PIN코드를 이용하기 때문에 콘센트 제어가 가능하다. 디바이스의 MAC 주소와 내부/외부 IP주소를 표시해주며, 일정시간 인터넷에서 연결이 끊어짐을 감지해 온라인 상태인지 오프라인 상태인지 표시해 준다.

### 3. 실험 및 평가

본 논문에서 제안한 시스템을 평가를 위해 WiFiTap의 전력과 실제 소모전력 측정하여 비교하였다[13]. 실제 소모전력을 측정하기 위하여 ±0.1%의 오차를 갖는 독일의 X4-LIFE사의 Inspector II 가정용 전력 측정기[14]를 사용하여 비교하였다. 실험을 위하여 다양한 가전기기를 WiFiTap에 연결하고, 스마트폰을 통해 전원을 제어하여 측정되는 전력량과 Inspector II 가정용 전력측정기의 전력량을 비교하였다.

먼저, WiFiTap자체 대기전력 측정하기 위하여 Inspector II를 통해 WiFiTap의 LCD를 On/Off한 경우, 와이파이 에 접속/미접속한 경우 4가지 케이스에 대해 각 50회씩 측정하였고 이에 대한 평균값을 표 2에 나타내었다. 와이파이 미접속 상태에서 LCD가 꺼져 있을 때 약 0.45W를 소모하는 것으로 측정이 되었다.

표 2. WiFiTap 디바이스의 소모전력

와이파이 상태	LCD 상태	전력소모
미접속	꺼짐	0.45W
	켜짐	0.66W
접속	꺼짐	0.91W
	켜짐	1.18W



WiFiTap은 최대 1.18W를 소모하지만, WiFiTap은 대기상태일 때 LCD를 꺼서 전력 소모를 최소화 하였다. 때문에 WiFiTap은 대다수 상태에서 0.91W를 소모하며, 실험도중에는 대기전력을 약 0.91W로 간주하여 실험하였다.

실제 소비전력 측정을 위하여 다양한 전자제품을 WiFiTap에 연결하고 스마트폰으로 전원을 On/Off 하며 이때 전력량을 웹페이지로 모니터링 하였다. 전력 소모가 작은 백열등부터 전력 소모가 매우 큰 전열기를 다양하게 실험하기 위하여 백열등, 냉장고, 에어컨, 드라이기, 전기히터를 사용하여 WiFiTap의 전력을 측정하였다. 또한 전력 측정의 정확도를 확인하기 위하여 Inspector II와 동시에 전력측정을 진행하여 정확도를 실험하였다. 실험 결과는 표 3과 같다.

표 3의 표기전력은 제품의 설명서나 제품 외부에 적혀있는 사용 전력량이며 실제 측정 전력은 Inspector II와 WiFiTap을 통해 측정하였다. 실험 결과 실제 측정값과 표기전력이 근접한 값 나타내는 것을 확인하였다. 실제 측정 결과 표기전력은 제품이 최대로 전력을 소비할 때의 값이며, 실제 사용 시에는 주변 환경에 따라 전력이 다르게 소비되고 있다. 에어컨의 경우 표기전력은 910W이지만 WiFiTap의 측정 전력량은 629W이고 Inspector II의 측정량 633W로 비슷한 결과를 나타내었다. 백열등, 냉장고의 평상시 및 냉각시, 에어컨의 냉방 및 온풍, 전기히터의 1-3단, 전기히터+에어컨 총 9가지 경우에 대한 평균 오차율은 2.46% 임을 알 수 있다.

WiFiTap은 15A까지 안전하게 동작할 수 있도록 설계하였기 때문에 드라이기 및 전기 히터를 연결하여도 문제없이 동작함을 확인하였다. 특히 전기 히터

와 에어컨을 동시에 연결하여 실험하였을 때에 3300W 이상의 전력을 사용하면서 10분 이상 정상적으로 동작함을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 단, 릴레이 설계 허용전류가 15A이므로 3300W 이상의 전력을 장시간 사용은 어렵다고 판단한다.

그림 7은 WiFiTap의 디바이스를 실제 웹사이트를 통해 원격으로 모니터링하고 제어하는 모습이다. 그림 7-(a)에서 보는바와 같이 HighChart를 통해 시간에 따른 전력 소모량을 그래프로 나타내게 하였고, 실험 중에 전원이 Off되어 있는 시작 시점의 전력 그래프는 0에 가까운 모습을 확인할 수 있다. 전원이 On되는 순간에 전력이 증가하여 635W를 보여주는 모습을 보인다. 그림 7-(b)에서는 에어컨에 연결하여 사용 중인 모습이다. 에어컨 동작 도중에 측정된 전력을 서버에 업로드하면, 웹페이지를 통해 이 값을 모니터링 할 수 있다. 실험을 통해 정상적으로 모니터링이 되는 것을 확인하였고, On/Off 버튼을 통해 어디서든 에어컨의 전원을 Off할 수 있는 것도 확인하였다.

WiFiTap 디바이스는 클라이언트로 동작하여 서버에 데이터를 업로드하고 명령을 수신하도록 하였고, 전력량을 모니터링 하는 웹사이트에서는 서버에 데이터를 반복적으로 요청하는 방식으로 구성하였다. WiFiTap디바이스는 3초에 한번 씩 전력량을 서버에 전송하고, 웹사이트에서도 3초에 한번 씩 화면을 갱신하기 위해 서버에 데이터를 요청한다. 따라서 웹사이트에 나타내는 전력량의 그래프는 최대 6초정도 지연이 생길 수 있으며, 전력을 On/Off하는 제어 명령의 경우 최대 3초가량의 지연이 발생할 수 있다.

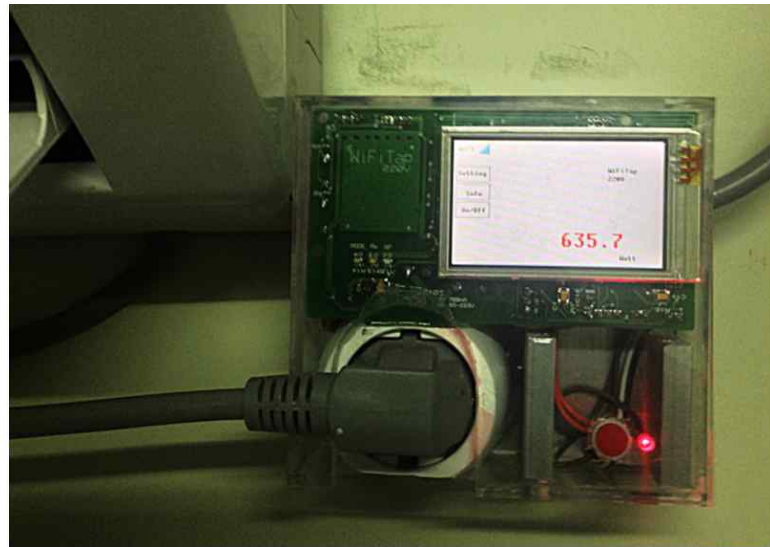
본 논문에서 제안한 WiFiTap과 Inspector II로

표 3. WiFiTap으로 측정한 전력과 실제 전력 비교

실험 측정 대상	표기전력	상태	Inspector II	WiFiTap	오차	오차율
백열등	60W	-	66.9W	64.2W	2.7W	4.04%
냉장고	92W	평상시	68.2W	63W	5.2W	7.62%
		냉각시	95W	89W	6W	6.32%
에어컨	910W	냉방	633W	629W	4W	0.63%
드라이기	1000W	온풍	1000W	980W	20W	2.00%
전기 히터	2800W	1단	1199W	1193W	6W	0.50%
		2단	1599W	1591W	8W	0.50%
		3단	2688W	2687W	1W	0.04%
전기 히터 + 에어컨	3710W	3단/냉방	3400W	3384W	16W	0.47%



(a)



(b)

그림 2. WiFiTap의 전력량 모니터링의 예. (a) 스마트폰의 웹사이트에 나타난 전력량 그래프 (b) 에어컨의 전원이 On된 경우 WiFiTap

측정한 실제 전력은 평균 2.46%의 오차가 발생함을 알 수 있는데 이는 WiFiTap의 전력 계산이 220V를 기준으로 계산하기 때문이다. WiFiTap은 110V와 220V 모두에서 동작하도록 설계되었지만 전력측정의 경우 220V로 가정하고 전력을 계산하며, 실제 실험 환경에서 전압은 228V로 측정되었기 때문에 오차가 발생하였음을 확인하였다. 또한, 교류전류의 경우 부하에 따라 전력의 계산은 단순히 전압( $V$ )과 전류( $I$ )의 곱이 아니라 역률에 따른 변화량이 있다. WiFiTap의 경우 역률에 대해 고려를 하지 않았고 220V기준으로 전압과 센서로 측정된 전류를 이용하여 전력을 측정하였기 때문에 오차가 발생함을 확인하였다. 이를 해결하기 위해 차후에 입력 전압과 역률, 주파수 등을 측정하여 더 정확한 전력 측정을 하여 오차를 보완할 계획이다. 또한 웹페이지를 보완하여 전력 사용량 누적, 월별, 일별, 시간별 사용량 제공 등의 다양한 결과를 제공할 예정이며, 사용량을 토대로 전기요금 계산, 대기전력 차단을 통해 절감한 전기요금을 보여줄 수 있도록 할 계획이다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 멀티탭에 와이파이 모듈을 적용시켜 원격으로 전원을 제어할 수 있으며 소비 에너지를 모니터링 할 수 있는 스마트 콘센트 시스템을 제안하

였다. 구현된 디바이스의 동작 여부를 확인하기 위하여 다양한 전자제품을 스마트 콘센트에 연결하고 스마트폰으로 전원을 On/Off하며 이때 전력량을 모니터링 하였으며 Inspector II와 WiFiTap의 자체 전력 측정값을 비교하여 성능을 평가하였다. 실험결과 실제 전력과 2.46%의 오차가 발생함 알 수 있었다.

제안한 스마트 콘센트는 빌트인 시스템이 아닌 단독형 제품이기 때문에 어떠한 환경에서도 원격 전원 제어 및 에너지 소비 모니터링이 가능하다는 장점이 있다. WiFiTap의 LCD를 통해 간단히 와이파이를 설정할 수 있기 때문에 사용자들의 편의성도 함께 고려하여 설계하였다. WiFiTap은 PC 또는 스마트폰과 직접 연결은 주변에 흔히 있는 와이파이를 이용하기 때문에 별도의 게이트웨이를 구축할 필요가 없다. 또한 서버 한 대를 이용하여 설치된 모든 WiFiTap을 관리하며, 이 때문에 개별적인 게이트웨이 설치비용이 절감되며 이에 따른 전력 소모를 절약할 수 있다. 특히 데이터 케이블을 설치가 어려운 건물 내부나, 선박에 설치하여 여러 곳의 에너지 소비나 다양한 센서 데이터를 무선으로 취합하고 관리할 수 있을 것이라 예상된다.

WiFiTap 디바이스의 개발 비용은 부품이 약 8만원, 외부케이스와 전원 케이블을 포함하면 10만원 내외이다. Belkin의 WeMo가 약 50달러에 판매되고 있으나 전력 모니터 기능이 불가능하며 국내 제품인



파워매니저의 와이파이 제품은 약 12만원에 판매되고 있다. 다른 제품들의 단가와 비교하더라도 제안하는 시스템이 상용화가 하다면 현재 개발비용보다 단가를 낮출 수 있기 때문에 가격 면에서도 경쟁력이 될 것이라고 예상한다. 하지만 상용화를 위해서는 LCD의 사이즈를 줄이고, 사용자의 편의성과 휴대성을 고려한 디자인으로 다듬어야 할 필요성은 있다.

추후 연구과제로 실제전력과 오차가 발생하는 부분을 해결하기 위해 차후에 입력 전압과 역률, 주파수 등을 측정하여 더 정확한 전력 측정을 하여 오차를 보완할 계획이며, 좀 더 소형화 시킬 수 있는 방향으로 시스템을 설계하고자 한다.

### 참 고 문 헌

[ 1 ] 김호원, 김동규, "IoT 기술과 보안," 정보보호학회지, 제22권, 제1호, pp. 7-13, 2012.  
 [ 2 ] 백은경, 이성춘, "미래인터넷 생태계에서의 M2M 서비스," KT경제경영연구소, 2010.  
 [ 3 ] 김배역, "2012년 사물지능통신 정책방향," 방송통신위원회, 2012.  
 [ 4 ] 정부연, "M2M(사물통신) 시장현황 및 통신사 사업전략 분석," 정보통신정책연구원, 방송통신정책, 제23권, 제5호, pp. 24-45, 2011.  
 [ 5 ] IOT(Internet of Things)의 시대, 모든 사물이 통(通)하다, [http://www.etnews.com/news/economy/economy/2679397\\_1493.html](http://www.etnews.com/news/economy/economy/2679397_1493.html), 2012.  
 [ 6 ] 민주성, 이소현, 송인우, 김옥주, 최윤걸, 정요한, 안종석, "홈 네트워크상의 홈 오토메이션을 위한 스마트 멀티탭," 정보과학회논문지컴퓨팅의 실제 및 레터, 제18권, 제10호, pp. 711-721, 2012.

[ 7 ] Plug in a BeeWi Mobot to Control Your Gadgets While You're Out, [http://reviews.cnet.com/8301-13970\\_7-57571327-78/plugin-a-beewi-mobot-to-control-your-gadgets-while-youre-out/](http://reviews.cnet.com/8301-13970_7-57571327-78/plugin-a-beewi-mobot-to-control-your-gadgets-while-youre-out/), 2013.  
 [ 8 ] WeMo Home Automation, <http://www.belkin.com/us/Products/home-automation/c/wemo-home-automation/>, 2013.  
 [ 9 ] [미리보는 WIS 2011] 다윈디엔에스, 소비전력을 실시간으로! '파워매니저' 공개, [http://kr.aving.net/news/view.php?articleId=196900&Branch\\_ID=kr&rssid=naver&mn\\_name=news](http://kr.aving.net/news/view.php?articleId=196900&Branch_ID=kr&rssid=naver&mn_name=news), 2011.  
 [10] 송영석, 방성모, 김영민, "저가형 시스템을 위한 소프트웨어 SPI 통신 프로토콜 구현," 한국멀티미디어학회 춘계학술발표논문집, pp. 260-262, 2009.  
 [11] 김성환, 박장현, 나철훈, "Ajax 인터페이스 웹서버를 이용한 원격모니터링 임베디드 시스템," 한국지능시스템학회 추계학술대회학술발표논문집, 제21권, 제2호, pp. 185-186, 2011.  
 [12] 우준용, 김은주, "Ajax와 PHP를 이용한 웹의 응용," 한국정보과학회 학술심포지움논문집, 제2권, 제21호, pp. 91-95, 2008.  
 [13] 공인엽, "에너지 효율적인 홈 네트워크를 위한 트래픽 기반 전력 절감 모드 결정 알고리즘의 설계 및 성능 분석," 멀티미디어학회논문지, 제11권, 제10호, pp. 1392-1402, 2008  
 [14] Inspector II | X4-LIFE, <http://www.x4-life.de/product/inspector-ii>, 2012.



김 홍 석

2014년 2월 국립한밭대학교 제어  
계측공학과 공학사  
관심분야: 무선네트워크, 스마트  
그리드



박 소 현

2014년 2월 국립한밭대학교 제어  
계측공학과 공학사  
관심분야: 임베디드, 이동통신



나 재 환

2014년 2월 국립한밭대학교 제어  
계측공학과 공학사  
관심분야: 안드로이드, 지능형 자  
동차



곽 수 영

2010년 2월 연세대학교 컴퓨터과  
학과 공학박사  
2010년 3월~2011년 1월 삼성전  
자 영상디스플레이사업  
부 책임연구원  
2011년 2월~2012년 6월 국립한  
밭대학교 전자·제어공학

과 전임강사

2012년 7월~현재 국립한밭대학교 전자·제어공학과 조  
교수

관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전, 지능형시스템