

전력선통신(PLC) 방식을 이용한 스마트콘센트와 게이트웨이에 관한 연구

박성진¹, 김유진¹, 박인지¹, 김진영¹, 임창균²

¹ (주)로그인서광 부설연구소

² 전남대학교 컴퓨터공학과

A Study on the Smart Outlet and Gateway Using Power Line Communication

Sung Jin Park¹, Yu Jin Kim¹, In Ji Park¹, Jin Young Kim¹, and Chang Gyoon Lim²

¹ R & D Center, Login SeoGwang Co., Gwangju, 61955, Korea

² Department of Computer Engineering, Chonnam National University, Yeosu, 59626, Korea

(Received May 21, 2020; Revised May 29, 2020; Accepted June 1, 2020)

Abstract: In this study, through the accumulated technologies such as real-time monitoring of power consumption using power line communication (PLC) method, power control, and automatic blocking of standby power, to commercialize them, we developed the hardware design, algorithm, protocol and module along with data transmission using PLC. We conducted the study to develop advanced products.

We also proposed cloud-based smart outlet products with a novel type of outlet. These products can measure the internal power consumption through the H/W modules and the modules that control the power of household appliances connected to the smart outlets and smart plugs. Subsequently, they transmit the measurements to the energy saving system server via a communication module. This system can control the terminal device connected to the Gateway (G/W) server through a mobile phone. This will allow the customer to check the power consumption of the building at any given time, to turn the terminal on/off, and to maximize the energy efficiency during the construction of new apartments or multi-family housing in an area.

Keywords: Smart outlet, Cloud, Energy saving, Gateway, Power line communication

1. 서론

에너지 절감 및 효율의 문제 대두와 노후화된 전력망의 기능 저하로 인해 안정적인 에너지 공급과 효율적인 에너지 사용을 위한 기술의 필요성이 증가함에 따라 새로운 지능형 전력망(스마트 그리드)의 기술이

대두되고 있는데 특히 스마트 콘센트는 유무선 네트워크를 통해 연동하며, 스마트 콘센트에서 측정된 기기별 소비전력 정보를 실시간으로 사용자에게 보여주고, 스마트 콘센트에 연결된 가전기기 전원의 원격 on/off 전원 제어, 대기전력 자동학습, 대기전력 자동 차단, 가전기기 인식 기능, 사용자 등록 이벤트에 의한 전원 제어, 실시간 그래프, 요금 조회 등 다양한 어플리케이션을 제공하는 등 에너지 절감 차원에서 획기적인 기술로 평가받고 있다 [1-4].

본 연구에서 제안하고자 하는 클라우드 기반 스마트 콘센트 제품은 내부에 소비전력을 측정할 수 있는

✉ Sung Jin Park; psj6763@hanmail.net

Copyright ©2020 KIEEME. All rights reserved.
 This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

H/W 모듈과 스마트 콘센트 및 스마트 플러그에 연결된 가전기기의 전원을 on/off 제어할 수 있는 모듈 및 측정된 결과를 에너지 절감 시스템 서버로 전달할 수 있는 통신모듈로 구성된 새로운 형태의 콘센트라 할 수 있다. 또한 휴대폰을 통해 언제 어디서나 G/W서버에 연결된 단말장치 제어 가능, 빌딩 내 전력사용량을 측정하여 고객이 원하는 시간 원하는 단말기 ON/OFF 가능, 지역 내 아파트 신축 및 다가구 주택 건설시 에너지의 효율을 극대화시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

이에 따라서 본 연구에서는 PLC 통신방식을 이용한 전력 소비량의 실시간 모니터링, 전력 제어, 대기전력 자동차단 등의 축적된 기술을 통해 사업화를 위한 하드웨어 설계, 알고리즘, 프로토콜 및 모듈 개발 및 PLC 통신을 이용한 데이터의 송수신이 이루어질 수 있도록 고도화된 제품 개발을 위한 연구를 수행하였다.

2. 실험 방법

2.1 스마트콘센트

전력선을 이용한 PLC (power line communication) 은 통신기술은 1920년경부터 시작되었으며, 그동안 전용 통신선(전화선 및 광섬유) 등에 밀려 다소 소외되기는 했지만 다소 낮은 통신 속도로 각종 기계 제어 분야에 꾸준히 사용되어 왔다.

이후 2005년부터 PLC 기술의 비약적인 발전으로 200 Mbps급의 통신 속도를 구현할 수 있는 고속 PLC의 등장으로 일반 유선 통신과 비슷한 통신서비스를 할 수 있는 BPL (broadband over power line communication) 기술이 탄생하여 그림 1에서와 같이 기존 전력선(AC 전원선)을 통신 매체로 하여 변조(modulation)된 고주파 데이터 신호(디지털 정보, 수십 kHz~수십 MHz)를 전력선에 실어 송신하고, 고주파 필터를 이용해 따로 신호를 분리 및 복조(demodulation)하는 전력선통신(PLC)

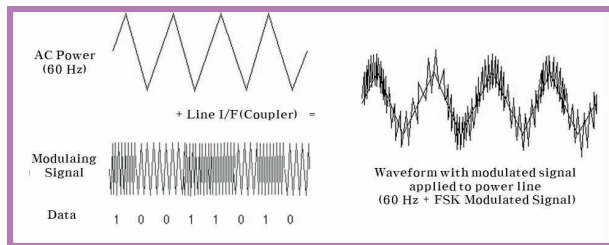


Fig. 1. Basic principle of the power line communication.

방식을 이용한 스마트콘센트에 관심을 갖기 시작하였다.

본 논문에서는 클라우드 환경에서 원격전력 모니터링 및 장치 제어가 가능한 전력선 통신방식의 매입형 스마트 콘센트 개발을 위한 주요 구성요소들을 다음과 같이 구성하였다.

- 1) 전원부: 입력 AC220을 전력선 통신을 위한 DC 9 V와 CPU 동작을 위한 DC 5 V로 분리하여 출력 전압을 인가하도록 하였다.
- 2) 주 처리부는 Arduino Pro Mini (Atmega 328p)의 다음과 같은 사양으로 개발하고자 하였다.
 - Absolute maximum VCC: 6 V
 - Maximum current for chip: 200 mA
 - Maximum current per pin: 40 mA
 - Recommended current per pin: 20 mA
 - 8-bit Atmel AVR • Flash program memory: 32 kB
 - EEPROM: 1 kB
 - Internal SRAM 2 kB
 - ADC: 10-bit
 - PWM: 8 bit
- 3) 전력선 통신부를 위한 PLC 통신 모듈은 그림 2와 같이 home plug green PHY 규격을 갖는 PLC 통신 모듈을 선정하였으며, 안정적인 통신 제어를 위해서 통신 모듈은 QCA7000을 사용하였으며, PLC 모듈의 신호 처리 과정을 그림 3에 표현하였다.



Fig. 2. Power line communication module.

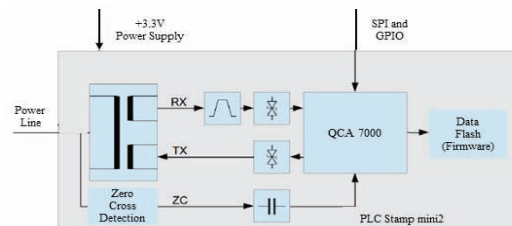


Fig. 3. PLC module block-diagram.

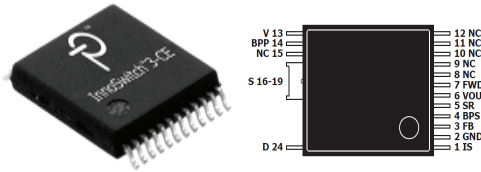


Fig. 4. AC/DC translation device chip.

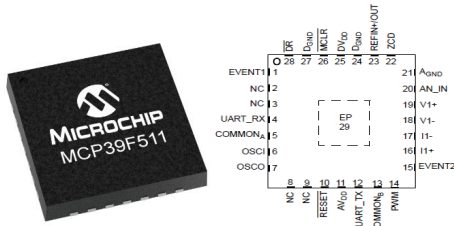


Fig. 5. Consist of power measurement IC.

- 사용전압: DC 9 V
 - 소모전류: 수신 20 mA, 송신 50 mA
 - 전력선 통신가능 주파수: 8채널 (60, 66, 72, 76, 82, 76, 110, 132 kHz)
 - 전력선 통신속도: 5 EA (600, 1,200, 2,400, 4,800, 9,600 bps)
 - 통신 Type: Serial (TTL, RS-232 level), Ethernet
 - 전력선 전압: AC 100~230 V
 - 통신 ID: 9개 채널(0~9), 오픈 채널(0)
- 4) AC/DC 변환 전원부의 구성은 그림 4와 같은 InnoSwitich3-CE off-line CV/CC QR flyback 파워 컨버터를 사용하였으며, 94% 이상 효율로 4,000 V 이상 절연전압을 갖는 AC/DC 컨버터 IC를 선정하였다.

에너지 사용량 측정용 power measurement IC 구성을 위해 그림 5와 같은 0.1% 측정오차를 갖는 단상 전력 측정 IC를 선정하여 전압, 전류, 역률, 유효 전력, 무효 전력 등의 출력 지원하도록 하였다.

2.2 G/W(Gateway)

그림 6은 클라우드 환경에서 원격 전력 모니터링 및 장치 제어가 가능하도록 PLC 통신 모듈을 게이트웨이 에 적용하기 위한 구성도이다.

본 연구에서 개발한 게이트웨이는 매입형 스마트 콘

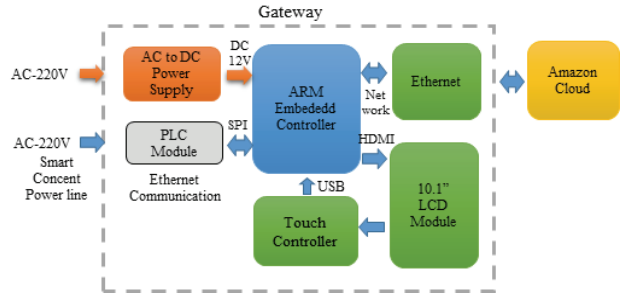


Fig. 6. Gateway schematic diagram.

Table 1. Gateway specifications.

Parameter	Unit	Remarks
Instantaneous power	w	Real-time instantaneous power per power socket
Accumulated power	kw/h	Accumulated power per power socket / total accumulated power
Socket power control	Bool	Specified socket power control
Reservation information	Date time	Reservation control time information: Start reservation, stop reservation, power status
Registered socket communication status	Bool	Communication status verification information based on the present time

센트 일반 제어 및 타이머를 이용한 on/off 제어 기능이 가능하고 실시간 전력 사용량 모니터링 및 콘센트 별 실시간 사용량과 누적 사용량이 표출되도록 하였다. 게이트웨이에 적용된 데이터는 표 1과 같은 기능을 수행하도록 하였다.

게이트 제어 화면은 기간별 전력 사용량 통계(일/주/월) 모니터링 기능과 실시간 관리비(전기세) 계산 및 해당 월별 전체 사용량 및 요금 화면이 표출되도록 설계하고 클라우드(AWS) 연동 (전력 사용량 데이터 전송 및 콘센트 제어) 기능을 통해서 AWS 서비스 적용 제품 및 클라우드 서비스 내용을 확인할 수 있도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 스마트콘센트

본 연구에서는 클라우드에 활용하기 위한 PLC 통신 방식의 스마트콘센트와 게이트웨이 및 통신프로토콜을

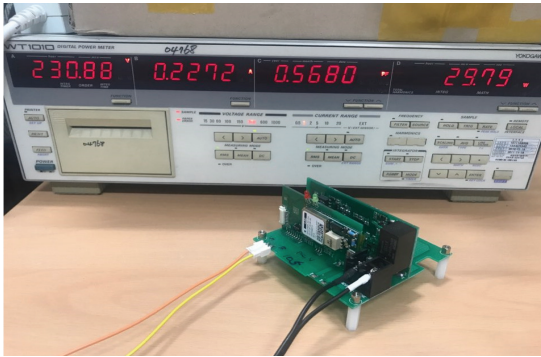


Fig. 7. WT1010 power meter.



Fig. 9. Developed gateway control panel.

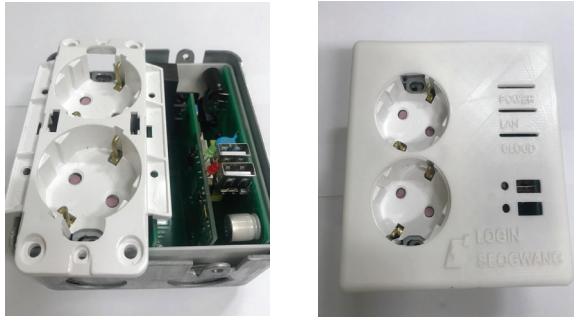


Fig. 8. Developed smart outlet.



Fig. 10. Developed smart concent/gateway.

개발하고자 하였으며, 현재 판매되고 있는 와이파이 방식의 다양한 제품과는 방식이 다른 홈서비스와 연동이 가능한 매입형 콘센트를 개발하였다.

개발한 제품의 사용전원 시험을 위해서 그림 7에서의 IT8211 150 W DC Load 장비를 사용하였으며, 시험 결과 input: 85~265 VAC 60 Hz, output: DC 5.2~5.4 V 2 A MAX의 결과 값을 보였다. 또한 정격전류와 소비 전력의 특성 실험은 WT1010 power meter 계측기를 사용하여 시험하였으며 정격전류는 최대: 16 A AC, 정격: 10 A AC의 결과 값을 보였으며 소비전력은 콘센트 동작 소비전력은 1.8 W의 결과 값을 보였다.

이러한 특성은 현재 판매되고 있는 타사 제품과의 사양을 비교해볼 때도 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

3.2 G/W(Gateway)

본 연구에서 개발된 게이트 제어 화면을 그림 9와 그림 10에 표현하였으며, 스마트 콘센트가 설치되어 있는 사용공간을 고려하여 부하에 따른 전력 사용량

Table 2. Gateway specification for PLC outlet.

CPU	S5P6818, 1.4 GHz, Octa-cores
DDR3 RAM	1 GB
Connectivity	Gbps ethernet port
USB host	USB 2.0 type A × 1
HDMI	HDMI 1.4 A, microHDMI (type-D), 1080P60
GPIO	2.54 mm spacing 40 pin, includes UART, SPI, I2C, PWM, IO etc
RTC	RTC battery seat
PCB dimension	75×40 mm
OS	Linux kernel 4.4 + Opencv 2.4

통계(일/주/월) 모니터링 기능과 실시간 관리비(전기세) 계산 및 해당 월별 전체 사용량 및 요금 화면이 표출되도록 하였다.

또한 조회 서비스를 통한 클라우드(AWS) 연동 (전력 사용량 데이터 전송 및 콘센트 제어) 기능을 통해



Fig. 11. Communication test of outlet & G/W.

서 AWS 서비스 적용 제품 및 클라우드 서비스 내용을 확인할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 개발된 게이트웨이는 리눅스 기반의 OS를 탑재한 디바이스로서 대용량 데이터 처리가 가능하도록 하였으며, 여기에서 사용된 사양을 표 2에 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 PLC 방식의 스마트 콘센트와 게이트웨이를 통해 기축 건물이나 공장 등에서 별도의 통신선로 없이 기존의 전력선을 이용하는 PLC 기술에 TCP/IP를 이용하는 기술과 빅 데이터에서 호환되는 DLMS 프로토콜이 탑재된 제품을 개발하고 기존의 콘센트를 대체할 수 있도록 하며 콘센트에 연결된 모든 장비는 게이트웨이를 통해 클라우드에서 관리가 가능하도록 하는 제품을 개발하고자 하였다.

본 연구를 통해 기존의 와이파이나 Zigbee 방식이 아닌 기축 건물이나 공장 등에서 별도의 통신선로 없이 기존의 전력선을 이용하는 PLC 기술에 TCP/IP를 이용하는 기술과 빅 데이터에서 호환되는 DLMS 프로토콜을 탑재하여 기존의 콘센트를 대체할 수 있도록 하였으며, 콘센트에 연결된 모든 부하는 클라우드에서 Web/App 모니터링 제어 등의 관리가 가능하도록 하는 등 기존의 제품들과는 다른 에너지 사용량을 모니

터링 할 수 있는 우수한 결과를 얻게 되었다.

이 제품을 통해 사용자인 고객과 유틸리티 간의 양방향 통신에는 많은 이점이 있는데 이는 시스템을 모니터링 하여 적절한 작동, 기능 및 효율성을 보장함으로써 고객 웹 포털을 통해 가정의 일일 및 시간별 전력 소비량을 확인 가능하고 청구서의 정확도 향상, 정전 감지 등의 모니터링 기능이 향상되어 잠재적인 전원 무결성 문제를 예측하고 완화하여 정전 및 전력품질 이벤트를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

ORCID

Sung Jin Park

<https://orcid.org/0000-0002-6078-3882>

감사의 글

본 연구는 전라남도 테크노파크 지역수요 맞춤형 연구개발사업(연구성과사업화 지원사업) “클라우드 기반 전력선통신(PLC)방식의 스마트 콘센트 제품 개발”의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

REFERENCES

- [1] H. W. Kim and D. K. Kim, *J. Korea Inst. Inf. Secur. Cryptology*, **22**, 7 (2012).
- [2] C. H. Yang, W. H. Hwang, C. H. Lee, Y. H. Kim, D. I. Geum, S. C. Kim, S. Y. Son, and J. H. Hong, *Proc. 46th KIEE Summer Conf. (KIEE, Muju, 2015)* p. 39.
- [3] H. S. Kim, J. H. Na, S. H. Park, and S. Kwak, *J. Korea Multimedia Soc.*, **17**, 160 (2014). [DOI: <https://doi.org/10.9717/kmms.2014.17.2.160>]
- [4] H. S. Kim, B. J. Park, and Y. J. Jo, *J. of Digital Contents Soc.*, **18**, 895 (2017). [DOI: <https://doi.org/10.9728/dcs.2017.18.5.895>]