

ZigBee를 적용한 누전상태 모니터링시스템 구현

Implementation of Leakage Monitoring System Using ZigBee

주재한¹ · 나승권^{2*}

¹송호대학교 보건의료전자과

²한국폴리텍대학 강릉캠퍼스 전자통신학과

Jae-han Ju¹ · Seung-kwon Na^{2*}

¹Department of Medical Electronics, Songho College, Gangwon-do 25242, Korea

²Department of Electronics and Communication, Korea Polytechnic College Gangneung Campus, Gangwon-do 25605, Korea

[요 약]

최근 가정이나 산업용 건물에서 컴퓨터, TV, 냉장고, LED 조명 등 가전기기들의 누전전류에 의한 감전사고가 지속적으로 발생하고 있다. 그리고 가정 내 벽면에 설치된 콘센트에 직접 연결되어 제어 하는 누전차단 모듈들은 모듈 후단에 병렬로 연결된 각각의 가전기기들의 누전상태를 확인하기가 쉽지 않다. 또한 전류가 정상적인 전류의 통로 이외로 흐르는 누전전류를 기존의 누전차단기들은 배전함에 설치되어 누전시 전원을 차단해 주는 역할을 한다. 가전기기의 누전으로 인한 감전, 화재 등 여러 가지 재해가 발생하여 누전전류의 위험성이 심각하게 제시되고 있다. 이에 근거리 무선통신시스템 중에서 저전력과 저가격 면에서 장점이 많은 IEEE 80215.4 기반의 지그비통신을 이용하여 상시 감시할 수 있는 누전상태 모니터링시스템 구현방안을 제시한다.

[Abstract]

In recent years, electric shock accidents due to electric leakage currents of household appliances such as computers, TVs, refrigerators, and LED lights are continuously occurring in homes and industrial buildings. And it is not easy to check the leakage current of each household appliances connected in parallel at the rear end of the module. In addition, the leakage current flowing through the path of the normal current other than the existing current leakage circuit breakers are installed in the distribution box, only the function to cut off the power when the leakage. Therefore, there are various disasters such as electric shock and fire caused by short circuit of household appliances, and the risk of such leakage current is seriously presented. In this paper, we propose a method to implement a leakage monitoring system that can be monitored at all times using Zigbee communication based on IEEE 80215.4, which has advantages in low power and low cost among short range wireless communication systems.

Key word : ZigBee, Electric leak breaker, Leakage current, Home network, Leakage current control system.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.1.107>



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.

Received 30 December 2016; Revised 2 February 2017

Accepted (Publication) 19 February 2017 (28 February 2017)

*Corresponding Author ; Seung-kwon Na

Tel: +82-10-4963-7160

E-mail: skna2@hanmail.net

I. 서론

컴퓨터나 스마트폰이 아닌 다른 사물도 인터넷으로 접속하여 제어할 수 있는 것에 관심이 높아지면서, 일상생활에 밀접한 전자기기들이 상호간 혹은 모바일과 통신을 하면서 새로운 서비스 또는 유용한 가치를 제공하는 사물인터넷(IoT) 기술이 글로벌 IT 업계의 화두로 떠오르면서 10~50 m 내외의 근거리 무선 통신기술이 각광받고 있다. 이미 일부 가정은 스마트폰, TV 등 근거리 무선통신시스템에 연결된 전자기기들을 보유하고 있으며, 전문가들은 2022년경에는 다양하게 증가할 것으로 예측하고 있다[1].

이 같은 근거리 무선통신시스템 중에서 지그비(Zigbee)는 비교적 전력소모가 낮다는 장점을 가지고 가정 및 사무실의 스마트 홈네트워크, 원격검침시스템, 주차 및 운송 인프라, 환경 모니터링 등 환경 및 에너지, 산업자동화 분야 등으로 점점 그 이용도가 확대되고 있는 추세이다.

최근 가정이나 산업용 건물에서 컴퓨터, TV, 냉장고, LED 조명 등 가전기기들의 누전전류에 의한 감전사고가 지속적으로 발생하고 있다. 따라서 가전기기의 누전으로 인한 감전, 화재 등 여러 가지 재해가 발생하여 이러한 누전전류의 위험성이 심각하게 제시되고 있다[2].

가정 내 배전함에 누전차단기가 설치되어 있긴 하지만, 가정집안 벽마다 설치된 콘센트에 연결된 가전기기들을 개별적으로 점검하는 일은 쉬운 일이 아니다. 또한 전류가 정상적인 전류의 통로 이외로 흐르는 누전전류를 기존의 누전차단기들은 배전함에 설치되어 누전시 전원을 차단해 주는 역할을 한다.

따라서 본 논문에서는 가전기기에 대한 누전을 지그비에 의해 상시 감시할 수 있는 누전상태 모니터링시스템 구현방안을 제시하고자 한다.

II. 누전전류제어시스템

2-1 지그비시스템

지그비는 저속, 저비용, 저전력의 무선망을 위한 기술로, 주로 양방향 무선 개인영역통신망(WPAN)기반의 홈네트워크 및 무선 센서망에서 사용되는 기술이고, 지그비 얼라이언스(zigbee alliance)에서 IEEE 802.15.4 물리계층(PHY, MAC) 표준 기술을 기반으로 상위 프로토콜 및 응용 프로파일을 표준화하였다[3].

버튼 하나의 동작으로 집안 어느 곳에서나 전등 제어 및 홈 보안 시스템을 제어관리 할 수 있고, 인터넷을 통한 전화 접속으로 가정 자동화를 더욱 편리하게 달성하려는 것에서부터 출발한 기술이다. 지그비는 세계 대부분 지역에서 ISM(industrial scientific medical band)밴드인 2.4 GHz 무선주파수대역에서 동작하지만, 무선랜(WLAN), 블루투스(blueetooth)와 같이 동일 주파 대역을 사용하는 무선 기술들과의 간섭을 피하기 위해 868

표 1. IEEE 802.15.4/ZigBee PHY계층의 특징

Table 1. Characteristic of IEEE 802.15.4/ZigBee PHY layer.

Frequency band		868/915 MHz	2.4 GHz
Spreading Parameter	Chip Rate (kceps)	300 @ 868 MHz 600 @ 915 MHz	2000
	Modulation	BPSK	O-QPSK
Data Parameter	Bit Rate (kbps)	20 @ 868 MHz 40 @ 915 MHz	250
	Symbol Rate (ksps)	20 @ 868 MHz 40 @ 915 MHz	62.5
	Symbol	Binary	16-ary Orthogonal

MHz(유럽), 915 MHz(미국/호주) 주파수 대역도 사용된다. 변조 방식은 직접 시퀀스 확산 스펙트럼(DS-SS)방식이며, 데이터 전송 속도는 20~250 kbps이다.

IEEE802.15.4/Zigbee PHY는 기존의 무선통신시스템의 PHY에 비해 낮은 data rate을 사용하므로 간단한 구조로 이루어져 있다. 표 1은 IEEE 802.15.4/ZigBee PHY 계층의 특징을 나타낸다.

두 물리계층 사이의 근본적인 차이는 주파수대역으로 일반적으로 널리 활용되는 있는 ISM대역인 2.4 GHz와 유럽과 미국의 868/915MHz대역으로 유럽에서는 868 MHz대역을 미국에서는 915MHz대역을 사용한다. 그리고 물리계층의 사용대역에 따라 전송속도가 다르며, 2.4 GHz대역에서는 O-QPSK 변조방식에 의해 250 kbps의 전송속도를 제공하고 868/915 MHz대역은 BPSK 변조방식에 의해 각각 20 kbps와 40 kbps 전송속도를 제공한다[4],[5].

표 2는 IEEE 802.15.4/ZigBee RF 요구사항을 나타낸다. 일반적으로 ZigBee system이 10m의 근거리에서 동작할 것으로 예측되기 때문에 10 m거리에서의 감쇄가 약 70~80 dB 사이에서 일어나게 된다. 따라서 margin을 감안한 transmit power를 0 dBm으로 정할 수 있다[6]. Sensitivity는 방해파가 없는 상태에서 20 octets의 PSDU(PHY service data unit)에 대해 1%의 패킷 에러율을 만족하는 경우를 기준으로 산정한다.

표 2. IEEE 802.15.4/ZigBee PHY계층의 특징

Table 2. Characteristic of IEEE 802.15.4/ZigBee PHY layer.

Transmit Power	0dBm
Transmit center frequency tolerance	±40 ppm
Receiver sensitivity (PSDU length=20octets, PER<1%)	-85dBm @ 2.4 GHz band -92dBm @ 868/915 MHz band
Receiver Selectivity	2.4 GHz: 5 MHz channel pacing, 0dB adjacent channel requirement
Channel Selectivity and Blocking	915 MHz and 2.4 GHz band : 0dB rejection of interference from adjacent channel : 30dB rejection of interference from alternate channel
Rx Signal Strength Indication Measurements	Packet strength indication, Clear channel assessment, Dynamic channel selection

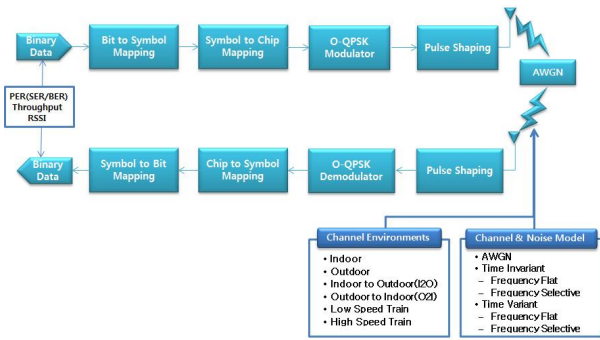


그림 1. IEEE802.15.4/ZigBee PHY 통신시스템의 구조
 Fig. 1. Structure of IEEE 802.15.4/ZigBee PHY communication system.

그림 1은 PPDU(presentation protocol data unit)로부터 입력 받은 binary data 신호에 대한 주파수대역이 2.4 GHz인 IEEE 802.15.4/ZigBee PHY 통신시스템의 송·수신단과 구조이다.

IEEE 802.15.4/ZigBee PHY 통신시스템의 구조에서 2.4GHz 물리계층의 데이터속도는 250kbps이고, 16-ary orthogonal modulation 을사용하여 데이터를 전송한다. 그리고 각 심볼구간 동안 4개의 정보 bit을 하나의 심볼로 mapping하고 각 심볼에 따라 16개의 PN 시퀀스중 하나를 선택하여 확산시키고, 각 chip 시퀀스를 O-QPSK (offset quadrature phase shift keying)방식으로 변조시켜 펄스 성형후 전송한다. 이후의 과정은 송신단의 역과정이며, 이를 통해 원래 신호로 복원된다[7].

2-2 누전차단기

누전차단기 (electric leak breaker)는 전기가 전선이나 가전기기를 통하는 동안 여러 가지 원인으로 밖으로 새어나가는 누전을 차단시켜 주는 장치로서, 교류 600 V이하의 저압선로에 감전, 화재 및 기계·기구의 손상 등을 방지하기 위해 설치하며, 이러한 기기가 설치되어 있는 대지에 누설되어 흐르는 누설전류를 신속히 검출, 차단함으로써 인체의 감전사고를 방지하고, 누설전류에 의해 발생하는 기기 및 선로의 열화로 인한 화재를 억제하기 위해 저압 교류가 공급되는 대부분의 부하회로에 설치되고 있다[8],[9].

전기설비의 절연이 불량하여 전압선이 기기의 외함에 접촉되는 경우 기기의 외함과 대지 사이에 나타나는 전압 U_F 는 식 1과 같다.

$$U_F = \frac{V_2 R_3}{R_3 + R_2 + R_e} \approx \frac{V_2 R_3}{R_2 + R_3} \tag{1}$$

인체에 위험한 전류와 통전시간에 대한 식은 2와 같다.

$$I = \frac{165}{\sqrt{T}} \tag{2}$$

식 2에서 I는 심실세동전류(mA), T는 통전시간(sec)를 나타낸다. 누전차단기의 설치규정에 따라 저압선로에 시설하는 누전차단기 등은 전류 동작형으로서, 이를 반영하여 전기설비기술 기준으로 감전보호용 누전차단기의 정격감도전류는 30 mA이하, 동작시간은 0.03 sec 이내이다.

차단기의 종류는 표 3과 같으며 크게 고감도형, 중감도형, 저감도형으로 구분된다.

누전차단기의 핵심 부품은 그림 2에서 보이는 ZCT (zero current transformer)이다. ZCT는 일종의 CT (current transformer)로서 전류값을 전압값으로 변환시키는 장치이다. 일반 CT는 한 상의 전선만 통과하여 전류를 측정하나, ZCT는 한 구멍에 전류의 방향이 다른 양극의 전류가 동시에 통과하므로 정상 상태에서는 전압이 발생하지 않는다.

누전이 발생하면 한 극에서 출발한 전류가 다른 극으로 100% 돌아오지 않게 되고, 그 전류의 차이가 설정값(일반형 : 30 mA, 고감도형 : 15 mA) 이상이면 제어회로의 판단에 따라서 TC (trip coil)이 여자되어 TM (trip mechanism)을 동작시켜 접점이 열리게 된다.

TEST 버튼은 설치된 저항을 통하여 한 상의 전류를 ZCT에 통과시킴으로서, 누전과 같은 효과를 인위적으로 만들어 ELB (electric leak breaker)의 기능을 시험할 수 있도록 되어있다.

표 3. 누전 차단기 종류

Table 3. Type of electric leak breaker.

Division		Rated sensitivity current	Operating time
High Sensitivity Type	High speed type	5,10,15,30	Within 0.1 second of rated sensitivity current, Within 0.03 seconds of human body protection type
	Time delay type		Rated sensitivity current exceeds 0.1 seconds and within 2 seconds
	Inverse time type		Rated sensitivity current exceeds 0.2 seconds and within 1 seconds, Rated sensitivity Current exceeding 0.1 second and less than 0.5 second at current of 1.4 times, Rated sensitivity current Within 4.4 times of current and within 0.05
Medium sensitivity type	High speed type	50,100, 200,500, 1000	Within 0.1 second of rated sensitivity current
	Time delay type		Rated sensitivity current exceeds 0.1 seconds and within 2 seconds
Low sensitivity type	High speed type	3000,5000, 10000, 20000	Within 0.1 second of rated sensitivity current
	Time delay type		Rated sensitivity current exceeds 0.1 seconds and within 2 seconds

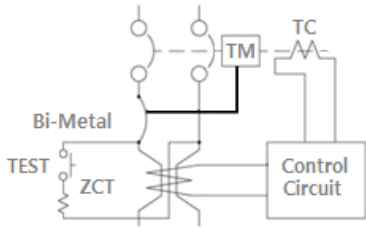


그림 2. 누전차단기 원리
Fig. 2. Principle of electric leak breaker.

한달에 한번 정도 시험할 필요가 있다.

누전차단기는 NFB (no fuse breaker)와 마찬가지로 과전류 차단 기능을 포함하고 있는 데 차단기에 흐르는 전류는 그림 2와 같이 바이메탈을 통과하도록 되어 있으므로, 정격값 이상의 전류가 흘렀을 때 바이메탈이 휘어져 TM을 동작시켜 접점이 떨어지게 되어 있다.

고장시 누전차단을 위해 ELB는 공급되는 전원을 받아 작동 전원으로 사용하고 있으므로, 외부에서 유입되는 과도한 서지 (surge) 전류에 의해 제어 회로 내부의 부품이 고장을 일으키거나 일시적으로 오동작을 하여 누전이 없는 데도 불구하고 트립이 되는 경우가 있다. 이 경우 누전차단기를 교체하여야 한다.

누전차단기는 전기기계기구의 금속제 외함 또는 외피 등의 금속제 부분에 누전, 절연과피 등으로 인하여 발생하는 지락전류가 일정 값 이상일 경우 주어진 동작시간 이내에 전기기계기구의 전로를 차단하는 장치이며, 누전검출부, 영상변류기, 차단기구 등으로 구성되어 있다. 누전차단기의 동작은 미소한 지락전류를 검출하여야 하므로 ZCT를 사용한다.

평상시 누설전류가 없을 경우 인입전류와 귀로전류는 같다. 그러나 누전상태가 되어 누설전류가 발생하면 누설전류만큼 귀로전류가 돌아오지 않게 되어 평형상태가 깨어지고 이를 검출해서 차단하게 된다.

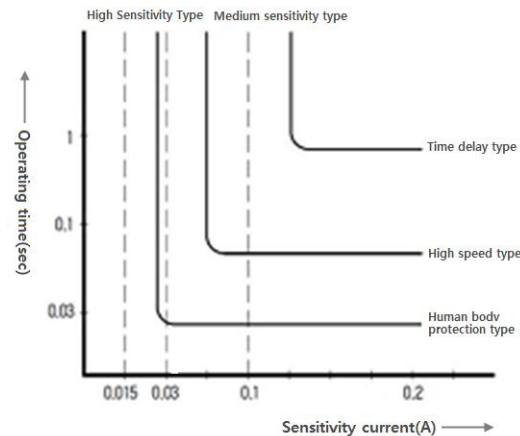


그림 3. 누전차단기의 일반적인 동작특성곡선
Fig. 3. Operation characteristics curve of ELB.

그림 3은 정격감도 전류와 동작시간이 적절히 선정된 계통

의 지락보호협조가 가능하다는 것을 보여준다. 일반적인 누전 차단기의 동작특성이다[10]. 그리고 인체감전보호용이나 고속형의 중감도형으로도 일부 선택협조가 가능하나, 보다 광범위한 선택협조를 위하여서는 시연형의 누전차단기가 필요하게 된다.

III. 성능 평가

현재 사용되는 누전차단기의 성능 및 회로를 분석하고, 지그비를 적용한 누전차단기 회로를 이용하여 누전 상태를 확인할 수 있는 누전모니터링시스템을 구성한다.

그림 4는 누전상태 신호를 입력받아 통신을 하기 위한 통신 모듈이다. TI사의 TSP430F1611 MCU를 사용한 MSP430 모듈은 12bit ADC/DAC, 타이머, I2C, SPI, USART 등 주요기능을 지원한다. RF 모듈은 주파수 2.4 GHz 밴드를 사용하는 IEEE 802.15.4 기반의 무선 모듈이다. 표 4와 표 5는 각 모듈의 구성을 정리한 것이다.

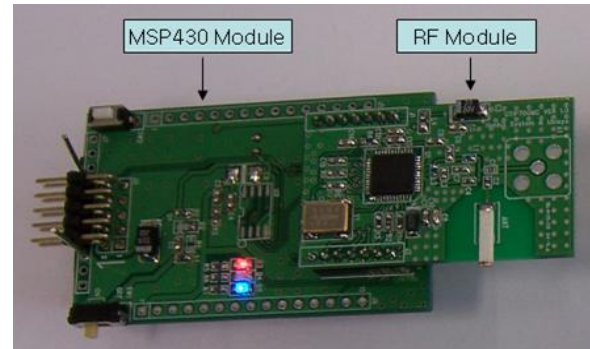


그림 4. IEEE 802.15.4 기반의 통신 모듈
Fig. 4. IEEE 802.15.4-based communication module.

표 4. MSP430 모듈 사양

Table 4. MSP430 Module Specification.

Division	Item	Explanation
1	Processor	MSP430F1611
2	Internal Memory	10KB RAM,48KB
3	Operating System	TinyOS, nesC
4	Program Download	USB,JTEG
5	Power	3.0~5V

표 5. RF 모듈 사양

Table 5. RF module specification.

Division	Item	Explanation
1	RF Chip	TI Company CC2420
2	Multi-Channel radio	250Kbps
3	Network	Multi-top and Ad hoc

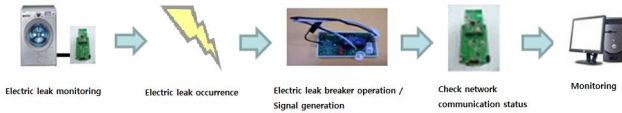


그림 5. 누전제어
Fig. 5. Leakage control.

그림 5는 누설전류에 관한 제어에 대해 설명한 것이다. 누설 전류 모듈은 두 가지 기능을 한다. 첫 번째는 누설전류를 차단 하는 누전차단기 기능이다. 누전 발생 시 무엇보다 안전이 중요 하기 때문에 먼저 가전기기로 공급되는 전원을 차단한다. 두 번째는 누전발생 신호를 센서 모듈로 전달하는 기능이다. 전자는 그림 6의 누전차단기에서 RELAY 1을 통해서 이루어진다. 후자는 RELAY 2에 의해 발생되는데 RELAY1과 동시에 작동한다. RELAY 2의 공통단자(COM)에는 센서부로부터 3V의 전원이 연결되어 있다. 누전이 발생되어 RELAY 2가 동작하면 RELAY 2의 A접점에 연결된 누전신호 입력 라인을 통해 센서 모듈로 신호가 입력된다.

센서 모듈에 누전차단신호가 입력되면 네트워크상의 통신 상태를 점검 후 메인 모듈로 가전기기의 누전상태를 통신한다. PC에서는 모듈로부터 전달받은 프로토콜을 분석하여 모니터링 프로그램을 이용하여 가전기기들의 누전상태를 모니터링 한다.

표 6은 본 논문에서 사용하는 누전차단시험기 기술적인 사양이다. 본 성능시험에서는 AC 220V, 60Hz 전원을 사용하고, 누전시험의 누전전류는 10, 30, 70 mA에서 시험하였다. 표 7은 각 누전전류에 대응하는 누전차단기 응답시간을 측정한 것이다. 누전전류가 10mA일 때는 누전차단기가 동작을 하지 않았고, 30 mA와 70 mA에서는 정상 동작을 했다.

표 6. 누전차단시험기 사양
Table 6. Earth leakage break tester Specification.

Model	MSN300
Outlet connection Confirmation contents(7 things)	Test, Test,(Single phase three wire), Voltage wire break, Ground wire break, Neutral wire break, Voltage wire neutral wire change, Voltage wire ground wire change
Test method	Automatic
Sensitivity current	110/220 V:5/10, 15/30, 35/70, 50/100 mA 380 V:10,30,100,200 mA 440 V:10,30,100,200 mA
Test time	0.3 sec
Accuracy	10~30 mA: 1 %, 30~200 mA 5 %
Operating temperature	-20~80 °C
Storage temperature	-40~90 °C
Humidity	20%~85 % RH
Exterior material	Impact resistance ABS

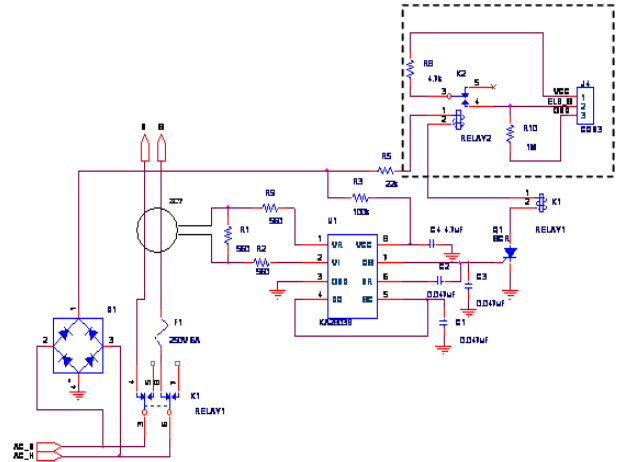


그림 6. 누전신호 검출용 회로
Fig. 6. Leakage signal detection circuit.

표 7. 누전차단기 응답시간
Table 7. Earth leakage breaker response time.

Leakage current	Response time
10 mA	Inoperative
30 mA	0.3 sec
70 mA	0.3 sec

본 논문에서 제안한 누전차단기는 기존 회로의 특성을 전부 적용하지 못해서 30 mA이상에서만 정상작동을 했다. 지그비 통신은 장애물이 없는 3 m이내에서 통신을 하였다. 하나의 노드에서는 통신에 장애가 없었지만 노드가 많아질 경우 통신량이 많아져 통신 속도가 낮아질 우려가 있다.

그림 7은 가전기기의 누전 상태를 모니터링 하는 프로그램이다. 이 프로그램은 모니터링 PC의 통신포트와 통신속도를 변경할 수 있도록 되어 있으며, 모듈과의 통신 프로토콜도 확인할 수 있다. 누전상태는 정상상태와 누전상태만을 표시한다.



그림 7. 누전 모니터링 프로그램
Fig. 7. Leakage monitoring program.

IV. 결 론

최근 많은 주목을 받고 있는 홈 네트워킹은 네트워크를 사용하여택내 기기를 원격으로 감시하고 제어할 수 있는 기술이다. 무선 홈 네트워킹 방식은 유선 방식과 비교하여 배선에 따른 비용과 노력이 들지 않으며 기존 주택에 용이하게 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히, 지그비 프로토콜을 사용한 홈 네트워킹은 저렴한 비용과 낮은 전력 등의 장점으로 매우 매력적인 무선 네트워킹 기술 중의 하나로 알려져 있다.

가정 내 벽에 설치된 콘센트에 직접 연결되어 제어 되는 누전차단 모듈들은 모듈 후단에 병렬로 연결된 각각의 가전기기들의 누전상태를 확인하기는 쉬운 일이 아니다. 본 논문에서 제안된 시스템은 가전기기에 내장된 누전차단기 회로를 응용했기 때문에 각각의 기기들의 누전상태를 확인할 수 있어 기존 시스템 보다는 좀 더 누전을 세밀하게 모니터링 할 수 있을 것이라 기대한다. 또한 이 시스템은 저 전력과 가격 면에서 장점이 많은 IEEE 80215.4 기반의 지그비 통신을 이용했고, 기존의 홈 네트워크의 호환성도 기대된다.

참고 문헌

[1] D. H. Sin, J. Y. Jeong, and S. H. Gang, "Trends and prospects of internet things," *Review of Korean Society for Internet Information.*, Vol. 14, No. 2, pp. 32-46, 2013.
 [2] M. Mitolo, "Shock hazard in the presence of protective residual current devices," *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 46 No. 4, pp.1552-1557, 2010.
 [3] L. Zheng, "ZigBee wireless sensor network in industrial applications," in *SICE-ICASE, International Joint Conference*,

Busan: Korea, pp.1067-1070, Oct. 2006.
 [4] P. D. Marco, P. Park, C. Fischione, and K. H. Johansson, "Analytical modeling of multi-hop IEEE 802.15.4 networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 61, No. 7, pp. 3191-3208, 2012.
 [5] X. Xu, D. Yuan, and J. Wan, "An enhanced routing protocol for ZigBee/IEEE 802.15.4 wireless networks," in *2008 Second International Conference on Future Generation Communication and Networking*, Vol. 1, pp. 294-298, Dec. 2008.
 [6] G. Sutton, R. Liu, and I. Collings, "Modelling IEEE 802.11 DCF heterogeneous networks with rayleigh fading and capture," *IEEE Transactions on Communications.*, Vol. 61, No. 8, pp. 3336-3348, Aug. 2013.
 [7] A. Faridi, M. R. Palattella, M. Dohler, G. Boggia, A. Grieco, P. Camarda, and A. Lozano, "Comprehensive evaluation of the IEEE 802.15.4 MAC layer performance with retransmissions," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 59, No. 8, pp. 3917-3932, Oct. 2010.
 [8] Massimo Mitolo, "Shock Hazard in the Presence of Protective Residual Current Devices", *IEEE Transactions on Industry Applications*, pp. 1552-1557, 2010.
 [9] M. Cavalcanti, K. Oliveira, A. Farias, F. Neves, and G. Azevedo, "Modulation techniques to eliminate leakage currents in transformerless three-phase photovoltaic systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Vol. 57, No 4. pp. 1360-1368. 2010.
 [10] Z. Liu, and G. Li, "Selective leakage protection for underground distribution networks based on DSP," *Safety in Coal Mines*, Vol. 39, No. 3, pp.26-29, 2008.



주 재 한(Jae Han Ju)

1989년 2월 : 조선대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1999년 2월 : 조선대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 2000년 3월 ~ 현재 : 송호대학교 보건의료전자과
 ※ 관심분야 : 디지털이동통신, 임베디드시스템, 의공학



나 승 권 (Seung Kwon Na)

1999년 2월 : 세명대학교 전기공학과 (공학사),
 2008년 2월 : 세명대학교 대학원 전기전자공학과 (공학박사)
 1988년 5월 ~ 1994년 8월 : 한국수자원공사,
 2014년 8월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 강릉캠퍼스 전자통신학과 교수
 ※ 관심분야 : 의공학 및 대체에너지분야, 에너지변환, 전력전자응용분야

2001년 2월 : 세명대학교 대학원 전기전자공학과 (공학석사)
 1981년 7월 ~ 1988년 4월 : 삼육의료원 부산(한방)병원
 1994년 9월 ~ 2014년 7월 : 한국폴리텍대학 원주캠퍼스 의용공학과 교수