

ZigBee 통신을 이용한 누전 전류 제어 시스템 설계

정회원 주재한*, 김태훈**

The Design of Leakage Current Control System using ZigBee Communication

Jae han Ju*, Tae hoon Kim** *Regular Members*

요약

가전기기의 누전으로 인한 감전, 화재 등 여러 가지 재해가 발생하는 사례는 이제 남의 일이 아닐 정도로 누전 전류의 위험성은 심각하다. 또한 맥내 배전함에 누전차단기가 설치되어 있긴 하지만, 집안 벽마다 설치된 콘센트에 연결된 가전기기들을 개별적으로 점검하는 일은 쉬운 일이 아니다.

따라서, 본 논문에서는 누전차단기회로를 이용하여 누전 상태확인 및 차단회로를 구성하고, USN기술 중 ZigBee 통신을 이용하여 맥내 가전기기들의 누전상태를 모니터링 할 수 있는 방법에 대해 제시하였으며, 성능분석 결과, 제안된 누전전류제어 시스템은 가전기기에 내장된 누전차단기 회로를 응용했기 때문에 각각의 가전기기들의 누전상태를 확인할 수 있어 기존 시스템 보다 누전을 쉽고 편리하게 모니터링 할 수 있을 것이라 기대한다.

Key Words : ZigBee, USN, Leakage Current, Home Network, Leakage Current Control System

ABSTRACT

Many kinds of disasters such as electric shock and fire caused by electric leakage of household appliances are common in our daily lives and risk of electric leakage is high. Although electric leakage circuit breakers(ELB) are installed in distribution box, it is not easy to individually examine all household appliances connected to outlets on walls in a house.

In this paper, using the circuit breaker short-circuit protection circuit and the configuration and status checks, USN of the ZigBee technology to communicate using the premise of consumer electronic devices capable of monitoring short-circuit conditions were present for a way.

Performance analysis, the proposed short-circuit current control system built into the electronics because the circuit breaker for each circuit application appliances can check the status of the short circuit short circuit than the existing system can be monitored easily and should expect.

I. 서론

사회의 발전과 더불어 가정내에서 전기 에너지를 이용한 세탁기, 냉장고, TV 등 가전기기들의 사용이 늘어나고 있다. 하지만 이런 가전기기들의 누전으로 인한 감전, 화재 등 여러 가지 재해가 발생하는 사례는 이제 남의 일이 아닐 정도로 누전전류의

위험성은 심각하다¹⁾.

맥내 배전함에 누전차단기가 설치되어 있긴 하지만, 집안 벽마다 설치된 콘센트에 연결된 가전기기들을 개별적으로 점검하는 일은 쉬운 일이 아니다.

또한 기존의 누전차단기들은 배전함에 설치되어 누전시 전원을 차단해 주는 기능을 한다. 최근에는 누전차단기에 무선 모듈을 적용한 모델들이 개발되

* 송호대학 보건의료기기과(jhju@songho.ac.kr), **(주)엔에스티
논문번호 : 09062-1103, 접수일자 : 2009년 11월 3일

고 있다. 하지만 상용화 단계까지 활성화되지 않았고, 아직 가정이나 회사 내에서는 배전함에 설치된 누전차단기를 사용하고 있다.

따라서 본 논문에서는 가정에서 사용되고 있는 가전기기의 누전전류를 점검하기 위해 현재 사용되는 누전차단기의 성능 및 회로를 분석하고, ZigBee 기반의 센서를 통한 가전기기들의 개별적인 누전상태를 상시 감시하고 모니터링 할 수 있는 시스템을 구현하는 방법을 제시하였다.

이를 위해서 II장에서는 ZigBee와 누전전류 및 누전차단기에 대해 기술하고, III장에서는 ZigBee통신을 이용한 누전전류 제어기법에 대해 기술하고, IV장에서는 ZigBee 모듈 구성 및 시험 절차를 통해 성능 시험 및 분석을 하였다. 끝으로 V장은 제안한 누전전류제어 시스템의 결론을 맺고자 한다.

II. ZigBee 시스템 아키텍처

2.1 ZigBee 통신

ZigBee는 저전력, 저가격, 초소형을 특징으로 하는 IEEE 802.15.4기반의 저속의 데이터를 전송하는 통신기술이다. 무선 주파수대역은 2.4GHz, 868 MHz와 915MHz를 사용한다^{[2][3]}.

IEEE802.15.4는 ZigBee의 PHY계층과 MAC계층의 표준을 정의하고 있다.

IEEE 802.15.4 LR-WPAN(Low Rate Wireless Personal Area Network) 기술은 20, 40, 250Kbps의 낮은 전송속도, 간단한 구조 및 매우 긴 배터리 수명과의 연관성을 제공하고 있다.

ZigBee의 MAC계층은 저 전력 소모를 위한 방식들을 제공하고 있다. Data Request frame을 사용

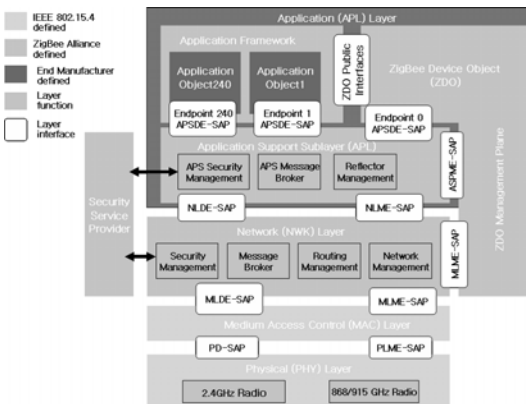


그림 1. ZigBee Stack Architecture

표 1. ZigBee의 스택 구조 계층별 구분

계층	ZigBee 스택의 계층 명칭	관리
5	Application Layer(APL)	ZigBee 적용 회사
4	Application Support(APS) Layer	ZigBee Specification
3	Network(NWK) Layer	
2	Medium Access Control(MAC) Layer	IEEE 802.15.4 Standard
1	Physical(PHY) Layer	

하는 것, backoff 횟수를 줄이는 것, Super frame 구조로 동작하는 것, short address를 사용하는 것으로서 이를 실현하고 있다.

또한 PHY계층은 별도의 channel coding기법을 사용하지 않고, Spreading과 PSK modulation만을 하여 전송하는 구조로 되어 있으며, 근거리의 저속 무선 통신에 한정된 용도를 지녔지만, 낮은 원가가 장점이다^[4].

ZigBee의 구조는 IEEE 802.15.4를 포함한 계층 스택 구조를 가지고 있다. 그림 1과 같이 ZigBee의 스택구조는 PHY, MAC, NWK, APS의 4가지 계층 구조로 되어있다.

IEEE 802.15.4에서 정의한 PHY계층과 MAC계층을 바탕으로 NWK계층과 APS계층은 ZigBee Alliance에서 정의하며, 표 1과 같이 ZigBee의 스택 구조를 계층별로 구분하였다^{[5][6]}.

IEEE 802.15.4에서 PHY계층은 저렴한 구현이 가능해야 하고, 직접 시퀀스(direct sequence)를 사용하여 아날로그 회로 수준의 높은 결합을 제공해야 한다.

MAC계층은 많은 수의 기기를 연결할 수 있도록 쉽게 여러 가지 망 형태의 사용을 허가할 수 있도록 해야 한다.

NWK계층 및 APS계층은 저 전력 전송이 가능하고, 많은 수량의 노드를 제공하며 네트워크 확장도 가능하다. 또한 이 계층은 ZDO를 포함하고, 어느 기기든 작동영역 내에 다른 기기를 찾고 구별할 수 있는 책임도 갖는다^[6].

2.1.1 ZigBee의 PHY/MAC

ZigBee는 IEEE 802.15.4 표준에서 정의된 PHY계층과 MAC계층을 그대로 활용했다. ZigBee의 PHY계층은 물리계층으로 직접 Data를 무선으로 주고받는 계층이다.

IEEE 802.15.4에서는 868~868.6MHz대역에서 채

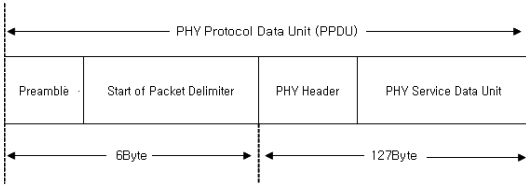


그림 2. IEEE 802.15.4 PHY 프레임 포맷

널 1개, 902.2~928MHz대역에서 채널 10개, 2.400~2483.5MHz대역에서 16개의 채널을 사용한다.

O-QPSK 변조방식은 2.4GHz 대역에서 사용하며 전송속도는 최대 250Kbps이다. 868MHz 대역과 915MHz 대역에서는 BPSK 변조방식을 사용하며 전송속도는 각각 20Kbps와 40Kbps이다.

그림 2와 같이 Preamble은 물리계층의 송신 측과 수신측의 동기를 맞추기 위해 IEEE 802.15.4 PHY 프레임 포맷을 사용한다. Preamble은 32비트 패킷의 Start를 알리는 8bit를 사용한다. PHY 헤더에서 7bit는 PSDU의 패킷 크기를 나타내는 0~127Byte의 Payload 길이를 위해 사용 된다⁷⁾.

아래의 내용은 IEEE 802.15.4 PHY 계층에서 지원하는 서비스이다.

- ① 무선 영역의 활성화 및 비활성화.
- ② 현재 사용하는 채널의 에너지 검출(Energy Detection)
- ③ 채널 주파수의 선택
- ④ 노드 간의 전송 특성 나타내기 위한 LQI (Link Quality indication) 사용
- ⑤ CSMA-CA를 사용하기 위한 CCA 지원
- ⑥ 데이터송수신(Data Transmission and Reception)

ZigBee의 MAC계층은 물리적 무선 채널 접근에 대해 CSMA-CA 메커니즘을 사용하여 접근하였으며, Beacon Frame의 전송, 동기 관리, 신뢰성 있는 메커니즘을 제공한다.

ZigBee 모델은 역할별로 Network Coordinator, Router, End device로 나누어진다. 또한 기능별로는 Full function device, Reduced function device의 2가지로 나누어진다. 따라서 Network Coordinator, Router는 Full function device로 구성되고, Reduced function device에는 End device가 있다.

2.1.2 ZigBee의 네트워크 계층

ZigBee의 네트워크 계층은 네트워크의 헤더를 조작하는 NLDE(Network Layer Data Entity)와 관리

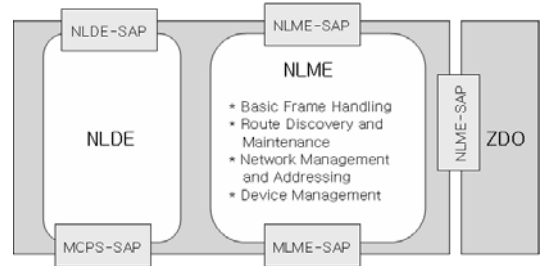


그림 3. ZigBee 네트워크 계층 구조 및 기능

를 목적으로 하는 NLME(Network Layer Management Entity)로 구분되며, 데이터 프레임을 전송하거나 수신한다.

NLDE-SAP(Network Layer Data Entity-Service Access)라는 데이터 인터페이스를 통해 네트워크 계층에서도 응용 지원 부분 계층과 통신을 한다.

Application들은 ZDO(ZigBee Device Object)를 통해 네트워크(NWK) 계층을 관리한다. 따라서 그림 3은 ZigBee 네트워크 계층의 구조와 기능을 보여주고 있다⁶⁾.

IEEE 802.15.4에서는 응용 분야에 따라 선택하여 사용할 수 있는 Super frame을 지원한다. Super frame에서는 Network Coordinator가 예정된 시간마다 Super frame Beacon을 송신한다.

그림 4는 IEEE 802.15.4의 Super frame 구조를 나타낸다. Beacon 송신의 간격은 최소 15ms에서 최대 245sec가 되며 첫 번째 Beacon을 포함하여 다음 Beacon 수신 직전까지 Super frame의 주기와 무관하게 16개의 타임 슬롯으로 나누어진다.

한 Super frame은 SD(Super frame Duration)구간과 BI(Beacon interval) 구간으로 나누어진다. 활성구간인 SD는 CAP(Contention Access Period)와 CFP(Contention Free Period)로 나누어진다. 네트워크 기기가 CSMA-CA 경쟁하는 구간인 CAP는 대부분의 네트워크 기기 간 통신이 일어나는 곳이다.

대부분의 기기가 송신 없이 수신만 가능한 CFP

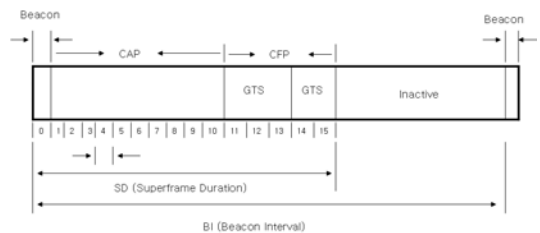


그림 4. IEEE 802.15.4의 Super frame 구조

구간에는 Coordinator에 의해 예약된 기기만 송신이 가능하다.

가전기기는 타임 슬롯 동안 언제라도 데이터를 보낼 수 있으나 다음 슈퍼프레임 Beacon 전에 해당 데이터 송/수신을 완료해야 한다.

타임 슬롯의 채널 접근은 상호 경쟁에 의하며, PAN Coordinator는 지정된 대역폭이나 지연이 짧게 요구되는 단일 Device에 할당할 수 있다. 이와 같은 목적으로 할당된 타임슬롯이 GTS(Guaranteed Time Slots)이며, 다음 Beacon 신호 바로 이전에 위치하여 경쟁 없이 할당된다.

실시간 응용이나 특정 대역폭을 요구하는 응용서비스를 위해서 Coordinator가 제공할 수 있는데 이는 CFP에 올 수 있다⁵⁾.

2.1.3 ZigBee 네트워크 토폴로지

ZigBee는 그림 5와 같이 Star, Cluster-Tree, Mesh 망을 지원한다. Star 네트워크에서는 Coordinator를 하나만 가진 간단한 네트워크이다.

Coordinator는 네트워크를 깨우고, 지속시키는 역할을 하면서 네트워크를 통제한다. 다른 Device는 Coordinator와 직접 통신하는 End Device 역할을 한다.

중요한 점은 End Device간은 통신을 하지 못하고 오직 Coordinator를 통해서만 통신을 할 수 있다. 예를 들면, TV 리모컨이 주위에서 쉽게 볼 수 있는 경우이다. 이 경우에는 Coordinator에 장애가 생길 경우 전체 네트워크에 문제가 생긴다.

Cluster-Tree 네트워크는 Peer-to-Peer형 네트워크의 또 다른 형태로 Cluster 단위의 PAN들이 서로 연결된 Multi-Cluster 형태이다. Cluster-Tree 네트워크는 그 범위가 커질 수 있는 확장성을 가지고 있

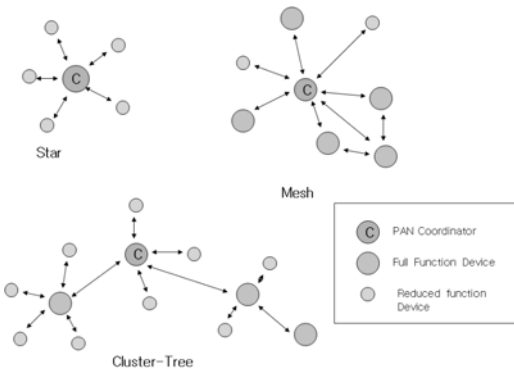


그림 5. ZigBee네트워크의 Star, Cluster-Tree, Mesh망

다⁸⁾.

Mesh 네트워크는 통신이 처음 발생된 곳에서부터 목적지까지 어느 경로든 경로 형성을 지원한다. 네트워크가 생성되면 네트워크 경로 테이블에 의해 라우팅 경로가 관리된다.

2.2 TinyOS

TinyOS는 무선센서 네트워크용으로 설계된 Open-source 운영체제이다. 저 전력, 처리용량, 메모리 용량 등과 같이 시스템에 제한적인 센서 네트워크에서 저 전력 배터리와 같은 자원 관리가 필수적이다.

또한 무선 네트워크 관리 기능이 향상되어야 하고, 운영 체제 크기도 작아져야 하기 때문에 불필요한 기능은 제거되어야 한다. 그림 6은 TinyOS의 구조를 보여주고 있다⁹⁾.

TinyOS의 특징은 첫째, 재사용이 가능한 소프트웨어 컴포넌트 기반의 운영체제이다. 따라서 응용 프로그램은 하드웨어 컴포넌트의 입력 및 출력을 연결하듯 소프트웨어 컴포넌트의 입력 및 출력 인터페이스를 연결함으로써 작아진다.

둘째, 상태 머신 기반의 구조를 갖는 운영체제로 각각의 상태는 TinyOS의 컴포넌트에 해당된다. 각 컴포넌트의 명령(command)과 이벤트(event) 처리는 한 상태에서 다른 상태로 빠르게 전이를 일으키며, 기본적으로는 하드웨어의 신호 처리와 같은 특성을 가지므로 적은 양의 부가처리와 논-블록킹(Non-blocking)의 특성을 지닌다.

셋째, 센서 노드의 중요한 요구사항의 하나인 저 전력 소모를 구현하기 위해 사용되지 않는 CPU의 사이클 동안 sleep상태로 들어가 전력소모를 줄인다.

TinyOS초기에는 AVR기반의 MCU(Micro Controller Unit)에 대해서 디자인되었지만, 최근 들어서는 TI사의 MSP430에 대한 설계도 지원한다.

그림 7은 TinyOS 부팅 후 동작순서를 나타낸 것이다. Device에 전원을 인가하면 하드웨어와 커널이

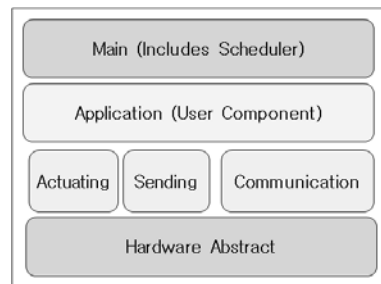


그림 6. TinyOS의 구조

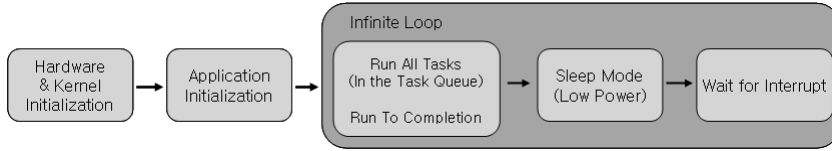


그림 7. TinyOS 부팅 후 플랫폼 동작 순서

초기화된다. 이후 TinyOS의 커널이 동작하게 된다. TinyOS의 커널은 단순한 FIFO 형태의 스케줄러로 동작을 하며, 이 스케줄러는 전원이 꺼질 때 까지 무한 루프(loop)에서 동작 한다^[10].

2.3 누전전류

누전전류(Leakage Current)는 Protective Ground 금속으로부터 대지면으로 흐르는 전류이며, AC 누설전류와 DC 누설전류로 나누어진다.

DC 누설전류는 최종 장비에서 발생하고, AC 누설전류는 전압발생원과 장비의 접지 전도체에서 용량성분과 DC 저항의 병렬 조합에 의하여 발생한다. 누설전류는 단순히 제품에서 대지로 누설되어 흐르는 전류 값만을 표시하는 것이 아니라 인체를 통해 대지로 흐를 수 있는 전류도 측정하는 것이다.

전기용품안전관리법에 의거하여 시행되는 전기용품안전인증제도는 안전인증을 받아야 제조 및 판매할 수 있도록 하는 제도이다.

전기용품안전인증제도는 인증업체가 인증받은 제품과 동일한 제품을 지속적으로 생산하는가를 평가함으로써 불량 전기용품으로 인한 감전, 화재 등의 위험과 장애로부터 보호하기 위한 목적을 갖고 있다.

따라서 표 2와 같이 안전인증기관은 안전기준에 적합한지의 여부를 검사하기 위하여 전기안전에 관한 표준(IEC950)에 의한 시험을 실시한다.

일반적인 가전기기의 경우에는 5% 인원만이 느낄 수 있는 0.5mA로 규제 되고 있지만, 의료장비의 누설전류는 일반 장비의 규정과는 많이 다르다.

의료기기는 0.1mA, 환자와 직접 접촉하는 장비의 경우에는 0.01mA로 규제하고 있다.

표 2. IEC 950안전표준

장비	형식	최대 누설전류
이중 절연	모든 형식	0.25mA
접지 연결된 장비	휴대형 1종기기	0.75mA
	이동형	3.5mA
	고정형	3.5mA

표 3은 IEC601-1에서 규정하는 의료기기의 허용 누전전류이다^[11].

표 3에서

- (1) 접지누설전류에 관한 유일한 단일고장상태는, 전원도선중 하나의 단선이다.
- (2) 보호접지한 접촉가능부분이 없고, 다른 기기에의 보호접지접속수단을 갖지 않으며, 또 외장누설전류 및 환자누설전류(해당할 경우)에 관한 요구사항에 적합한 기기이다.
- (3) 공구를 사용하지 않아도 느슨해지지 않도록 전기적으로 접속한 보호 접지선을 이용하고, 또 공구를 사용하지 않으면 제거할 수 없도록 특정 장소에 기계적으로 체결하거나 고정함에 따라서 영구적으로 설치할 것이 지정되어 있는 기기이다.
- (4) 이동형 X-선 장치 및 광물절연을 지닌 이동형 기기이다.
- (5) 환자누설전류 및 환자측정전류의 교류성분의 최대치를 표시하며 이것은 전류의 교류성분만을 지시한다.

표 3. 연속누설전류 및 환자누설전류의 허용 값

전류(mA)	B형		BF형		CF형	
	정상 상태	단일 고장	정상 상태	단일 고장	정상 상태	단일 고장
접지누설전류 일반 기기	0.5	1 ⁽¹⁾	0.5	1 ⁽¹⁾	0.5	1 ⁽¹⁾
접지누설전류주(2),(4)에 따른 기기	2.5	5 ⁽¹⁾	2.5	5 ⁽¹⁾	2.5	5 ⁽¹⁾
접지누설전류주(3)에 따른 기기	5	10 ⁽¹⁾	5	10 ⁽¹⁾	5	10 ⁽¹⁾
외장누설전류	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5
환자누설전류 dc, ac(5)	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05
	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05
환자누설전류 (신호입력부 또는 출력으로부터 전원)	-	5	-	-	-	-
환자누설전류 (장착부의전원)	-	-	-	5	-	-
환자측정전류 d,c, a,c(5)	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05
	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.05

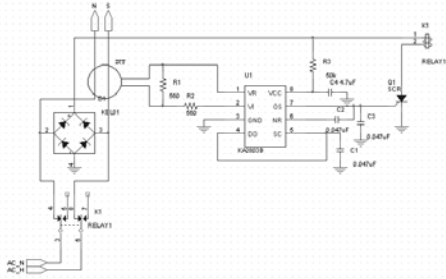


그림 8. 누전차단기 회로

누전차단기(Leakage Current Breaker)는 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, 누전 검출 부, 영상변류기, 차단기구 등으로 구성되어 있다^[12].

그림 8은 누전검출소자인 FAIRCHILD사의 KA2803B를 이용한 누전차단기 회로이다^[13].

누전차단기의 핵심부품은 ZCT(Zero Current Transformer)이다. ZCT를 통과하는 AC선은 전류의 방향이 다른 양극의 전선이 통과하므로 서로 상쇄되어 백터 합은 "0"이다. 하지만 누전이 발생하면 한 극에서 출발한 전류가 다른 극으로 100% 돌아오지 않게 되고, 그 전류의 차이가 생긴다. 이때 누전되는 전류를 감지하여 누전차단기가 동작하게 된다. 누전차단기의 감도 전류는 30mA이하 이고, 작동시간은 0.03초이다.

III. ZigBee통신을 이용한 누전전류 제어 기법

3.1 누전차단 시스템 구성

실생활에서 사용되고 있는 누전차단기회로를 응용하여 누전검출 및 차단 회로를 구성하고, ZigBee 통신을 이용해 모니터링을 하기 위한 하드웨어를 구현하였다.

그림 9는 본 논문에서 구현하는 누전상태 확인 및 차단 시스템의 구성도이다. 각각의 가전기에 설치된 센서 노드들은 일정한 시간마다 가전기들의 전원상태를 확인하고 메인 모듈로 상태를 전송한다.

각각의 가전기들에 설치된 센서 모듈들은 일정한 시간 간격으로 가전기들의 누전상태를 점검한다. 이때 각각의 센서 모듈들은 점검한 상태를 최신 정보로 업데이트하게 되어 있다.

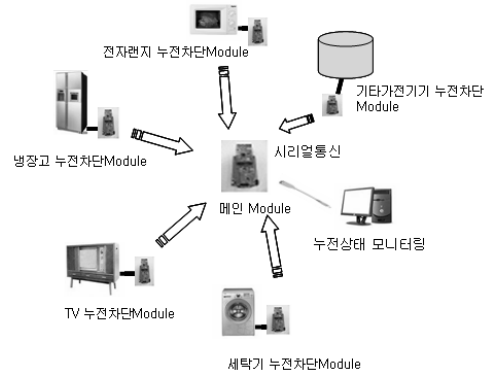


그림 9. 누전차단시스템 구성도

그림 10은 센서 모듈의 동작 순서도를 나타낸 것이다. 센서 모듈은 초기 Sleep 모드에서 이벤트 발생 시 Ready 모드로 전이한다.

각 모듈이 초기화되고 데이터감지를 시작한다. 데이터감지 후에는 다시 초기화되어 전송이 완료된다.

이벤트가 발생하지 않으면 다시 Sleep 모드가 된다. 이벤트가 발생 하더라도 초기화가 되지 않으면 Wait 모드로 있다가 이상태가 계속되면 Sleep 모드로 돌아가 이벤트를 기다린다. Sleep 모드는 전력소모가 최소인 상태이다.

누전차단 및 상태확인 센서를 제작과 누전차단기에서 신호를 받기 위해 그림 11과 같은 회로를 구성하였다.

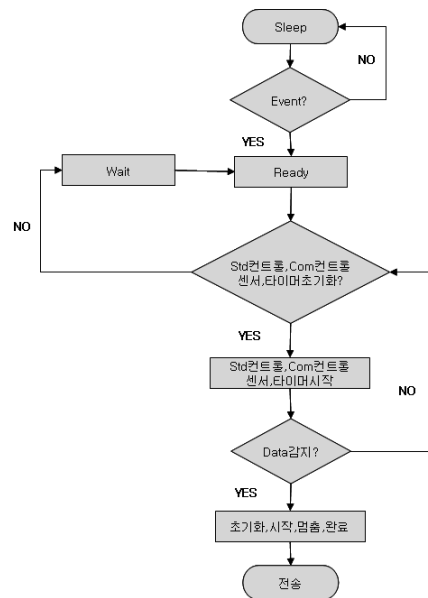


그림 10. 센서 모듈의 동작 순서도

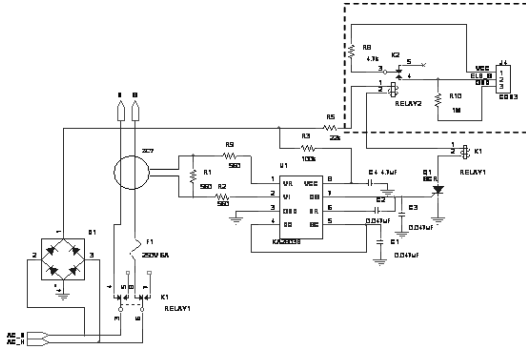


그림 11. 누전신호 검출용 회로도

그림 11에서 우측상단의 점선 부분이 누전 시 누전신호를 출력해주는 부분이다. 가전기기가 누전이 일어나지 않는 정상적인 상태에서는 ZCT를 통과하는 2개의 AC선은 똑같은 양의 방향만 서로 다른 교류가 흐르면, 자기장은 서로 상쇄되어서 “0”이 된다.

이때 Relay1은 OFF 상태이며 Relay1의 B접점에 연결된 회로는 ON 상태가 된다. 하지만 누전이 일어나 전류가 차이가 생기면 ZCT에 전압이 생성된다. 누전검출 소자는 ZCT에서 생성된 전압을 감지하게 된다. 누전 전류가 감지되면 누전검출소자는 회로 내 SCR를 작동시켜 Relay1을 ON상태로 변하게 된다.

Relay1의 B접점에 연결되어 있던 AC전원은 OFF상태로 되면서 누전이 차단된다. AC전원을 차단시켜주는 Relay1이 ON상태로 변할 때 Relay2도 동작하게 된다. 이때 누전 상태를 확인할 수 있는 신호가 출력되게 된다.

그림 12는 누전상태 신호를 입력받아 통신을 하기위한 통신 모듈이다. TI사의 TSP430F1611 MCU를 사용한 MSP430 모듈은 12bit ADC/DAC, 타이머, I2C, SPI, USART등 주요기능을 지원한다.

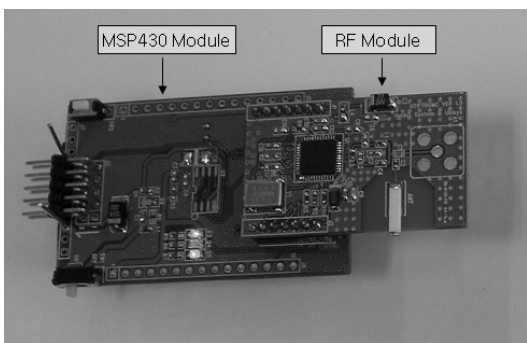


그림 12. IEEE 802.15.4 기반의 통신 모듈

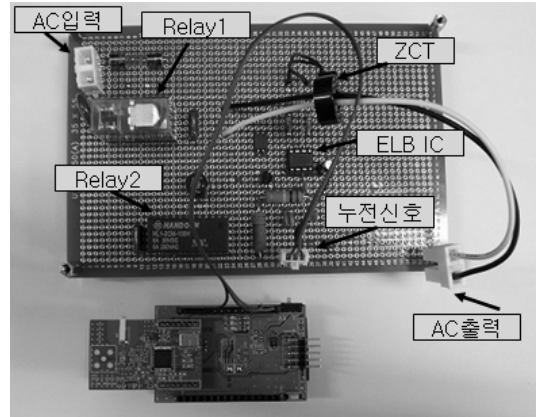


그림 13. 누전차단기 B/D와 ZigBee 모듈 연결

RF모듈은 주파수 2.4GHz 밴드를 사용하는 IEEE 802.15.4 기반의 무선 모듈이다. 표 4와 표 5는 각 모듈의 스펙을 나타내고 있다.

그림 13은 누전상태를 확인하기 위해 누전차단기 회로를 응용해서 만든 B/D와 ZigBee 모듈과의 연결한 것이다.

누전상태를 확인하기 위해 제작된 메인보드는 크게 2부분으로 나누어진다. 첫 번째는 Relay1, ZCT, ELB IC 등이 포함되는 누전차단 회로이다.

두 번째는 누전상태를 신호를 보내주는 회로이다. 이 신호는 Relay2를 통해서 발생된다.

ZigBee 모듈에서 3V의 전원이 Relay2의 공통단자에 연결된다. ZigBee 모듈의 누전신호 입력 선을 Relay2의 A접점에 연결한다. 이때 입력선과 GND 사이에 1MΩ 저항을 달아 Relay2가 동작하지 않을 때 Low상태를 유지할 수 있도록 한다.

AC출력 단에 연결된 기기에서 누전이 일어나면 누전차단회로에 의해 Relay1이 작동하게 된다. 이때 누전차단기로서 역할을 하면서 AC출력단의 출력을 차단해 준다.

Relay1이 동작할 때, Relay1과 같이 연결된 Relay2도 동작하게 되는데, Relay2의 공통단자에 연결되어 있던 3V의 전압이 Relay2의 B접점을 통해 ZigBee 모듈에 High 신호를 전달한다.

3.2 누전차단기의 누전전류제어기법

그림 14는 본 논문에서 연구한 누설전류 제어에 관한 동작순서를 설명한 것이다. 누설전류 모듈은 두 가지 기능을 한다.

첫 번째는 누설전류를 차단하는 누전 차단기 기능이다. 누전 발생 시 무엇보다 안전이 중요하기 때



그림 14. 누전제어 동작순서

문에 먼저 가전기기로 공급되는 전원을 차단한다. 두 번째는 누전 발생 신호를 센서 모듈로 전달하는 기능이다. 전자는 그림 12의 회로도에서 Relay1을 통해서 이루어진다.

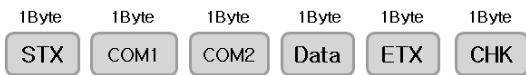
후자는 Relay2에 의해 발생되는데 Relay1과 동시에 작동한다. Relay2의 공통단자(COM)에는 센서 부로부터 3V의 전원이 연결되어 있다. 누전이 발생되어 Relay2가 동작하면 Relay2의 A접점에 연결된 누전신호 입력 라인을 통해 센서 모듈로 신호가 입력된다.

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.

그림 15는 메인 모듈과 모니터링 PC와의 프로토콜을 정의한 것이다. 총 6Byte로 구성된다. COM1과 COM2의 조합으로 모니터링 하는 가전기기들의 어드레스를 정하게 된다.

어드레스의 크기는 0~99까지이며 어드레스 0과 99를 제외한 98가지의 가전기기를 모니터링 할 수 있다. 누전상태를 표시하기 위한 Data는 0x30은 정상상태이며, 0x31의 값을 가지면 누전상태를 나타낸다.



1. STX : 프로토콜 시작
2. COM1: 장비 어드레스 10의자리
3. COM2: 장비 어드레스 1의자리
4. Data : 누전상태 확인
5. ETX : 프로토콜 끝
6. CHK : Checksum

그림 15. 시리얼 통신 프로토콜

IV. 성능평가

4.1 모의시험

누전차단시험을 위해 ZigBee 모듈과 PC간의 RS 232통신으로 모니터링 할 수 있는 환경을 제시한다.

누전시험은 배선선로에 인위적인 조작을 할 수 없는 관계로 누전시험기를 통한 모의시험으로 한다.

누전차단시험을 위해 누전차단 시험기가 장착된 (주)ORIGIN사의 MSN300모형을 이용하여 모의시험한다.

누전상태 신호를 입력받기 위해 Relay2 A 접점에서 발생하는 노이즈를 해결하기 위해 신호부와 연결된 A접점과 GND 사이에 저항 1MΩ을 달았다.

그림 16은 부하 단에서 누전이 일어나지 않은 정상적인 상태이다. 누전시험기를 이용하여 누전을 발생시키면 누전차단기가 작동하면서 3V의 전압이 발생된다.

이 High신호는 MCU(Micro Controller Unit) 모듈로 입력되며 ZigBee 통신을 이용해 메인 모듈로 전달된다. 메인 모듈과 PC는 RS232통신을 이용해 모니터링 하게 된다.

그림 17은 가전기기의 누전 상태를 모니터링 하는 프로그램이다. 비주얼 베이직으로 작성된 이 프

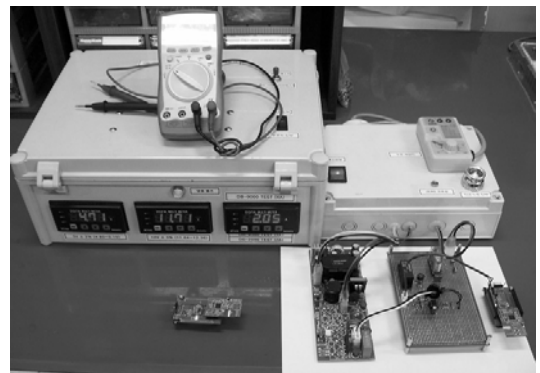


그림 16. 누전이 일어나지 않는 상태



그림 17. 모니터링 프로그램

로그림은 모니터링 PC의 통신포트와 통신속도를 변경할 수 있도록 되어 있으며, 모듈과의 통신 프로토콜도 확인 할 수 있다. 누전상태는 정상상태와 누전 상태만을 표시한다.

4.2 결과 분석

표 6은 누전차단시험기인 ORIGIN사의 MSN300 모델의 기술적인 사양이다. 누전차단시험에서는 AC 220V, 60Hz 전원을 사용하고, 누전시험의 누전전류는 10, 30, 70mA에서 시험하였다.

표 7은 각 누전전류에 대응하는 누전차단기 응답 시간을 측정한 것이다. 누전전류가 10mA일 때는 누전차단기가 동작을 하지 않았고, 30mA와 70mA

표 6. 누전차단시험기 사양

모델	MSN300
콘센트결선 확인내용	시험, 시험(단상3선식), 전압선단선, 접지선단선, 중성선단선, 전압선중성선바뀜, 전압선접지선바뀜
시험방식	자동
감도전류	110/220V:5/10, 15/30, 35/70, 50/100mA 380V:10,30,100,200mA 440V:10,30,100,200mA
시험시간	0.3 SEC
정확도	10~30mA: 1%, 30~200mA 5%
사용온도	-20~80℃
보관온도	-40~90℃
습도	20%~85% RH
외장재질	내충격 ABS

표 7. 누전차단기 응답시간

누전전류	응답시간(SEC)
10mA	작동하지 않음
30mA	0.3
70mA	0.3

에서는 정상 동작을 했다.

또한 Relay1에 확장 연결된 ZigBee 통신모듈을 통해 기기별 누전차단 정보를 구축하였던 모니터링 시스템으로 정확하게 정보를 전달하였으며, 가전기기 누전 모니터링 프로그램에서는 해당 가전기기의 상태를 오차없이 표시하였다.

V. 결 론

사회가 발전 할수록 개인의 생활도 윤택해지며 편리해져 왔다. 또한 전기의 발명으로 인류는 급속도로 발전해 왔고, 홈 네트워크 기술의 발전은 가정 생활 환경을 변화시키고 있다.

본 논문에서는 가정생활에서 편리함을 주는 가전기기들의 누전상태를 점검하기 위해 가전기기에 내장된 누전차단기회로를 응용하여 ZigBee통신모듈을 구성하였다.

ZigBee 통신모듈과 PC와 모니터링 하는 시스템을 구성하고, 실험을 통해 기존 방식과의 차이점 및 특징들을 살펴보았다.

택내 벽에 설치된 콘센트에 직접 연결되어 제어되는 누전차단 모듈들은 모듈 후단에 병렬로 연결된 각각의 가전기기들의 누전상태를 확인하기가 쉬운 일이 아니다.

따라서, 본 실험에서 구현된 시스템은 가전기기에 내장된 누전차단기 회로를 그대로 사용할 수 있으며, 각각의 가전기기들의 누전상태를 외부 모니터링 시스템을 통하여 가전기기의 누전상태를 쉽고 편리하게 확인할 수 있는 효과를 도출하였다.

또한 이러한 구현된 시스템은 저전력 성능측면, 저가격 측면에서 타 통신방식과 비교되는 장점을 가지고 있는 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee 통신을 이용하였으며, 현재 수많은 연구가 활발히 이루어지고 있어, 향후 지능화된 홈 네트워킹 시스템으로 진화할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 조홍기, “배전계통 누설전류 원격검침을 위한 USN/ZigBee 및 RCM 적용에 관한 연구”, 명지대학교, 2007. 6.
- [2] ZigBee Alliance, <http://www.ZigBee.org>.
- [3] 왕규열, “IEEE 802.15.4를 이용한 JEG2000 이 미지전송에 대한 연구”, 인하대 대학원, 2008. 2.
- [4] 김진태, “RFID와 ZigBee를 이용한 u-Health 시

스텝 구현과 망 최적화 연구”, 충남대 대학원, 2006. 8.

[5] 정성훈, 전호인, “IEEE 802.15.4 and ZigBee Protocol : 유비쿼터스 센서네트워킹을 위한 Active RFID 기술”, 한국통신학회지(정보통신) 제21권 6호, 2004. 6.

[6] 심재창, 김익동 공저, “지그비(ZigBee) 기술의 응용 과 실습”, 홍릉과학출판사, 2007. 6.

[7] 안병수, “네트워크 사업자의 홈 네트워크 실용화 모델 연구”, 건국대정보통신대학원, 2007. 12.

[8] 조원근 외 3인, “센서네트워크를 위한 ZigBee 네트워크 프로토콜”, 2006 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol.33, No.1.

[9] 강정훈, 전순미, “TinyOS기반의 온도측정 센서네트워크시스템의 구성”, 인제대학교 제22권 제1호, 2007.

[10] 강정훈, 유준재, 윤명현, 이민구, 임호정, “TinyOS 프로그래밍”, KETI/ Ubiquitous Technology Research Center. TinyOS Korea Forum, 2007.

[11] 식품의약품안전청, “의료용구의 전기·기계적 안전에 관한 공통 기준규격”, 식품의약품안전청 고시 제1999-64호, 1999. 12. 23.

[12] 류보혁, “감전방지용 누전차단기 설치에 관한 기술 지침”, 한국산업안전공단, 2001. 7. 2.

[13] FAIRCHILD, <http://www.fairchild.com>, KA2803B Datasheet.

[14] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian, and E. Cayirci “A Survey on Sensor Networks,” IEEE Communication Magazine, August, 2002.

[15] 최현호, “홈 네트워크에서의 ZigBee 프로토콜에 관한 연구”, 세종대학교 정보통신대학원, 2005.

주 재 한 (Jae-han Ju)

정회원



1989년 2월 조선대학교 전자공학과 학사
 1991년 2월 조선대학교 전자공학과 석사
 1999년 2월 조선대학교 전자공학과 공학박사
 2000년 3월~현재 송호대학 보

건의료기기과 부교수

<관심분야> CDMA, RFID/USN, Zigbee, 임베디드 시스템

김 태 훈 (Tae-Hoon Kim)

정회원



2000년 2월 조선대학교 컴퓨터공학과 학사
 2009년 2월 송실대학교 정보통신학과 석사
 2000년~2003년 삼보컴퓨터 기술연구소 연구원
 2003년~2005년 (주)씨이클롭스

기술연구소 선임연구원

2006년~2007년 벨크리텍(주) 기술연구소 책임연구원
 2008년~현재 송호대학 겸임교수
 2009년~현재 (주)엔에스티 부설연구소 연구소장
 <관심분야> 차세대 무선네트워크 시스템, RFID/USN, Bluetooth, Zigbee, 정보통신시스템