

논문 2010-4-7

지그비 네트워크 기반 복합형 AFCI 설계 및 구현

Design and Implementation of a ZigBee Network-based Integrated AFCI

장기흥*, 김기민**, 김재오**, 안현식***

Ki-Heung Chang*, Kee-Min Kim**, Jae-O Kim**, Hyun-Sik Ahn***

요 약 전기적 위험요소인 아크고장, 과전류, 누설전류, 온도 등을 마이크로컨트롤러를 이용하여 실시간 감시할 수 있는 복합형 AFCI(Arc Fault Circuit Interrupter, 아크고장 차단기)를 설계·구현하며, 지그비(ZigBee)기반 네트워크를 구성함으로써 아크고장에 의한 전기화재의 위험성을 예측할 수 있는 시스템을 제안한다. 복합형 아크고장 차단기는 미국의 AFCI의 인증 규격인 UL1699의 시험 조건과 KS C 규격에서 요구하는 배선용차단기와 누전차단기의 규격을 만족시키며, 검출된 전기적 위험신호들을 분류하고 전송할 수 있는 복합형 AFCI를 네트워크의 종단에 설치하고, 화재의 위험요소들의 발생 상황을 분석함으로써, 화재 위험성을 방지하기 위한 예측 시스템의 구현에 관한 연구이다.

Abstract In this paper, a new type of integrated AFCI is designed and implemented by combining individual circuit breaker characteristics, which can effectively detect arc fault signals in real-time. The proposed integrated AFCI satisfies the UL1699, the USA certification standard, and the Korean circuit breaker standards such as KS C4613 and KS C8321. Data signals are transferred to the management server via ZigBee network to analyze dangerous factors and to prevent unwanted trip. It is also shown by experiments that arc fault signals are detected and analyzed by using the integrated AFCI with ZigBee networks.

Key Words : 아크고장, 차단기, AFCI, ZigBee, 전기화재

1. 서 론

현재 국내의 모든 가정과 건물에는 전기적 사고 및 화재의 원인인 과전류, 단락(합선), 누설전류에 대처하기 위하여 여러 가지의 차단기(Circuit Breaker)를 사용하고 있다. 차단기는 위험요소에 따라 과전류 차단기와 누전 차단기로 나누게 되고, 정격전압, 전류, 차단방법 등에 따라 분류된다. 차단기를 설치했음에도 전기적 화재는 전기 사용량 증가와 함께 꾸준히 증가하고 있다. 기존 차

단기에서 검출하지 못하는 위험요소들 중에서 가장 큰 문제로 대두 되는 것이 아크고장(Arc fault)이다.^[1] 기존 차단기가 아크고장을 차단하지 못하는 것은 아크고장 신호가 신속하게 과전류와 누설전류로 전환되지 못하는 경우가 많고, 전류의 많고 적음에 관계없이 발생하며, 교류와 직류에 무관하기 때문이다.

아크의 정의는 전기배선과 같이 2개의 전극 사이에 존재하는 기체가 전압 강하에 의해 전기적으로 방전돼 전류가 흐르는 것으로 이때 주울 열이 발생한다.^[2]

적극적인 의미에서 모든 아크는 유해하다. 하지만 소극적인 의미에서는 무해한 아크와 전기적 사고, 화재의 원인이 되는 유해한 아크로 분류한다. 이때 유해한 아크를 아크고장(Arc fault)이라고 정의 할 수 있다. 아크고장

*정회원, 국민대학교 전자공학과

**준회원, 국민대학교 전자공학과

***정회원, 국민대학교 전자공학과(교신저자)

접수일자 2010.6.8, 수정일자 2010.7.18

게재확정일자 2010.8.13

신호를 검출 하고, 시스템을 보호하기 위하여 개발된 것이 바로 아크고장 차단기(AFCI : Arc Fault Circuit Interrupter)이다.^[2]

그러나 실제로 아크 발생에 대한 정의는 많은 문헌에서 논의 되어 있지만, 아크고장 신호에 대하여는 모호하다. 즉, 유해한 아크와 무해한 아크의 경계가 명확하지 않다. 이러한 이유는 아크고장 신호가 전기적 화재 및 시스템의 고장 원인으로 발전하면 유해한 아크로 분류되지만, 반면에 주변 환경에 따라 작은 아크가 화재로 이어질 수도 있지만, 또한 지속적으로 발생하는 아크고장 신호가 화재로 이어지지 않을 수도 있기 때문이다.^[3-5]

이와 같이 모호한 아크고장 판단 기준으로 인하여 현재 생산중인 아크고장 차단기에서는 대부분 원하지 않는 차단(Unwanted Trip)이라는 문제가 발생하고 있다. 어떠한 전기제품은 전원스위치를 켜거나 강약을 조절할 때에 아크고장 신호가 발생되고 이 때 아크고장 차단기에 의하여 전원이 차단되는 경우가 있다. 즉, 원하지 않는 차단의 문제로 인하여 오히려 생활에 불편함을 줄 수 있다. 과전류 차단기에는 이러한 문제를 방지하기 위하여 일정 전류이하에서 과전류 값에 반비례하는 시간 지연 후 동작하는 반환시 차단이라는 기능이 포함되어 있기도 하다.^[6]

원하지 않는 차단의 문제점을 분석하고 극복하기 위하여 아크고장 신호를 적절히 분류하여 서버로 전달할 수 있는 네트워크 구성이 필요하다. 네트워크 설치비용을 고려할 때 무선 네트워크를 사용하는 것이 유리하고, 블루투스(Bluetooth), 지그비(Zigbee) 및 와이파이(Wi-Fi) 등을 고려할 수 있다. 특히, 지그비는 다양한 토폴로지로 구성 할 수 있고, 소비전력이 작으며, 많은 엔드 디바이스(End Devices)를 사용할 수 있는 특징이 있다.^[7]

본 논문에서는 경제성을 고려하여 누전 차단기, 과전류 차단기 및 아크고장 차단기를 통합한 복합형 아크고장 차단기를 설계하고 마이크로컨트롤러를 기반으로 한 디지털 제어시스템으로 구현한다. 또한, 지그비 무선통신 프로토콜 기반의 네트워크를 구성하여 전기적 위험요소 발생 시에 아크고장 신호를 분류하여 과전류, 누설 전류, 온도상태 등을 서버로 전송한다. 이와 같이 수집된 정보를 활용함으로써 복합형 아크고장 차단기가 더욱 효과적으로 동작하도록 할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 복합형 아크고장 차단기의 구현 방법을 소개하고, 3장에서는 지그

비 무선 네트워크 기반 화재 예측시스템을 제안한다. 또한, 구현된 시스템에 대한 실험 및 그 결과를 4장에서 설명하고 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 복합형 아크고장 차단기 설계와 구현

복합형 아크고장 차단기의 기능은 누전과 과전류에 의한 차단 기능과 아크고장 차단 및 신호 전송이다.

1. 누전과 과전류의 검출

누전 차단기의 누설 전류 검출 방법은 ZCT(Zero Current Transformer)를 이용하여 부하단의 누설전류가 발생하면 ZCT가 불평형 상태가 되어 누설전류의 크기에 비례하여 전압으로 검출한다. 그림 1의 a)는 국내 누전차단기 규격^[8] 중 고감도형이 30mA이고 동작시간이 감전 보호형일 경우 0.03초 이내에 차단하는 것으로 되어 있다.

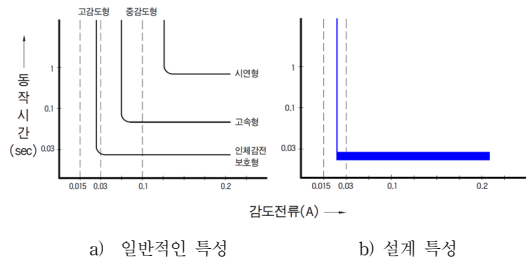


그림 1. 누전차단기 특성

- a) General characteristic
- b) Design characteristic

Fig. 1. Characteristic of a earth leakage circuit Breaker.

본 연구에서도 일반적인 누전차단기 규격^[9]을 적용하였으며, 그림 1의 b)와 같이 고감도형이며 감전 보호형의 규격에 적합하게 구현하였다.

과전류 차단기에서 과전류의 검출 방법은 CT (Current Transformer)에 의해 부하의 크기를 검출한다. 그림 2의 a)는 일반적인 과전류차단기의 특성이다. 정격 전류 30A인 가정용 과전류차단기의 규격^[10]은 시간당 흐르는 전류가 정격전류의 125%에서 60분 이내, 200%에서 2분 이내에 차단하도록 되어있다. 일반적인 과전류차단기에서 열동전자식 또는 완전전자식의 차단 특성곡선은

바이메탈과 전자석에 의한 오차 때문에 최대치와 최소치 곡선이 확연하게 나타나며 물론 오차 안에서는 일정한 동작을 보장하지는 않는다.

본 연구에서도 30A를 정격 전류로 설정하고 과전류 차단기 규격에 따라 구현하기 위하여 그림 2의 c)와 같이 과전류 차단 동작 순서도를 작성하였고 이 순서도에 의하여 그림 2의 (b)의 특성곡선이 구현되도록 한다. 특성을 보면 150A이하를 한시적 차단으로, 150A이상은 순시적 차단으로 설정한 것을 알 수 있다.

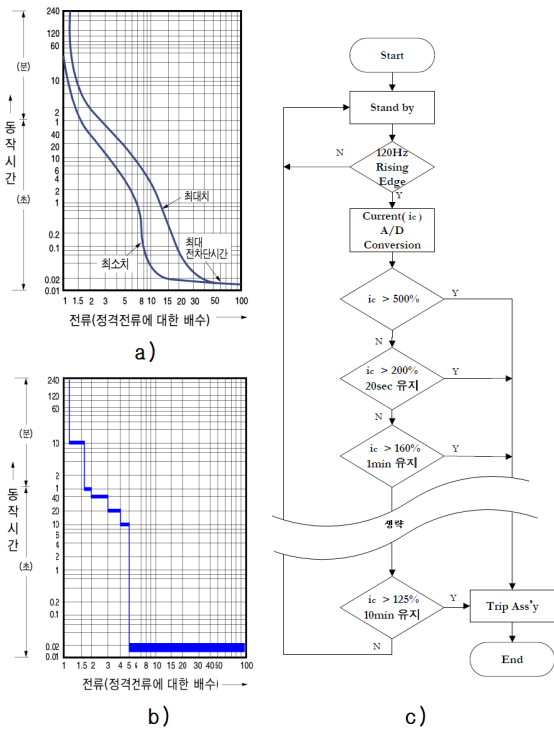


그림 2. 과전류 검출 순서도 및 차단특성
Fig. 2. Flowchart for detection of over current and trip characteristic.

그림 1의 누전과 그림 2의 과전류 구현 특성은 마이크로컨트롤러를 적용함으로써 시간 축 곡선의 두께 만큼 시간 오차가 나타나게 되어 최소화하게 된다. 오차의 시간은 교류에서 차단동작을 수행하는 사이리스터의 동작 오차이며 8.3msec이내이다.

2. 아크고장 신호 검출

아크고장 트랜스미터의 설계에 있어서 가장 먼저 수행해야 할 일이 고대역 필터의 설계이다. 필요 없는 낮은

주파수 대역의 잡음을 제거하고, UL1699인증 규격의 실험 방법에 따라 많은 실험을 거쳐 만들어진 고대역 필터의 특성이 그림 3과 같다. 고대역 필터의 주파수특성은 Cut-off 주파수 6kHz이며 120Hz이하에서 30dB이상 감쇄되는 것을 알 수 있다. 아크고장 신호가 고대역 필터를 통과하여 필요한 신호만 추출하였지만 전압 레벨이 너무 작은 경우에 원하지 않는 차단의 가능성이 높기 때문에 일정 레벨이하는 무시하여야 한다. 아크고장 신호가 높은 주파수 신호이므로 마이크로프로세서가 인식할 수 있도록 신호를 일정 주기 이상의 신호를 변조 시켜야한다. 그림 4는 아크고장 신호를 변조하기 위한 알고리즘을 도식화 한 그림이다.

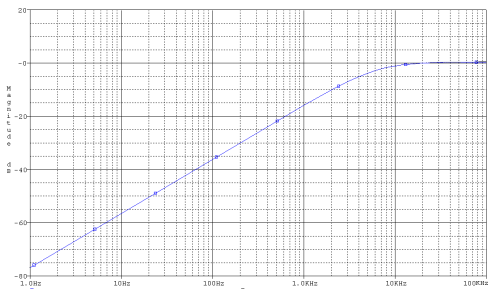


그림 3. 고대역 필터 주파수 특성
Fig. 3. Frequency response for high pass filter.

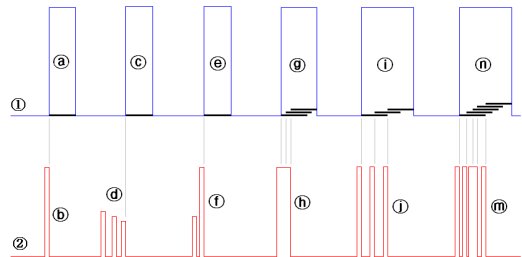


그림 4. 아크고장 검출 알고리즘
Fig. 4. Algorithm for arc fault detection.

그림 4에서 ①의 파형은 ②의 입력에 트리거 되어 생성 되었으며, ③의 파형은 ④의 파형과 같이 일정 레벨 이하의 신호가 일정시간 연속하여 들어 올때 트리거 된다. ⑤와 같은 신호일 경우 앞의 몇 안 되는 작은 신호는 무시되고 ⑥의 파형으로 변조된다. ⑦의 파형과 같이 입력되어진 파형의 길이가 넓은 만큼 ⑧에 반영 된다. ⑨, ⑩의 입력은 신호와 신호사이가 기준 주기를 넘지 않기 때문에 ⑪, ⑬와 같이 폭이 넓은 신호가 되었다.

그림 5의 a)에서 2번 채널의 파형이 고대역 필터를 통과한 실제 아크고장 신호이다. 그림 5의 a) 1번 채널의 파형이 알고리즘으로 구현된 파형이다. 그림 4에서 ㉔의 파형과 같이 일정 레벨이하로 연속해서 들어오는 신호를 아크고장 신호로 판정은 검출 시점에서 전류의 변화량을 참조한다. 물론, UL1699 인증규격에서도 정격 전류에 따라 차단 시간이 다르게 하도록 규정되어 있다. 전류의 양을 검출하여, 그림 5의 b)와 같이 일정시간 동안 전류의 변화량을 고려하여, 필터링 된 아크 신호와 연계하여 판정한다.

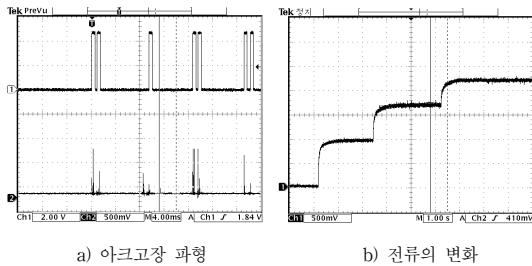


그림 5. 아크고장 신호 검출
a) Arc fault signal b) current Signal
Fig. 5. Detection of arc fault signal

특정 부하의 경우 대역통과 필터로 부하특성을 구분하기가 어렵다. 조광기(Dimmer)와 같은 경우이며, 120hz 당 하나의 파형만 발생시키며, 발생지점이 Zero Crossing 근처가 아닌 일반 부하의 특성에서 나타냄으로써 제외시킬 수 있다. 그림 6의 a)가 조광기를 사용할 때의 파형이다. 조광기를 사용하다 어떠한 원인에 의하여 아크고장이 발생할 경우 그림 6의 b)와 같은 파형을 검출할 수 있으므로 아크고장이 발생 했다는 것을 알 수 있다.

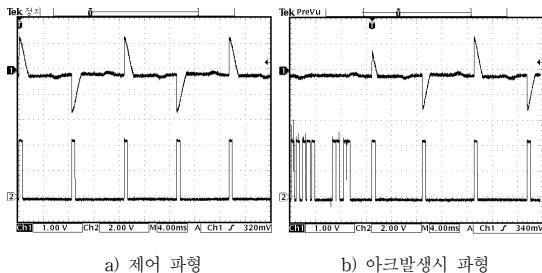


그림 6. 조광기 (Dimmer)
a) Control signal b) Arcing signal
Fig 6. Signal of dimmer

아크 검출 시 전류의 변화량과 단위시간에 발생하는 아크의 수, 현재의 전류의 값을 참조하여 판단하여야 한다. 병렬아크 시험에서 UL1699 인증규격에 의하면 75A 이상의 전류에서 아크가 발생하였을 때 8개의 half cycle(66.4msec) 이내에 차단하여야 하는 규정이 있다. 75A이상의 전류에서 아크 발생 시 규정된 시간이 아주 짧아서, 시간 내에 신속하게 안정된 전류 값을 검출하기가 힘들며, 대신 전류 값의 급격한 변화를 볼 수 있다. 병렬아크 발생 시 특징을 관찰하면 급격한 전류 변화와 발생하는 아크고장 신호의 양이 일반적인 아크에 비해 많은 것을 알 수 있다.

누전차단기 과전류차단기 아크고장 차단기의 기능을 통합하고, 실시간 여러 가지 위험요소들의 검출과 알고리즘을 구현하기 위하여 8bit 마이크로컨트롤러를 사용하였다. 이렇게 여러 가지 기능을 하나의 시스템으로 구성한 블록도가 그림 7이다. 과전류 검출부(Over Current Sensing), 아크고장 검출부(Arc Fault Sensing), 누설전류 검출부(Leakage Current Sensing)로 구성되며, 온도 검출부(Temperature Sensing)가 있어서 화재의 원인이 외적요인에 의한 화재일 경우를 대비하여 온도의 상승이 85℃이상일 경우 즉시 차단하도록 한다. 차단의 원인을 실시간 분석하기 위한 무선 통신 네트워크용 지그비를 지원하도록 구현하였다.

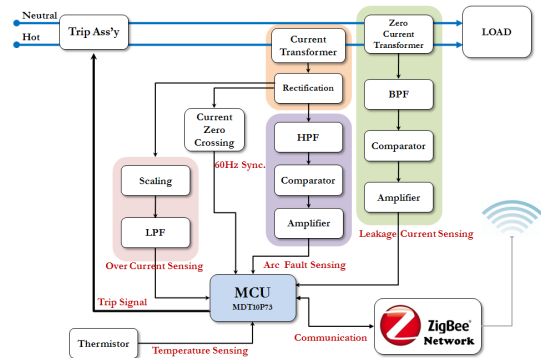


그림 7. 복합형 아크고장 차단기의 블록도
Fig. 7. Block diagram of integrated AFCI.

3. 데이터 전송 프로토콜

누전에 의한 차단과 과전류에 의한 차단 시에 차단의 원인을 전송하며, 아크고장 신호의 검출 시에도 신호에 따라 분류하여 표 1과 같이 코드 값으로 전송 한다. 전송 프로토콜의 내용은 복합형 아크고장 차단기의 모델과 생

산 넘버, 정격전압, 정격전류, 감도전류, 온도, 누설전류, 과전류, 아크고장 신호의 특성 등의 값과 차단 및 이벤트 발생 시에 원인을 분석할 수 있도록 총 30 바이트를 전송한다. 표 1에서 이벤트 번호 중 아크고장은 20-25번까지이며 아크고장 신호가 감지되었을 때, 아크고장 발생 구간을 측정하고 아크고장의 발생강도는 과전류치와 누설전류치를 같이 참조함으로써 이벤트 발생의 강도를 알 수 있다.

표 2는 복합형 아크고장 차단기에서 아크고장 신호가 많이 들어 올 경우 서버의 요구에 의해 차단 동작을 수행하도록 요구하고, 아크고장 차단기로서의 정상적인 동작 또는 아크고장 신호 전송기로서의 동작을 선택하도록 요구하는 명령 프레임이다.

표 1. 검출 신호를 분류 이벤트 번호
Table 1. Event number of classified detecting signal

No.	Event Value	검출 요소
0	No Event	
1	Value Request	
2	Trip Request	
30	Test	Arc Fault
31	42msec	
32	83msec	
33	100msec	
34	130msec	
35	166msec	
50	5mA	Leakage Current
51	25mA	
52	30mA	
70	125%	Over Current
71	160%	
72	180%	
73	200%	
74	250%	
75	300%	
76	400%	
90	80 °C	OverHeat
95	Defect	Thermometer

표 2. 서버에 의한 명령 프레임
Table 2. Command frame by sever

	0	1	2	3~5	6	7	8~9	10	11
신호	시작	Sender	갯수	주소	즉시 차단	옵션	예약	Checksum	종료
바이트	1	1	1	3	1	1	2	1	1

III. ZigBee기반 전기화재 예측시스템의 제안

1. 전기화재 예측시스템의 필요성

아크고장 차단기의 문제점은 원하지 않은 차단이다. 아크고장 차단기 제조회사의 성능을 테스트 하여 보면, 실생활에서 불편함을 피할 수 없는 것이 현실이다.

원하지 않은 차단이 발생하지 못하도록 감도를 낮추게 되면 그만큼 화재의 위험성에 노출되는 문제점이 있다. 그러므로 연구실 및 실험실과 실생활에서의 커다란 차이를 극복하기 위해서는 아크고장이 발생하였을 때 차단하기보다는 아크고장의 횟수와 아크고장의 강도를 보고 원인을 분석하여 화재를 미연에 방지하는 것이 현실적이다. 네트워크 기반 아크고장에 의한 화재 위험성 예측 시스템의 목적은 다음과 같다.

- 첫째, 아크고장 발생 위치 추적(전기기기, 배선 분석)
- 둘째, 원하지 않는 차단(Unwanted Trip) 발생원인과 시점 분석
- 셋째, 아크고장 발생 Data-Warehouse구축
- 넷째, 전기화재 예측·방지
(원인을 분석하여 미리 조치할 수 있다.)

2. 지그비 기반 네트워크 구성

복합형 아크고장 차단기에서 지그비 무선통신을 사용하는 이유는 통신거리와 가격적인 면에 있으며 데이터 전송속도가 고속일 필요가 없기 때문이다. 그리고 네트워크 당 최대 255개의 노드를 이용할 수 있는 장점이 있다. 표 3은 사용한 지그비 모듈의 사양이다.

복합형 아크고장 차단기를 하나의 센서노드로 정의하고, 센서 네트워크를 구성한다. 구성된 센서 네트워크를 이용하여 각 센서 노드의 정보를 수집하고 코디네이터(Coordinator)에 데이터를 전송한다. 코디네이터에 연

결된 서버에서는 수집된 정보를 활용하여 복합형 아크 고장 차단기를 제어하도록 한다. 엔드 디바이스를 그림 8의 a)와 같이 분전반에 설치한다.

표 3. 지그비 모듈의 사양
Table 3. Specification for zigbee module

주파수 대역	2.4Ghz ISM Band
수신 감도	-98dBm(Typical)
송신 출력	6dBm(Typical)
소비 전류	최대 38mA
전 원	3.3VDC +/-0.2
통신 거리	120M
통신 속도	9,600bps
안테나	침안테나

그리고 아크고장 신호가 많을 경우 원인과 장소를 분석하기 위하여 그림 8의 a)와 같이 필요한 곳에 엔드 디바이스를 설치한다.

코디네이터는 케이블 모뎀 근처에 설치하여 인터넷선을 활용하는 것이 바람직하고 그림 8의 b)와 같이 관리자 서버와 연결한다.

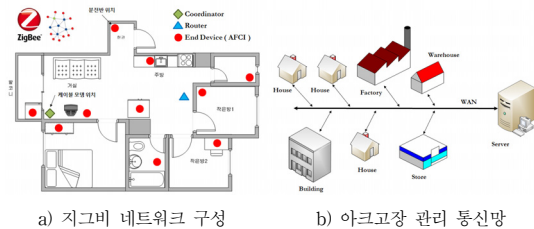


그림 8. 아크고장 분석을 위한 통신망 구성
a) Network structure of zigbee
b) Network arcing management
Fig 8. Network structure for analysis of arc fault.

이렇게 설치된 시스템에서 어떤 시점에 아크고장 신호의 발생과 누전, 과전류의 발생 원인과 장소를 분석할 수 있다. 대규모 데이터베이스(Data Warehouse)를 구축함으로써 문제 있는 전기기기와 배선을 개선해 나갈 수 있다.

IV. 실험 및 결과

테스트는 국내의 아크고장 차단기에 대한 인증규격이 마련되어 있지 않아 미국 UL1699인증 규격에 따라 실시하였다. 표 4과 같이 미국의 E사의 제품, 독일의 S사의 제품과 비교하여 테스트하였다.

표 4. 복합형 AFCI 테스트 결과
Table 4. Test Result of integrated AFCI

테스트 항목	부하	E사	S사	복합형 AFCI
Clearing Time Test	R 5A	620ms	No Trip	66ms 이내
	R 10A	356ms	No Trip	166ms 이내
Unwanted Tripping/Load Masking Test	컴프레서	OK/OK	OK/Fail	OK/OK
	조광기	OK/OK	OK/Fail	OK/OK
Point Contact Arc test (66도)	75A	7/6	7/3	6/6
	100A	6/6	4/5	5/5

Clearing Time Test 항목 결과를 보면 E사와 복합형 AFCI는 저항성 부하에서 정확한 동작하였으며, 독일의 S사는 각 부하에서 동작하지 않는 경우가 대부분 이었다. Unwanted Tripping / Load Masking Test 항목에서는 E사의 제품은 동작이 조금 느렸으며 S사의 제품은 저항부하(5A)및 SMPS에서 동작하고 나머지 부하에서는 불확실하게 동작하였다.

반면에 복합형 AFCI는 규정대로 정확하게 동작하였다. Point Contact Arc Test 항목에서는 모두다 온도와 전류에 상관없이 정확한 동작을 보였다. 온도는 -35℃, 25℃, 66℃에서 실시하였다. 지그비를 이용한 네트워크 구현은 복합형 아크고장 차단기 3대를 엔드디바이스용으로 설치하고 컴퓨터를 코디네이터로 통신 환경을 구성하였다. 네트워크 프로토콜의 테스트를 위하여 PC용 모니터링 소프트웨어를 프로그래밍하였다. 그림 9는 ATMEl사의 STK541보드와 지그비 신호 모니터링을 위한 ZigBee Sniffer를 이용하여 지그비 데이터 전송 정보를 모니터링한 결과이다.

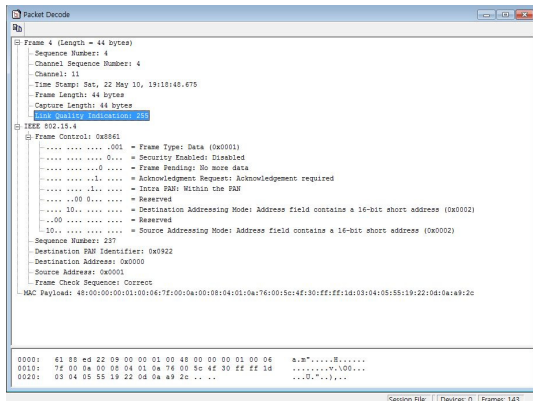


그림 9. ZigBee Sniffer에 의한 데이터 전송 정보
Fig 9. Information of transmitted data by ZigBee Sniffer.

V. 결론

본 논문에서는 아크고장 신호의 전송 기능을 가진 복합형 AFCI를 설계·구현하였으며, 지그비 기반 AFCI 네트워크 구성을 제안하였다. 아크고장으로 인한 차단이 빈번할 경우 전기화재는 방지할 수 있지만 전기를 이용하는 일상 생활에 많은 지장을 줄 수 있으므로, 실제 차단 대신 아크고장 신호 발생 시간과 크기 빈도수를 측정하고 무선네트워크를 이용하여 관리자 서버에서 전송함으로써 아크고장 수용가의 문제점을 해결하는 방안을 제시하고 적용가능성을 검토하였다.

참고 문헌

- [1] 반기중, 원영진, 임승하, “화재 방지를 위한 아크 전류 검출 제어기설계”, *전자공학회 논문지* 제 42 권 TE편 제 3 호 pp. 19-24, 2005.
- [2] Underwriters Laboratory Inc, *UL1699-Standard for Arc-Fault Circuit-Interrupters Second Edition*, 2006.
- [3] G.D .Gregory, Kon Wong, and R. Dvorak,

“More about arc-fault circuit interrupters”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 40, No.4, pp. 1006-1011, July/Aug., 2004.

- [4] B. Bernard, “Arcing phenomenon as related to fire investigation”, *Fire Technology*, Volume 17, Number 3, 1981.
- [5] S. Arunachalam, B. Diong, “A Parametric Model Approach to Arc Fault Detection for DC and AC Power Systems”, *Industry Applications Conference, 2006. 41st IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2006 IEEE* Vol. 5, pp. 2249 - 2255, 2006.
- [6] C.E. Restrepo, “Arc Fault Detection and Discrimination Methods”, *IEEE Conf. on Electrical Contacts* .pp.115-122, 2007.
- [7] W. William, “무선통신의 미래”, 진한엠앤비, pp. 73-85, 2008.
- [8] 지식경제부 기술표준원, *주택용 누전 차단기 KS C 4613*, 2009.
- [9] LG산전, *누전차단기 기술자료*, 2010.
- [10] 지식경제부 기술표준원, *주택용 배선용 차단기 KS C 8321*, 2009.

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 (NIPA-2010- C1090-1021-0005)과 국민대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었음.

저자 소개

장 기 흥(정회원)



- 1993년 국민대학교 전자공학부 학사 졸업
- 2008년~현재 국민대학교 대학원 전자공학부 석사과정
- <주관심분야 : USN 기술, 로봇틱스 응용>

김 기 민(준회원)



- 2009년 국민대학교 전자공학부 학사 졸업
- 2009년~현재 국민대학교 대학원 전자공학부 석사과정
- <주관심분야 : USN 기술, 로봇틱스 응용>

김 재 오(준회원)



- 1994년 국민대학교 전자공학부 학사 졸업
- 1996년 국민대학교 전자공학부 석사 졸업
- 2008년~현재 국민대학교 대학원 전자공학부 박사과정

<주관심분야 : USN 기술, 로봇틱스 응용>

안 현 식(정회원)



- 1992년 서울대학교 제어계측 공학과 박사
- 현재 대한전기학회 정보 및 제어부문 이사
- 현재 국민대학교 전자공학부 교수

<주관심분야 : 지능형 로봇틱스 및 차량 전자 제어>