

지능형 LED 조명 시스템의 신뢰성 확보를 위한 유무선 이중망 통합 인터페이스 구현

Implementation of Integrated Interface based on Wire and Wireless Dual Network for Ensuring the Reliability of Intelligent LED Lighting System

이운선* · 박태진** · 박만곤†
(Un-Seon Lee · Tae-Jin Park · Man-Gon Park)

Abstract - The ZigBee communication method, which is the most frequently applied to the LED lighting control system, has drawbacks of low-speed and low-capacity, and the communication failure possibility due to environmental influences is on the rise. Therefore, it is important to secure the communication reliability by applying an integrated interface with a wire-wireless dual-network. This paper developed a communication module, which has a platform converging and combining the ZigBee of USN environments with the PLC of power line communication environments, to implement a dualized communication interface system supporting the wire-wireless integrated protocol, and implemented a wire-wireless networking device and a control system software technology. As a result, it was automatically switched into the PLC communication within 4.4 seconds on average when there was an access failure in the ZigBee communication network, so a reliable communication network was built.

Key Words : Dual network, LED-lighting system control, Integrated protocol&interface for ZigBee and PLC

1. 서 론

오늘날 전기 에너지 사용의 끝없는 증가는 관련분야에 대한 연구와 개발로 이어져 온 만큼 항상 우리 주위에서 여러 형태로 체감되어 질 수밖에 없다. 특히, 원자력발전의 신뢰성 저하와 불신은 또 다른 에너지 절감에 대한 자구적인 노력과 정책, 그리고 연구 개발에 맞추어 고민할 수밖에 없는 실정이다. 현재 우리가 사용하는 에너지 중 많은 부분이 조명관련 분야에서 발생하고 있다는 점에서 조명자체의 고효율화와 조명제어시스템 향상을 통해 에너지 절감을 추구하는 노력이 한층 강화될 것으로 보인다. 여기에는 조명기에 대한 유무선 네트워크 기능이 탑재된 스마트 조명시스템을 포함한다[1-3]. 조명시스템에는 복합적 기능을 수행하는 통신 소프트웨어 및 관리 소프트웨어가 필수적으로 요구될 뿐만 아니라 LED를 광원으로 사용할 경우 기존 대비 약 60% 이상의 고효율 조명 구현이 가능하며, LED 자체의 고효율화와 조명제어시스템 향상을 통해 더 많은 에너지 절감을 추구할 수 있게 된다.

일반적으로 조명제어에 사용되는 통신시스템들은 유선 또

는 무선의 단일 통신망으로 구성되어 있다. 그러나 유선방식의 경우 공사비용이 과하게 발생하여 경제성이 떨어지고, 무선의 경우 통신이상 상황 발생 시 적절한 대처가 어려운 단점이 있다. 특히, 무선망의 경우 대다수 ZigBee 통신을 기반으로 LED 조명제어 시스템이 구성되고 있다.

ZigBee는 수많은 분산노드에 대해 저출력, 저속의 무선 모니터링 및 제어 애플리케이션용으로 개발된 최신의 RF 표준이나 여러 가지 단점이 존재한다. 그 단점을 살펴보면 1) 상대적으로 느린 데이터 전송 속도를 요구하는 애플리케이션에서 블루투스의 단점을 해결하고자 하였으나 RF 물리계층인 ZigBee 애플리케이션에는 802.15.4 규격이 규정한 호환성 기능을 수행하는데 필요한 오버헤더를 포함하고 있고, 2) 블루투스처럼 동기화가 필요하지 않기 때문에 출력요건이 비교적 느슨한 편이다. 또한 3)최대 전송 속도가 250Kbps이어서 1Mbps를 가지는 타사 네트워크 제품에 비해서 많은 대역폭을 가진다는 것과 4)대역주파수 2.4GHz 및 메쉬네트워크에서 최초 접속시간에 대한 접속시간이 긴 편이다. 특히 5)저속과 저용량이라는 단점을 지니고 있으면서 실내 환경에서는 주변 전기전자장치의 영향으로 통신장애가 발생할 수 있다는 점이다[4][5]. 따라서 그 규모와 수요가 급성장하고 있는 LED조명산업의 발전을 위해서는 유무선 이중망 통합 인터페이스를 적용하여 통신 신뢰성을 확보하는 것이 중요하다. 본 연구논문에서는 유무선(ZigBee, PLC) 통신에 대한 통합인터페이스기술을 구현한 후, 1)접속시간 테스트, 2)이중화 테스트, 3)거리 테스트 등의 실험을 수행함으로써 그 신뢰성과 효과성을 확보하도록 했다.

† Corresponding Author : Dept. of IT Convergence and Application Engineering, Pukyong National University, Korea

E-mail : mpark@pknu.ac.kr

* Dept. of Smart Grid Electric, Electronic & Control, Korea Polytechnic IV, Korea

** M2M-KOREA Technical Director

Received : December 18, 2013; Accepted : January 21, 2014

2. 실증사례 및 관련연구

2.1 지그비 통신 기반 가로등 제어 시스템 실증사례

지그비 통신 기반의 가로등 제어 시스템은 인천 청라지구에서 테스트베드로 구축되었으며, 가로등 분전함 1대당 1개의 게이트웨이가 설치되었다. 그 구축현황은 표 1과 같다.

표 1 인천 청라지구 가로등 제어 시스템 구축현황
Table 1 The Street Lights control system construction in Chungra district, Incheon

| 시료수 | 분전합수 | 가로등주 | 접속시간 | 결과 |
|-----|------|------|-------|-------|
| 1 | 1 | 30 | 4'10" | 접속 양호 |
| 2 | 1 | 40 | 4'30" | 접속 양호 |
| 3 | 1 | 45 | 4'40" | 접속 양호 |
| 4 | 1 | 50 | 5'20" | 접속 지연 |
| 5 | 1 | 55 | 5'30" | 접속 지연 |
| 6 | 1 | 60 | 5'50" | 접속 지연 |
| 7 | 1 | 65 | 6'20" | 접속 지연 |
| 8 | 1 | 70 | 7'05" | 접속 지연 |
| 9 | 1 | 75 | 8'00" | 접속 지연 |
| 10 | 1 | 80 | 9'00" | 접속 지연 |

위 결과를 살펴보면 분전함 한 대에 ZigBee 통신망의 게이트웨이가 하나일 때는 가로등주가 50대까지 LED모듈이 5분 이내에 통신 접속되었으나 50대 이상에서는 5분 이내에 통신 접속이 되지 않았다. 결국 게이트웨이를 추가로 설치하여 접속지연의 문제를 해결하였다. 이로써 생각해 볼 수 있는 통신 지연의 문제점은 1)공중파 및 환경적 장애물(주변 건물), 2)다른 기지국(Wi-Fi 등)으로부터의 ZigBee와 유사한 주파수 대역에 따른 전자파 장애, 3)바다를 끼고 있는 지역의 특성상 수분 및 염분 침투로 인한 안테나 성능 저하, 4)10dB이상의 출력 레벨의 제한(H/W변경의 어려움과 법적문제) 등을 살펴볼 수 있다. 따라서 ZigBee의 단점과 통신에러 발생구간에 신속히 대처할 수 있는 유무선 이중망 통신의 필요성이 제기되었다.

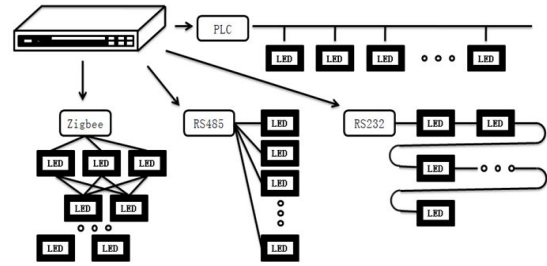
2.2 LED 조명장치를 위한 원격 다중통신 시스템

LED 조명장체에 대한 ZigBee, PLC, RS232 그리고 RS485 까지 원격 다중통신 시스템 및 제어에 대한 소프트웨어 및 하드웨어 설계와 구현을 나타내었다. 또한, 클라이언트-서버통신 방식을 이용한 LED 조명제어 장치가 웹 브라우저를 통해서 제어될 수 있도록 하는데 목적을 두었다[6].

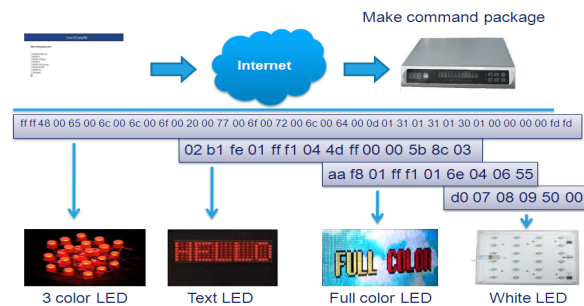
그림 1은 다중 통신에 대한 설계 및 구현을 통해서 1)디바이스 드라이버를 위한 커널과 디바이스간 통신, 2) 명령어 패킷을 통해서 원격 다중 통신 결과를 보이고 있다.

2.3 LACC를 이용한 원격제어 시스템 구현 및 적용

LAN, PLC, ZigBee 등과 같은 유무선 네트워크 장치를 이용하고 네트워크상에서 발생할 수밖에 없는 제어시스템에서의 치명적인 문제를 비교적 저렴하고, 작은 노력을 들여 구축할



(a) 다중 통신과 디바이스 드라이버
 (a) Multi-Communication and device driver



(b) 명령어 패킷과 실험결과
 (b) Command packet and experiment result

그림 1 다중 통신을 위한 디바이스 드라이버 및 명령어 패킷
Fig. 1 Device driver and command packet for multi communication

수 있는 방법에 대해서 연구가 이루어지고 있다. 또한, 네트워크 기능을 가진 임베디드시스템의 경우 펌웨어 업그레이드가 타 장치에 비해서 장점이 많으므로 네트워크 노드들을 원격으로 관리할 수 있는 신뢰성 높은 제어방법이 중요하다.

LACC(Local Area Control Center) 구성은 PLC(Power Line Communication)로부터 얻은 센서값에 사용자 알고리즘을 적용하여 노드의 액추에이터를 제어하는 PLC-LACC 인터페이스와 PLC로부터 얻은 센서 및 액추에이터의 값을 수집, 평균 저장하고, 네트워크를 통해 원격서버로 전송하는 LACC-Server 인터페이스로 구분된다. 결과적으로 서버로 전송된 데이터는 데이터베이스화 되어 관리가 된다. PLC 사용자 알고리즘은 로컬의 엔지니어에 의해 변경되지만 최종적으로는 데이터베이스의 분석을 통해 이루어진다[7].

시스템 구성을 살펴보면, 1)센서노드 및 릴레이를 관리하는 PLC 블록과 2)통신망에 접속을 하여 데이터를 전송관리 해주는 LACC 블록, 3)LACC로부터 전송된 데이터를 관리 모니터링할 수 있는 통제 서버로 구성된다. 그림 2는 LACC의 블록 다이어그램을 나타낸다.

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 시스템 통합 설계

고효율 LED 조명제어 구축을 위한 유무선 이중화 통합 시스템 구현을 위해서 1)LED 디머, 2)모션감지 센서, 3)계이

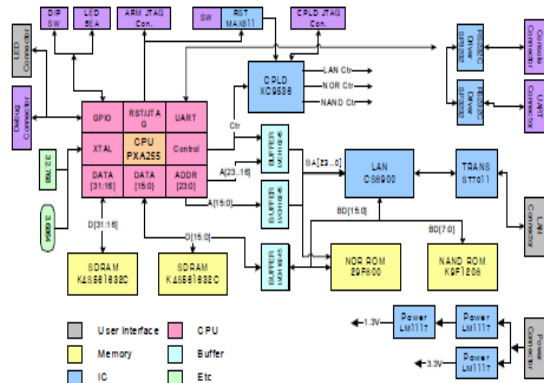


그림 2 LACC 블록도
Fig. 2 Block diagram of LACC

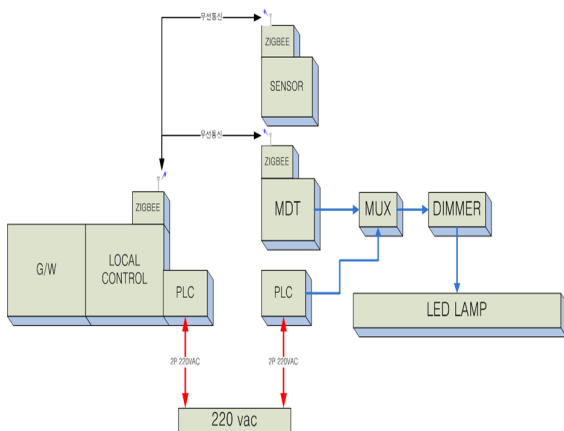
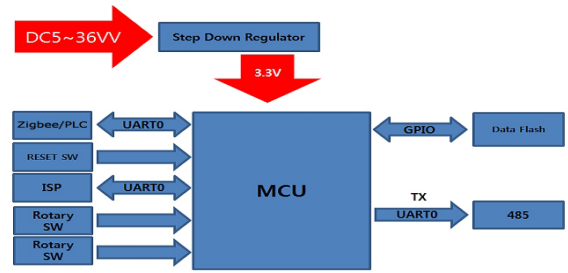


그림 3 시스템 동작 구성도
Fig. 3 Configuration diagram for system driving

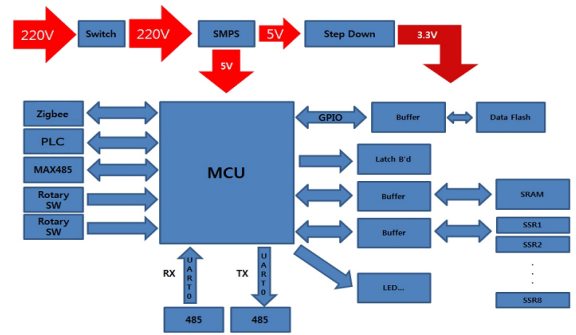
트웨이, 4)로컬 컨트롤러, 5)LED 디밍트랜시버, 6)ZigBee 모듈 그리고 7)PLC 모듈 등으로 구성하되, 전체 시스템 동작 구성도는 그림 3과 같다.

LED 디밍기술을 구현하기 위해서 MDP(Dimmer)와 MDT (Dimming Transceiver)로 구성되어야 하는데, MDP는 MDT로부터 485통신을 통해 받은 데이터를 분석하여 부하(LED등)의 밝기를 바꾸어주는 역할을 한다. 따라서 유선 통신을 위한 485통신 인터페이스를 포함하며, 그 외 부하(LED등)의 밝기 조절을 위한 LED 드라이버가 포함되어 있다. MDT는 LC(로컬 컨트롤러)와 디머간 유무선중계기의 역할을 하면서 LC와 ZigBee 또는 PLC를 통한 유무선 통신을 수행하고 디머와 RS485통신을 사용하여 유선통신을 수행한다.

게이트웨이 장치는 웹 관제시스템과 부하제어기간 유선중계기의 역할을 하면서 이더넷을 통해 관제 PC로부터 제어되며, 부하제어기와는 RS485통신방식을 사용해서 데이터를 송수신하게 된다. 여기에는 RS485 통신 인터페이스회로, 관제PC와의 이더넷 통신, 게이트웨이의 상태확인을 위한 LED, 게이트웨이 디버깅을 위한 RS-232통신(콘솔용 1포트), RTC등의 기능을 포함하고 있다. 로컬 컨트롤러는 게이트웨이와의 유선 통신 및 부하(SSR, MDT, Sensor)에 대한 제어 역할을 한다. 즉, 이더넷으로부터 게이트웨이를 거쳐 485



(a) 디밍 전송장치
(a) MDT



(b) 로컬 컨트롤러
(b) Local controller

그림 4 각 장치별 블록도
Fig. 4 Block-diagram for each equipments

통신으로 제어되며, GPIO를 통한 SSR제어, ZigBee와 PLC를 통한 MDT 및 센서와 데이터를 송수신하게 된다. 여기에는 RS485 통신 인터페이스회로를 포함하며, 상태확인을 위한 LED, SSR과 LED, PAN ID 설정을 위한 로터리 스위치, 유무선 통신을 위한 PLC/ZigBee 모듈 그리고 래치 제어를 위한 인터페이스 회로를 포함하고 있다. 이중망 통신이 구현된 디밍 전송장치와 로컬 컨트롤러의 블록도는 그림 4와 같다.

3.2 시스템 설계 및 구현

프로토콜 설계는 서버 및 클라이언트간 통신제어에 필요하며, 클라이언트는 서버로의 “등록”요청 및 등록, 연결상태 체크, 연결 시 시간, 날짜를 전송하는 것으로 한다. 메시지 형태에 따른 전송값과 설명은 표 2와 같다.

3.2.1 로컬 컨트롤러&게이트웨이 제어 프로토콜

서버 및 게이트웨이와 관련된 네트워크 전송프로토콜을 정의하며, 1)장치 정보, 2)장치 제어, 3)전력량 요청, 4)매핑, 5)이벤트, 6)센서 제어, 7)디버그 그리고 8)코드로 구성된다. 따라서 게이트웨이 및 게이트웨이에 연결된 장치에 대한 정보 및 제어에 대한 기능을 제공하며, 프로토콜 구성을 위한 구분자는 표 3과 같다.

표 2 서버 및 클라이언트간 통신 프로토콜

Table 2 Communication protocol between server and client

| 메시지 타입명 | 방향 | 값 | 설명 |
|------------------------|----------|------|---------------------|
| REQ_PING | (S)(G) | 0x01 | 통신상태 확인(응용) |
| RES_PING | (S)(G) | 0x02 | 통신상태 확인(응용) |
| REQ_REGISTER | (S)(G) | 0x11 | 노드 등록 |
| RES_REGISTER | (S)(G) | 0x12 | 노드 등록에 대한 응답 |
| REQ_REGISTER_NODE | (S)(G) | 0x13 | 노드의 클라이언트 등록 |
| RES_REGISTER_NODE | (S)(G) | 0x14 | 노드의 클라이언트 등록에 대한 응답 |
| SEND_TIME_INFO | (S)(G) | 0x15 | 시간, 날짜 정보 전송(S->G) |
| REQ_REGISTER_BROADCAST | (G)->(N) | 0x05 | 노드 등록 요청 브로드캐스트 |
| ASSIGN_TOKEN | (G)->(N) | 0x06 | 토큰 할당 |
| REQ_TOKEN_RELEASE | (G)->(N) | 0x07 | 토큰 해제 요청 |
| RES_TOKEN_RELEASE | (G)->(N) | 0x08 | 토큰 해제 응답 |

표 3 노드제어 프로토콜을 위한 base-PDU

Table 3 base-PDU for node-control protocol

| PDU | | | | | | |
|--------------------|------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|--------------------------|
| protocolId (uint8) | Sub_ProtocolId (uint8) | seqNum (uint16) | destId (uint16) | srcId (uint16) | payload | |
| | | | | | msg-type (uint8) | params (variable length) |
| 0x80 | 0x21 | | | | Definition | Definition |

노드제어 프로토콜을 위한 PDU의 페이로더(payload)에서 변수 길이가 포함된 파라미터는 게이트웨이 정보(0x2000), 회로별 on/off/디밍 상태 및 제어를 나타내는 부하제어기 정보(0x2010), 동작감지 센서 정보(0x2050), 설정된 디밍 레벨인 MDT 정보(0x2040) 등으로 구성하고 각 메시지 형태별 상세정의는 표 4와 같다.

장치정보에서는 게이트웨이에 등록된 노드 수(subNode_Id), 장치 수(numOfDevice), 장치 ID(Device_Id), 장치 타입(Device_Type), 회로 ID(Circuit_Id), 디밍 레벨과 센서 및 스케줄, 조도 기반의 센서제어를 가능케 하는 운영제어 명령(Ctrl_mode), 센서로 조명제어 운영 시 램프가 On 되어 있는 시간(on_Time), 센서의 세부 설정에 대한 결과와 값을 나타내거나 이벤트 보고 설정에 대한 결과와 값을 나타내기도 한다.

추가해서 감도 및 설정에 따른 센서 ID(Sensor_Id), '성공'과 '실패'를 나타내는 결과 값 및 감지센서 동작을 나타내는 모드의 설정, 센싱 감도를 나타내는 레벨을 포함한다. 그리고 전력량 요청 및 설정을 위한 메시지 타입에 따라서 서버 노드 ID(subNode_Id), 디바이스 ID(Device_Id), 채널 ID(Channel_Id), 누적 전력량(Energy)을 구성하며, 제어기 노드에서 발생하는 on/off에 대한 이벤트를 서버로 전달할 수 있도록 하는 데이터 포맷을 포함한다.

표 4 장치정보 및 제어/센서제어/전력량요청/이벤트/디버그

Table 4 Device information and control/Sensor control/Request of energy wattage/Event/Debug

| payload | | payload | |
|---------------------|----------------------|------------------|-----------------------|
| msg-type (uint8) | msg-type (uint8) | msg-type (uint8) | msg-type (uint8) |
| 등록된 장치 수 조회:0x20 | 장치 재시작 요청:0x3A | 전력량 요청:0x40 | 이벤트 전달:0x70 |
| 등록된 장치 수 조회 응답:0x21 | 회로 제어 요청:0x30 | 전력량 요청 응답:0x41 | 주변 노드 이벤트 전달:0x71 |
| 등록된 장치 정보 조회:0x22 | 회로 제어 응답:0x31 | 전력량 요청:0x42 | |
| 등록된 장치 조회 응답:0x23 | 센서 모드 세부 설정 요청:0x32 | payload | |
| 장치 상태 정보 요청:0x24 | 센서 모드 세부 설정 응답:0x33 | msg-type (uint8) | msg-type (uint8) |
| 장치 상태 정보 응답:0x25 | 센서 공유 모드 설정 요청:0x34 | 센서 감도 설정 요청:0x80 | 디버깅용 로그 요청:0x90 |
| | 센서 공유 모드 설정 응답:0x35 | 센서 감도 설정 응답:0x81 | 디버깅용 로그 응답:0x91 |
| | 게이트웨이 설정 요청:0x36 | 센서 모드 설정 요청:0x82 | 디버깅용 로그 초기화:0x92 |
| | 게이트웨이 설정 응답:0x37 | 센서 모드 설정 응답:0x83 | 부하제어기 디버깅용 로그 요청:0x93 |
| | 이벤트 보고 모드 설정 요청:0x3B | | 부하제어기 디버깅용 로그 응답:0x94 |
| | 이벤트 보고 모드 설정 요청:0x3C | | 부하제어기 디버깅용 로그 요청:0x95 |

데이터 포맷에는 조명제어에 관련된 이벤트(0x01), 게이트웨이 및 로컬 컨트롤러간 통신장애, 로컬 컨트롤러 및 MSN, MDT간 통신장애(0x03, 0x04), 스위치 이벤트(0x10) 등이 있다.

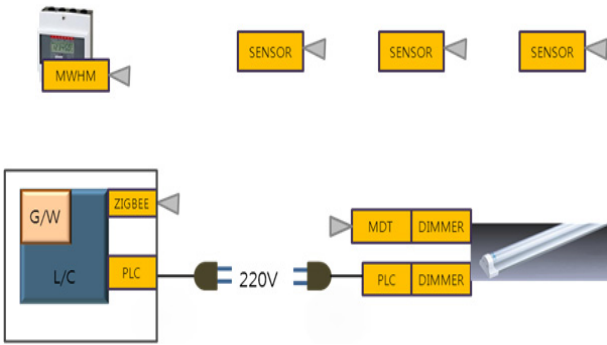
끝으로 디버깅용 로그에는 현재시각(currentTime), 재부팅 횟수(rebootCount), 재부팅된 마지막 시간(lastRebootCount), 서버에 접속한 횟수(serverConnectionCount), 서버에 접속된 마지막 시간(lastServerConnectionCount)으로 구성된다.

4. 실험 및 평가

4.1 평가방법 및 시뮬레이션

본 연구논문의 결과에 대한 실험 평가항목에는 1)센서 동작, 2)전력량 수집장치(MWHM) 및 MDT의 접속 완료 시간 확인, 3)MDT 통신 상태(5m 이내거리)에서 PLC 통신으로의 성공적 전환 시간, 4) HIV 2.5mm² 300m 거리에서의 통신 상태여부, 5)전력선에 과부하 또는 노이즈 유발 장치(대형 진공청소기, 전기난로)를 연결한 상태에서 PLC 통신 이상여부를 확인하였으며, 그 구성도와 테스트 환경은 그림 5와 같고, 각 장치별 모듈은 그림 6과 같다[8].

본 연구논문의 시뮬레이션 결과를 얻기 위해 그룹별 등록된 로컬 컨트롤러 및 그 하위 장치에 대한 위치를 설정하되 1)디머장치 매핑을 통해서 해당 회로의 밝기를 제어할 수 있도록 하고, 2)센서장치 매핑을 통해서 센서가 이동체 감



(a) 실험 장치별 구성도

(a) Configuration diagram of each experimental devices

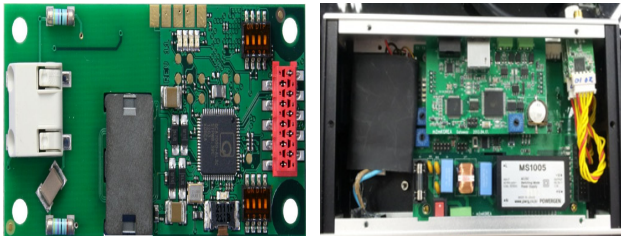


(b) PLC 통신 및 과부하 테스트

(b) Communication and overload test for PLC

그림 5 실험 장치별 구성도와 PLC 통신 테스트

Fig. 5 Configuration diagram of each experimental devices and communication test for PLC

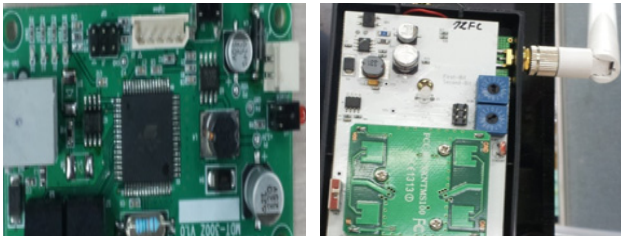


(a) PLC 통신 모듈

(b) 로컬 컨트롤러

(a) Module of PLC communication

(b) LOCAL CONTROL



(c) 무선디밍 장치(MDT)

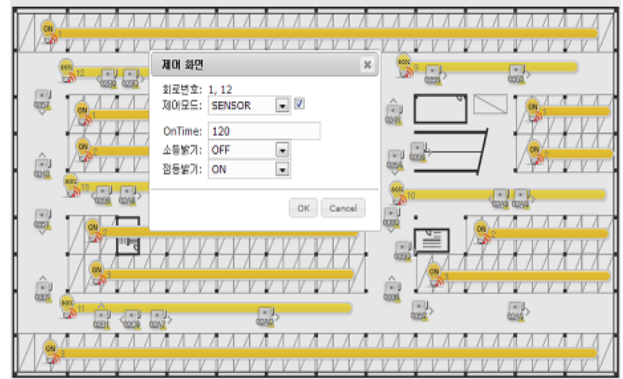
(d) 인체감지센서

(c) Device of wireless dimming (d) Sensor of a human body

그림 6 각 장치별 모듈

Fig. 6 Module of each devices

지하는 대로 LED램프를 동작시키도록 한다. 여기에 각 회로 및 디머 그리고 제어회로에 통신 오류가 발생하면 PLC 회로가 동작하도록 구성하되, 제어회로(1-8), 가상회로(9-12), PLC회로(13-16)로 분류되고 제어된다. 매핑 설정에 따른 구성화면은 그림 7과 같고 각 회로별 동작에 대한 설명은 표 5와 같다.



(a) 로컬 컨트롤러 및 그룹별 매핑 설정

(a) Setting for local controller and each group

| | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| 1번 제어회로 | 제어용 초기화 | 9번 가상회로 | 제어용 초기화 |
| 2번 제어회로 | 제어용 초기화 | 10번 가상회로 | 제어용 초기화 |
| 3번 제어회로 | 제어용 초기화 | 11번 가상회로 | 제어용 초기화 |
| 4번 제어회로 | 제어용 초기화 | 12번 가상회로 | 제어용 초기화 |
| 5번 제어회로 | 제어용 초기화 | 13번 PLC회로 | 제어용 초기화 |
| 6번 제어회로 | 제어용 초기화 | 14번 PLC회로 | 제어용 초기화 |
| 7번 제어회로 | 제어용 초기화 | 15번 PLC회로 | 제어용 초기화 |
| 8번 제어회로 | 제어용 초기화 | 16번 PLC회로 | 제어용 초기화 |

(b) 매핑 설정에 따른 제어회로/가상회로/PLC회로

(b) Control, virtual, and PLC circuit depending on mapping set-up

그림 7 매핑 및 회로 설정

Fig. 7 Setting for mapping and circuit

디머가 매핑 되어있는 회로는 0~10단계별 소등/점등 밝기를 조정할 수 있으며, 센서감지 후 일정시간(5~240초) 동안 유지할 수 있도록 설정하였다.

표 5 장치 회로별 설명

Table 5 Description by devices circuit

| 구분 | 설명 |
|-------------------|-------------------------------------|
| 제어회로 (1~8번 회로) | • 센서가 감지될 경우 회로를 제어하는 용도로 사용 |
| 가상회로 (9~12번 회로) | • 센서가 감지될 경우 디머를 제어하는 용도로 사용 |
| PLC회로 (13~16번 회로) | • 제어 회로에 장애가 발생했을 경우 백업 용도로 사용되는 회로 |

4.2 결과 및 분석

통신 인터페이스 이중화 모듈개발에 따른 유무선 복합 통신 프로토콜 기반의 시스템제어 및 효율성을 확인하기 위해 항목별 ZigBee 접속시간 테스트와 이중화 테스트로 구분하여 실험하였다.

첫째, 통신 테스트를 수행하기 위해서 로컬 컨트롤러로부터 센서, 무선 디밍장치, 전력량 수집장치간 ZigBee 접속시간을 측정했으며, 실험 수행은 5회로 했다. 표 6은 ZigBee 통신 테스트 결과를 나타낸다.

표 6 ZigBee 통신 시험 결과

Table 6 ZigBee communication test result

| 시료 | 접속시간 | | | | | Average second |
|------|------|-----|-----|-----|-----|----------------|
| | 1차 | 2차 | 3차 | 4차 | 5차 | |
| 센서1 | 5초 | 4초 | 7초 | 6초 | 7초 | 5.8 |
| 센서2 | 4초 | 5초 | 7초 | 7초 | 5초 | 5.6 |
| 센서3 | 5초 | 5초 | 9초 | 6초 | 7초 | 6.4 |
| MWHM | 8초 | 9초 | 13초 | 10초 | 8초 | 9.6 |
| MDT | 10초 | 14초 | 16초 | 12초 | 18초 | 14.0 |

둘째, 이중화 테스트는 PLC를 이용하되, ZigBee통신(MDT)이 우선 채널로 설정되어 있는 상태로 하며, 접속장애 발생 시 자동으로 PLC통신으로 전환되도록 한다. 또한, 5m 이내거리에서 PLC 통신으로의 전환 요구에 대한 접속시간을 측정했으며, 실험 수행은 5회로 했다. 표 7은 PLC 통신 테스트 결과를 나타낸다.

표 7 PLC 통신 시험 결과

Table 7 PLC communication test results

| 시료 | 접속시간 | | | | | Average second |
|------|------|----|----|----|----|----------------|
| | 1차 | 2차 | 3차 | 4차 | 5차 | |
| PLC1 | 4초 | 4초 | 4초 | 5초 | 4초 | 4.2 |
| PLC2 | 4초 | 5초 | 4초 | 6초 | 4초 | 4.6 |

각 장치별 접속시간 테스트와 이중화 테스트에 대한 평균 접속시간에서 큰 차이를 보이지 않아 산업현장의 조건을 만족할만한 결과를 얻었으며, 전력선에 과부하 또는 노이즈 유발 장치를 연결한 상태에서의 실험에서도 평균 접속시간 이내의 안정된 통신을 수행할 수 있었다.

지그비 접속시간 테스트를 위한 센서1은 5.8초, 센서2는 5.6초, 센서3은 6.4초 소요되었으며, 전체 평균은 5.9초, MWHM(전력량 수집장치)는 9.6초, MDT는 14초에 접속 완료되었다. 이중화 테스트를 위한 무선망 통신(MDT)이 우선 채널로 설정되어 있고, MDT 접속장애 발생 시 자동으로 PLC 통신으로 전환되었으며, 5m 이내거리에서 PLC 통신으로의 전환 시간은 평균 4.2초, 4.6초 소요되었으며, 전체 평균 4.4초 소요되어 만족할 만한 결과를 보였다.

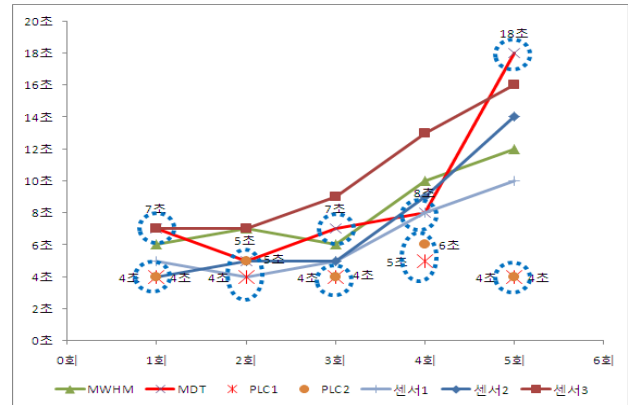


그림 8 각 장치별 접근속도 시간 및 ZigBee 통신에서 PLC 통신으로의 전환 접근시간

Fig. 8 Access time of each devices and changed access time of between ZigBee to PLC communication

5. 결 론

본 연구논문의 통신인터페이스 이중화 모듈개발을 통해서 1)기술 요소 부품의 규격화 선도와 2)유무선복합 통신 프로토콜을 이용한 시스템 제어 기술 확보, 3)LED 조명산업의 경쟁력 확보 등이 가능하게 되었다. 이중화 테스트는 ZigBee 통신이 우선채널로 설정되어 있는 상태에서 통신에러 발생 시, PLC 접속으로의 자동 전환 및 전환 시간에 따른 신뢰성을 확인할 수 있었으며, ZigBee 통신을 위한 각 노드별 접속시간 또한 좋은 결과를 보였다. 또한, 전력량에 대한 정보수집에 대해서도 만족할 만한 결과를 나타내었다. 이로써 ZigBee, Ethernet, PLC 등 백본망 연동을 통한 시스템 제어 프로토콜 기반의 관제서버 및 연동 클라이언트간의 필요한 정보를 제공할 수 있게 되었다.

향후, 1)수명 개선을 위해서 기존 LED 조명 구동에 따른 SMPS 의 수명문제를 해결할 필요가 있으며, 2)원가 절감을 위해서도 고효율 디머블 AC 드라이버 IC 개발과 IC 제어를 위한 유무선 통신 모듈 및 응용 시스템 개발 확장이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학협력력 기술개발사업(No. C0031955)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

References

[1] Myung-Ho Lee, Seok-Won Hong, Chul-Hwan Lee, Seung-Jae Lee, "Promotion of Korean Smart Grid Trends and Prospects," Korea information processing society review, Vol. 18, No. 2, pp. 100-107, 2011.
 [2] Xiangsheng Kong and Dong Li "A design for wireless access control system based on ZigBee", consumer Electronics, Communications and

Networks(CECNet), 2012 2nd International Conference on, pp. 24-27, 2012.

- [3] Young-Ho Jang and Hwan-Yong kim, "Implementation of a LED light control module using ZigBee", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 10, pp. 4740-4744, 2012.
- [4] In-Young Jo, "Domestic development trends of ZigBee automation system", Monthly journal of automation systems, April 2007.
- [5] "ZigBee frequency band and features", Korea ZigBee Forum, Retrieved on 1th October 2013 from http://www.ZigBeeForum.or.kr/forum_info/info04_1.html.
- [6] Lin-Rong Li, Young-Hak Chang, Jin Lee, Young-Jae Ryoo, Moon-Ho Choi, and Jae-young Kwak, "Remote Multi-Communication System for Networking of LED Lighting Devices," Academic Conference on Summer, Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 14-17. 2009.
- [7] Tae-Jin Park, Myung-Kee Jang, and Seung-Ryul Chung, "Implementation and application of remote control system using LACC(Local Area Control Center)," Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 43, No. 4, pp. 261-268, 2006.
- [8] "QCA7000 Datasheet", I2SE-Powerline Communication & Home Automation, Retrieved on 13th September 2013 from <http://www.i2se.com/wiki/doku.php>.

저 자 소 개



이 윤 선 (李 雲 善)

한국기술교육대학교 정보통신공학 (공학사), 한국기술교육대학교 산업기술공학 (공학석사), 부경대학교 첨단정보과학 및 정보기술 국제화협동과정 (공학박사), 2006년~현재 한국폴리텍IV대학 SG전기 전자제어과 부교수
 관심분야 : USN응용시스템, 스마트그리드, 자동제어시스템, 신재생에너지, 멀티미디어정보처리기술



박 태 진 (朴 太 進)

동의대학교 물리학과 (이학사), 부경대학교 전산정보학과 (이학석사), 부경대학교 전자계산학과 (이학박사), 1995년~1997년 경남정보대학 전자계산학과 외래교수, 1998년~1999년 영남제분(주) 기획정보실 과장, 2000년~2003년 거제대학 전자계산학과 초빙전임강사, 2005년~2007년 마산대학 조선메카트로닉스과 강의전담, 2008년~현재 한국폴리텍VII대학 메카트로닉스학과 산학교수, 2000년~현재 신라대학교 컴퓨터정보공학부 외래교수, 2008년~현재 (주)엠투엘코리아, 기술연구소 이사
 관심분야 : 영상처리, 신호처리, 멀티미디어정보처리, 임베디드시스템, 자동제어



박 만 곤 (朴 萬 坤)

경북대학교 수학교육 (이학사), 경북대학교 수학교육 (교육학석사), 경북대학교 산통계학 (이학박사), Philippine Women's University, (국제행정학석사), University of Rizal System, Philippines (명예 기술학박사), Dept. of Electrical & Computer Engineering, University of Kansas (Post Doc.), 1981년~현재 부경대학교 IT융합응용공학과 교수, 2008년~현재 한국멀티미디어학회(KMMS) 회장 및 명예회장, 2002년~2007년 정부간 국제기구 CPSC (콜롬보폴렌기술교육대학) 총재 (Director General and CEO), 2004년~2007년 Asia Pacific Accreditation and Certification Commission 아태지역 인증 및 검증위원회 위원장, 2005년~2007년 유네스코(UNESCO-UNEVOC) 자문위원, 아시아개발은행 자문관
 관심분야 : 소프트웨어신뢰성공학, 비즈니스 프로세스 재공학(BPR), 소프트웨어 공학 및 재공학, 멀티미디어정보처리기술, ICT-based HRD System, 정보시스템성능평가