

ZigBee 무선모뎀에 의한 메탈할라이드 램프의 조도제어 시스템에 관한 연구

박종연*, 정광현*, 이현진*
 강원대학교 전기전자 공학과*

Dimming control system for Metal-Halide lamps using ZigBee based wireless modem

Chong-Yeon Park*, Kwang-Hyun Jung*, Hyun-Jin Lee*
 Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Kangwon National University*

Abstract - 본 논문에서는 메탈할라이드 램프(MHL)의 원격 조도제어 및 감시 시스템을 구성하기 위하여 2.4GHz Zigbee 무선모뎀으로 구성된 무선모뎀을 구현하였다. MHL은 주로 가로등이나 보안등의 용도로 쓰이며, 대부분 설치되어 있는 시스템은 Group 제어 기반의 단방향 제어 방식이다. 이러한 방식들은 각 등에 대한 개별적인 제어 및 감시가 이루어지지 못한다는 단점이 있으며, 이를 극복하기 위해서는 양방향 통신을 할 수 있는 통신 시스템이 필요하다. MHL은 다른 방전등들과 비교하여 비교적 방전시간이 긴 특징이 있으며, 이러한 특징은 조도제어 시스템 구성 시 고려되어야 한다. 본 논문에서는 시스템 구성을 위하여 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee 모듈을 이용하고, 조도제어를 위하여 Half-Bridge 방식의 전자식 안정기를 설계하여, 이를 제어하기 위한 제어회로를 구성하였으며, 램프의 특성에 맞는 프로토콜을 제안하였다.

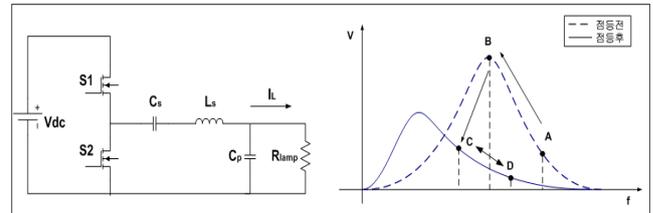
안정기는 앞서 언급하였듯이 LCC 공진 필터를 이용한 Half-Bridge 방식의 안정기를 구성하였다. 전력조절을 위한 인버터의 제어회로는 PWM IC 및 MOSFET Gate Driver IC를 이용하여 구성하였으며, 역율 개선을 위해 능동 PFC 회로를 사용하였다. 조도조절은 안정기 출력의 전력을 조절하는 것이며, 따라서 인버터회로의 제어를 위한 Dimming Circuit이 추가되었다. 무선모뎀은 2.4GHz의 주파수를 사용하는 MaxStream사의 Xbee-pro를 사용하여 구성하였다.

2.1.1 조도조절을 위한 안정기의 특성

LCC 공진필터를 가지는 안정기의 일반적인 출력 형태와 그 동작 특성을 그림 2에 나타내었다.

1. 서 론

MHL은 가로등이나 보안등의 옥외의 조명에 주로 사용된다. 기존에 주로 설치되어 있는 가로등이나 보안등에 사용된 조명제어 방식은 분전반에서 일괄적으로 ON/OFF를 하는 Group제어 단방향 통신 방식이다. Group 제어 방식은 각 등에 대한 조도 조절 및 고장을 감시할 수 없으며, 문제가 생길 경우 일괄적으로 소등시키는 등 비효율적인 방식이다 [1]. 이러한 단점을 해결하기 위하여 여러 통신방식이 사용될 수 있으나, 유선의 경우 통신 선로를 별도로 설치하여 사용하여야 한다는 단점이 있다. 유선의 경우에서도 전력선 통신은 별도의 통신선로를 필요치 않으나, 보안등과 같이 전력선이 같은 변압기에서 연결되지 않을 경우 통신 시스템을 구성하기 어렵다. 무선의 경우 별도의 통신선로를 필요치 않으며, 전력선의 상태에 상관없으므로 적합한 통신방식이라 할 수 있다. 본 논문에서는 그 중 저가로 구현할 수 있고, 많은 부하를 Control 할 수 있는 IEEE 802.15.4를 기반으로 한 ZigBee 무선모뎀을 사용하였다[2]. 신뢰적인 원격제어 및 감시 시스템 구축을 위해서는 부하의 특성이 고려되어야만 한다. 본 논문에서 목적하는 부하는 MHL로써 다른 방전램프들에 비하여 비교적 점등시간이 길다는 특징이 있다[3,4]. 점등이 완전히 이루어 지지 않은 경우에서의 조도조절은 방전관의 ARC를 소멸시키거나, 조도 조절 후 램프의 특성이 변하여 최대 불 밝기를 내지 못하게 되는 등의 문제점이 생기게 된다. 따라서 본 논문에서는 램프가 정상상태에 있을 때만 조도조절을 할 수 있도록 프로토콜을 제안하였다.



<그림 2 안정기의 출력 동작 특성>

램프가 점등하기 전 출력의 특성은 그림 2에서 점선에 나타난 것과 같다. 점등을 위한 점등전압 형성을 위하여 시작 주파수 A점에서 B점으로 주파수를 이동한다. 그 후 점등이 되면 그림 2에서 실선으로 나타난 것과 같이 출력특성이 바뀌게 되고, 조도조절을 위한 전력의 제어는 정 출력 주파수 C점에서 최소출력 주파수 D점으로 이동시키면서 원하는 조도로 조절을 할 수 있다. 즉, 조도조절은 출력 단 인버터의 주파수를 변화시키는 것이며, 인버터의 주파수의 조절은 외부의 추가적 회로의 입력력으로 인하여 조절되도록 구성하였다.

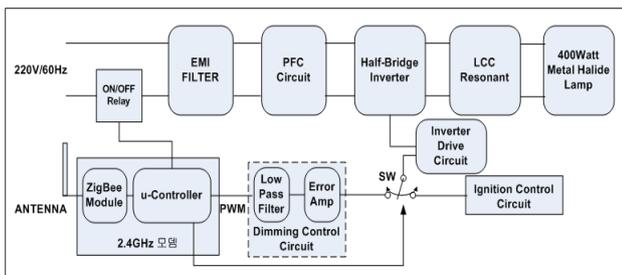
2. 본 론

2.1 조도조절을 위한 안정기의 특성

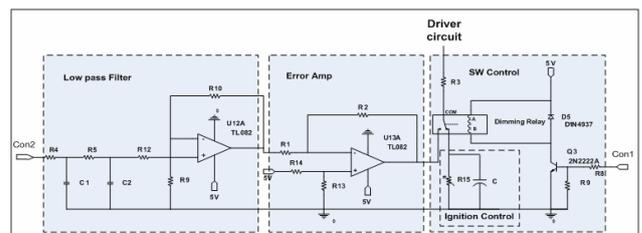
조도조절을 모뎀 및 제어회로, 안정기의 구성은 다음의 그림 1과 같이 구성하였다.

2.1.2 조도조절 회로

조도를 조절하기 위하여 다음의 그림 3과 같은 회로를 구성하였다. 조도조절 신호를 만들기 위하여 u-controller에서는 PWM 신호를 내어 주도록 하였으며, 이 PWM 신호는 Lowpass Filter 및 Error Amp를 거쳐 PWM IC의 R_T 입력단으로 들어가게 된다. 이렇게 입력된 신호는 PWM IC의 주파수를 변경하게 되므로, 램프의 조도를 조절할 수 있게 된다. 이러한 제어는 조도조절을 위한 것이며, 점등 시에는 점등을 위한 회로가 연결되어있어야 하므로 초기에는 점등회로에 연결되어 있다가 정상상태 도달 시 조도조절 회로로 연결되도록 구성하였다.



<그림 1> 부하회로의 전체적인 블록다이어그램

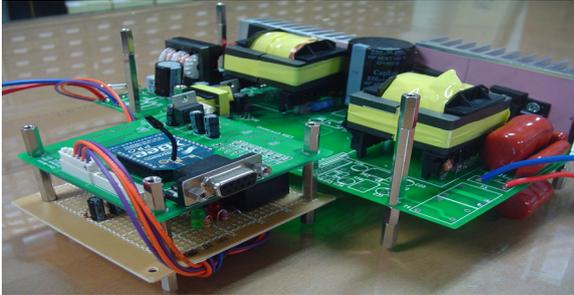


<그림 3 조도 조절 회로>

그림3의 조도조절회로를 이용하여 측정된 PWM의 변화에 따른 전력의 변화는 그림 4와 같다. 그림 4에 나타난 것처럼 제어회로의 PWM 변화에 따라 안정기 입력의 전력이 선형적으로 변화하는 것을 알 수 있다.



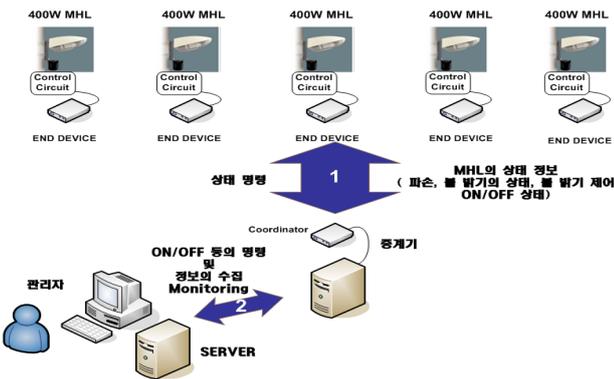
〈그림 4 PWM 제어에 따른 안정기의 전력변화〉



〈그림 5〉 구성된 모델 및 안정기 사진

2.2 전체적인 시스템의 구성

전체적인 조도제어 시스템의 구성 다이어그램은 다음의 그림 6과 같다. 그림에서 부하는 램프, 안정기, 제어회로, 무선모뎀으로 구성되어 있다.



〈그림 6 전체적인 MHL 조도조절 시스템 구성도〉

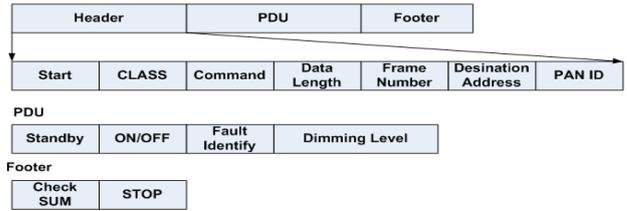
그림 6에서 각 부하들은 무선모뎀을 통하여 중계기에 연결된 무선모뎀에게 정보를 전달하게 되고 이렇게 전달받은 정보는 중계기에서 CDMA 등 2차의 통신망을 이용하여 관리자의 PC로 전달되게 되고 관리자는 PC에서 각 램프를 원격 제어 및 감시할 수 있게 된다. 본 논문에서는 무선모뎀간의 통신에 관해서 만을 다루었다.

2.2.1 통신 패킷

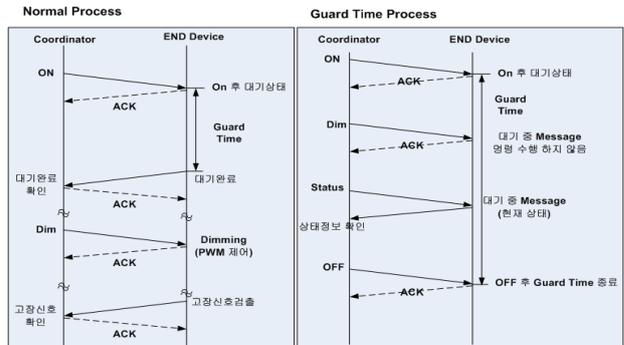
무선모뎀은 부하에 연결된 무선모뎀(엔드디바이스)과 중계기에 연결된 무선모뎀(코디네이터)으로 구분할 수 있으며, 코디네이터는 RS-232C로 연결하였다. 통신 패킷은 데이터 흐름 및 제어에 필요한 정보를 담은 Header 부분과 모듈의 데이터, 패킷확인을 위한 Footer로 구분되어지며, 그림 7에 패킷을 나타내었다. Header에서 Class는 디바이스의 종류, Command는 명령어의 종류, Data Length는 데이터의 길이, Frame Number는 프레임의 번호, Destination Address는 부하 무선모뎀의 주소, PAN ID는 한 중계기가 담당하고 있는 지역의 식별코드를 나타낸다. Footer에는 패킷확인을 위한 Checksum이 있다. 데이터에서 Standby는 현재 부하가 정상상태, 즉, 조도조절이 가능한 상태인지를 Coordinator에 알려주게 되며, ON/OFF는 기기의 ON/OFF 상태, Fault Identity는 현재 부하의 고장상태를 나타내고, Dimming Level은 부하의 조도조절 단계를 조절하거나, 현재 부하의 조도 단계를 나타낸다.

2.2.1 모델의 구성 및 제어의 흐름

제어의 흐름 도는 다음의 그림8에 나타내었다. 기본적으로 송신된 데이터는 확인신호를 받아야 하며, 받지 못할 경우 재송신을 하게 된다. 재송신을 3회 이상 반복 후에도 확인신호를 받지 못한다면, 재송신을 종료



〈그림 7〉 MHL 조도조절 시스템의 패킷



〈그림 8〉 MHL 조도제어 시스템의 데이터 흐름도

하고 코디네이터의 경우 중계기로 에러메시지를 보내게 되며, 엔드디바이스의 경우 외부의 표시기로서 에러를 표시하게 된다. 이러한 동작을 바탕으로 데이터의 흐름이 시작되며, 데이터의 흐름은 일반적인 동작 상태인 Normal Process와 램프가 점등 한 후 정상상태에 도달하기 전인 상태에서의 Guard Time Process로 구분할 수 있다. Normal Process에서 처음 코디네이터에서 ON데이터가 전달되면 엔드디바이스는 이를 수신하여 부하를 ON한 후 정상상태 도달까지 대기시간(Guard Time)에 들어가게 된다. 대기시간동안에는 OFF 데이터 이외에는 다른 동작을 수행하지 않으며, 수신된 신호에 대한 응답만을 하게 된다. Guard Time이 종료되면 엔드디바이스는 코디네이터에 Guard Time이 종료되었음을 알리고 이 후 조도조절에 대한 동작이 가능하다. 만약 Guard Time 중 OFF 데이터가 수신될 경우 모든 동작을 종료하고 부하의 대기상태에 있게 된다. 이와 같이 Guard Time을 둔 데이터의 흐름을 통하여 MHL의 조도조절에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 MHL 조도제어 시스템을 2.4GHz ZigBee 모듈을 이용하여 구성하였다. 조도조절을 위하여 MHL용 전자식 안정기를 Half-Bridge 방식으로 구현하고, 주파수를 조절하여 조도를 제어 하였으며, 조도제어 시스템 구성 시 램프의 점등 후 Guard Time을 두어 조도조절을 함으로써 시스템의 신뢰성을 향상시켰다.

향후 좀 더 다양한 정보를 수집할 수 있도록 하고, 다른 ZigBee 센서 네트워크와의 호환성 및 다른 고압 방전램프들과의 호환성을 갖도록 한다면, 조도조절 시스템을 이용한 전력의 절감, 가로등 및 보안등의 유지 및 보수의 이점, 경관조명등의 효과를 더욱 증대시킬 수 있을 것이다.

본 연구는 중소기업청 주관 산학협력실(협동기업:(주)삼영기업) 사업에서 지원받아 수행되었으며 관계 기관 및 기업에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

[1] J.D.Lee, J.Y.Nam, S.H.Jeong, S.B.Choi, H.S. Ryoo, D.K.Kim, "Development of Zigbee based Street Light Control System", PSCE2006, pp.2236-2240, 2006
 [2] "ZigBee Specification", ZigBee Alliance, Jan 17, 2008
 [3] Chr. Meyer, H. Nienhuis, "Discharge Lamps", Phillips Technical Library, 1998
 [4] 정광현, 박종연, "전력선 통신을 이용한 MH 램프의 조광제어 시스템에 관한 연구", 대한전자공학회 논문지, 제 45권 TC편 제2호, pp.83-91, 2008
 [5] 장문석, 신광식, 정신하, 이양희, 심재홍, 이우혁, 최상방, "서비스 통합 시스템에서 지그비를 이용한 유비쿼터스 헬스케어 시스템의 설계 및 구현", 대한전자공학회 논문지, 제 43권 TC편 제11호, pp.16-24, 2006