

가로등 양방향 통신의 에너지 효율성 개선을 위한 디밍 제어 시스템 연구

박병성*, 정찬웅**, 남태식*, 김학배*

*연세대학교 전기전자공학부

**서울시청 도로관리과

e-mail:{bs.park, tsnam, hbkim}@yonsei.ac.kr, chan56@seoul.go.kr

Analysis of Dimming Control System for improving Energy Efficiency in duplex communication of street lamp

Byungsung Park*, Chanwoong Jung**, Taesik Nam*, Hagbae Kim*

*Dept of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

**Road Management Division Seoul Metropolitan Government

요 약

최근 전국 각지의 설치되어 운영/관리 되고 있는 가로등 사업의 주요 이슈는 가로등/보안등으로 사용되는 광원 자체가 기존의 노란색 나트륨 등에서 CDM(백색 고휘도 메탈 등)계열로 급속히 전환되고 있다는 것이다. 빠르게 발전하는 근거리무선 통신 규약인 Zigbee를 통한 효율적인 관리와 에너지 효율성에 대한 관심도 증대되고 있다. 그러므로 본 연구에서, 저전력 Zigbee 근거리무선 통신 프로토콜을 이용한 네트워크 구축을 통하여 가로등간의 양방향 통신 시스템을 구축한다. 또한 이 연구를 통하여 에너지 효율성 증대와 운영과 관리의 편의성을 제시하고, 사업화 타당성을 분석한다.

1. 서론

최근 가로등/보안등으로 사용되는 광원 자체가 기존의 노란색 나트륨 등에서 CDM(백색 고휘도 메탈 등)계열로 급속히 전환되고 있다. CDM 등은 기존의 나트륨 등에 비해 연색성, 빛 효율이 좋아 에너지가 절감되며, 좀더 쾌적한 조명환경을 제공되기 때문에 화두가 되는 유비쿼터스(Ubiquitous) 컴퓨팅 환경에서 적합한 기술로 주목받고 있다. 앞으로 광원이 CDM으로 교체되면서 이에 수반되는 안정기, 등기구 등에 구조적인 변화를 가져올 것이고, 이 변화에 맞게 가로등 진화될 것이다. 기계식(혹은 자기식) 안정기가 고효율과 소형 그리고 경량 방식인 전자식 안정기로 교체가 되어야 할 것이다. 또한 안정기의 장착위치가 등주내부(혹은 외부)에서 등기구 내부로 변경이 요구되어진다.

따라서 기존의 등주제어기 또는 보안등 점멸기도 등기구 내부에 장착 시켜 전자식 안정기와 연동되는 것이 가장 이상적인 형태가 될 것으로 기대되어 지고 있다. 등/안정기/제어기가 모두 장착된 일체형 등기구로 설치/관리 효율 극대화에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 전자식 안정기와 제어기의 중복 기능 제거 및 상호 연동으로 원가 절감 및 부가기능(Dimming, U-City기능 등) 구현에 대해 관심을 가지고 있는 상황이다.

본 논문에서는, 저전력 Zigbee 근거리무선 통신 프로토콜을 이용한 네트워크 구축을 통하여 가로등간의 양방향 통신 시스템을 구축한다. 또한 이 연구를 통하여 에너지

효율성 증대와 운영과 관리의 편의성을 증명하고, 본 기술이 적용된 제품을 개발한다.

2. 관련연구

2.1 가로등 시스템 기술동향

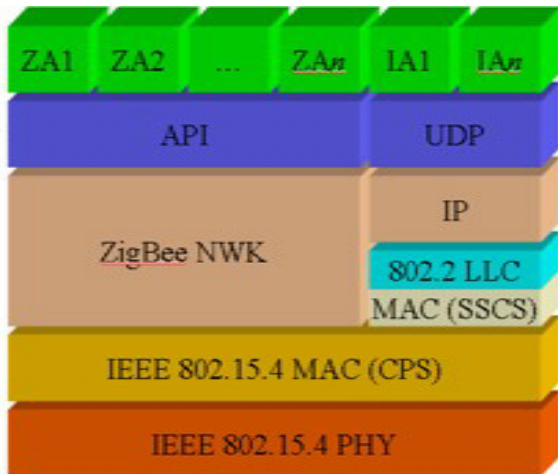
기존의 등기구의 단방향 제어시스템(FM)을 양방향으로 확장하기 위하여 램프, 전자식 안정기, 양방향 가로등과 보안등 제어기, 등주제어기를 일체화시켜 탑재한 시스템으로 발전하고 있다.

보안등 제어기의 경우, 내장된 점·소등 시간표를 기준으로 점·소등하며, 별도의 사용자가 점·소등 시간을 지정하거나 강제로 점·소등시킬 수 있는 구조로 구현되고 있다. 이 구조를 통하여 심야 소등 및 Dimming 기능을 지원하여 농작물 피해를 최소화하거나 사람이 자주 왕래하지 않는 지역에 Dimming을 실시하여 에너지 효율성 증대되는 기술을 연구 중이다.

가로등의 상태를 점검이나 설정 또는 제어를 기존의 방식에 비하여 간편하게 하기 위하여 무선근거리 통신 프로토콜인 Zigbee 네트워크 구성에 관심이 높다. 이 네트워크가 구성되면, 양방향 중계기를 통해 중앙관제서버로 각 가로등(보안등)의 상태가 통보됨으로 개개의 보안등의 고장 상태 및 점·소등 상태를 현장에 가지 않고도 판단할 수 있으며, 각 가로등, 보안등의 점·소등 및 Dimming 등을 현장에 가지 않고도 설정하거나 제어할 수 있는 장점이 있는 것이다.

2.2 ZigBee Network

ZigBee는 “ZigBee is a hardware and software standard based on IEEE 802.15.4 standard” 로 정의되는 ZigBee는 저전력 ZigBee 송수신기를 센서(동작, 빛, 압력, 기온, 습도)와 결합하여 대규모 센서 네트워크를 구성할 수 있게 해 주는 기술이다. ZigBee 표준의 Physical Layer와 MAC Layer로 정의된 IEEE 802.15.4 위에 NWK (Network Layer), APL(Application Layer) specification을 추가하여 ZigBee Protocol stack을 완성하였다.(그림 1)



(그림 1) ZigBee Stack

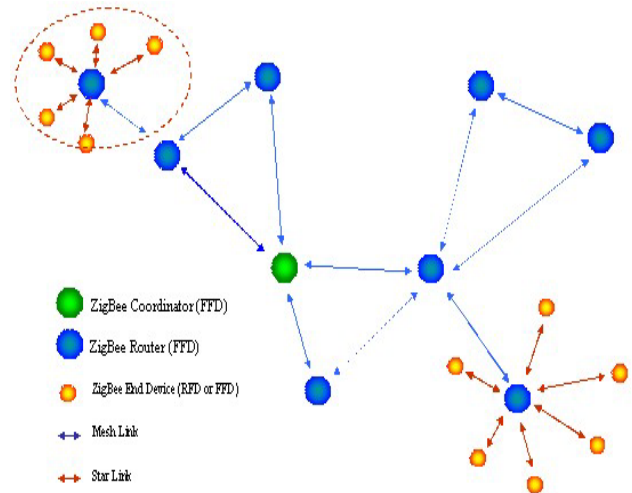
ZigBee Network topology는 Network Layer에 의해서 수행되어 진다. Application 요청에 의존하는 ZigBee는 Star topology 또는 Peer to Peer topology 두가지 방식으로 수행된다.

가) Star Topology

Star topology 안에서의 통신은 PAN coordinator로 명명되는 single central controller와 디바이스들 사이에서 형성되어진다. 디바이스는 일반적으로 몇몇의 관련된 application을 가지고 있고 네트워크 통신을 위한 시작 또는 종료 포인트가 있다. PAN coordinator는 또한 구체적인 application을 가지고 있다. 하지만 그것은 시작, 종료 또는 네트워크 주변의 router 통신하기 위해서 사용되어질 수 있다. PAN coordinator는 PAN의 주된 controller이다. 두 토폴로지의 네트워크에서 수행되는 모든 디바이스들은 유일한 64bit extended address를 가지고 있다. 이 address는 PAN 안에서 direct 통신을 위하여 사용되어질 수 있고, 그것은 디바이스가 associate될 때 PAN coordinator에 의해서 short address로 할당되어 변할 수 있다. 대부분의 디바이스들이 배터리 파워인 반면에 그 PAN coordinator는 main 파워이다. 스타 토폴로지로부터 얻는 이득은 home automation, personal computer peripherals, toys and games, and personal health care 등의 application들 이다.

나) Peer To Peer Topology

Peer to peer 토폴로지는 또한 PAN coordinator를 가지고 있다. 그러나 그것은 어떤 디바이스나 그들이 또 다른 범위 안에 있는 한 다른 디바이스들과 통신을 할 수 있다는 점에서 star 토폴로지와는 다르다. Peer to peer 토폴로지는 mesh networking 토폴로지와 같은 매우 복잡한 네트워크 형성을 수행하는 것을 허가한다. industrial control and monitoring, wireless sensor networks, asset and inventory tracking, intelligent agriculture and security와 같은 application은 그런 네트워크 토폴로지로부터 이익이 될 것이다. peer to peer network는 ad hoc, self organization, and self-healing을 할 수 있다. 그것은 또한 네트워크 상에 있는 디바이스로부터 다른 어떤 디바이스에게 메시지를 전송하기 위해 멀티플 hop들을 허용한다. 그런 함수는 네트워크 layer에 더해질 수 있으나 아직 표준은 아니다.



(그림 2) ZigBee Topology

3. 가로등 디밍 제어 시스템

본 연구에서는 에너지 효율성의 극대화를 위하여 각각의 가로등주마다 주변의 환경에 따른 명도의 차이를 주는 Dimming 제어 시스템을 도입하고, 그것에 효율성과 활용 방안을 모색하였다. 또한 Dimming 제어 시스템을 적용할 때 필요로 하는 가로등주간의 통신을 위한 Zigbee 네트워크 기술과 가로등주의 위치를 정확히 파악할 수 있는 Zigbee location tracking 기술에 대한 활용 방안에 대해 연구하여 가로등 Dimming 제어 시스템을 개발하였다.

가로등 시설물의 양방향 원격 감시/제어기능, 수 백개의 양방향 점멸기와 동시에 접속/통신하기 위한 웹기반 Client/Server 관제 네트워크 체계, 고장 감시 내용 지도 표시 및 DB 저장·검색·출력 기능, 양방향 점멸기와 CDMA망 또는 유선 인터넷(광케이블 망)을 통해 통신을 하는 옵션 기능이 추가되어 효율적인 관리가 가능하게 되었고 그에 관한 주요 개발품과 구조는 아래와 같다.



(그림 3) 가로등 구조 및 주요 개발품

본 연구에서는, 등기구 일체형 가로등/보안등 제어기를 개발하여 강제점·소등, 자동타이머, 고정타이머, 심야소등 등의 제어기능을 탑재시켰다. 분단위 또는 무한대로의 강제 점·소등과 사용자가 지정한 시간에 점·소등이 가능하게 하였으며, 심야시간에 농작물 피해를 줄이기 위한 심야소등을 통하여 좁도 효율적인 가로등/보안등의 제어를 관리할 수 있게 하였다. 현재의 점·소등 상태나 램프/안정기의 고장상태, ELB 트립 또는 정전을 체크할 수 있는 감시기능을 탑재하여 등주기에 대한 효율적인 감시를 할 수 있다. 또한 자동타이머나 ZigBee 리모콘을 사용하여 점·소등을 편리하게 할 수 있는 기능을 탑재 하였다.

<표 1> 등주제어기 하드웨어 사양

Item	Description
MCU	8-bit SOC(TI2430) 32MHz
SRAM	8 KBytes
Flash Memory	128 KBytes
통신방식 (Mac)	IEEE 802.15.4 standard(2.4GHz)
네트워크 프로토콜	ZigBee

버튼(2)	수동접소등 / 리셋
LED(4)	전원/상태(통신)/점소등/고장
DIP switch(12)	4 for Network, 7 for ID, 1 for Net control

그리고 위치 추적 팬던트를 개발하여 자동 ID 송출 기능을 통하여 자동으로 팬던트의 ID를 ZigBee망으로 주기적으로 전송이 가능하게 하였으며, 응급상황 발생시, 응급 버튼을 통하여 응급 메시지를 ZigBee 망으로 전송할 수 있게 하였다. 그리고 저전력 기능 제공으로 배터리 1회 충전시, 수개월의 동작 시간이 가능하게 설계함으로써 전력이나 통신의 효율성을 극대화 하였다.

<표 2> 위치추적팬던트 하드웨어 사양

Item	Description
MCU	8-bit SOC(TI2430) 32MHz
SRAM	8 KBytes
Flash Memory	128 KBytes
통신방식 (Mac)	IEEE 802.15.4 standard(2.4GHz)
네트워크 프로토콜	ZigBee
버튼(1)	응급버튼
LED(1)	전원/통신상태
Power connector	microUSB

또한, ZigBee 리모콘을 통하여 등주제어기나 위치추적 팬던트에 사용된 ZigBee 네트워크 프로토콜과의 통신을 통하여 가로등/보안등의 점소등, 디밍등을 제어하고, 등주 제어기의 점소등 상태 및 고장 상태등을 감시할 수 있게 하였다.

<표 3> ZigBee 리모콘 하드웨어 사양

Item	Description
MPU	ATMEL ATMEGA128L(8MHz)
SRAM	4KBytes
Flash Memory	128 Kbytes
RF chip	TI CC2420
통신방식 (Mac)	IEEE 802.15.4 standard(2.4GHz)
네트워크 프로토콜	ZigBee
버튼	20 button
LCD	128x32 dot matrix graphic LCD with back light
전원	4.2V 리튬 이온 충전식 배터리 내장

4. 결론 및 향후 발전 기대효과

본 연구에서는 저전력 ZigBee 근거리무선 통신 프로토콜을 이용한 네트워크 구축을 통하여 가로등간의 양방향 통신 시스템을 구축하였다. 또한 이 연구를 통하여 에너지 효율성 증대와 운영과 관리의 편의성을 증명하고, 본 기술이 적용된 제품을 개발하였다.

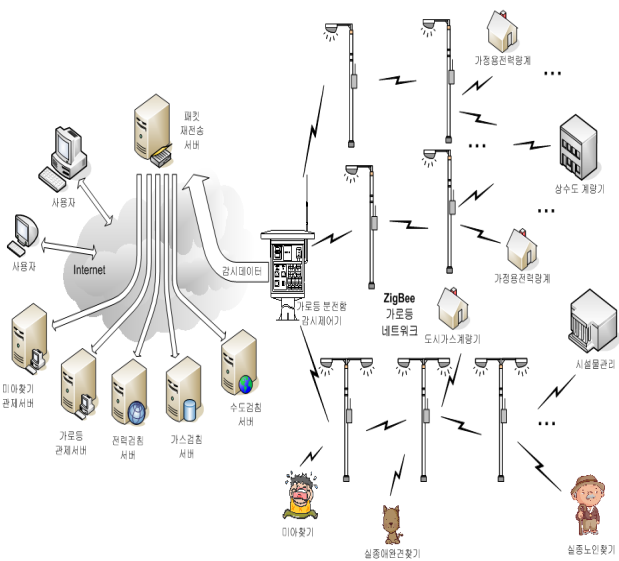
초기비용, 유지비용, 편리한 운용 및 유지관리의 효율성을 극대화 하였다. 기존의 등기구에 램프/안정기/제어기가 일체화됨으로 제품의 단가를 낮추는 효과를 통하여 초기 설치비용을 줄일 수 있었다. 등기구에 램프/안정기/제어기가 일체화 되어 외부 환경(비/바람 등)에 노출되지 않기 때문에 누전이나 감전의 발생 가능성을 줄일 수 있었고, 전자식 안정기를 사용하여 역율 및 빛 효율을 높이고 열손실을 낮추어 20~30%의 절전효과로 인해 유지비용을 절감시켰다.

양방향 제어기의 경우에는 기존 제품 대비 40~60%의 원가 절감이 가능하는 것을 증명하였고, 전자식 안정기의 기능을 활용하여, 설치가 단순해짐에 따라 등주당 제품의 원가 및 설치비용을 최소화 할 수 있게 되었다. 또한, 빛이나 거리(LOS에서 최대 3km까지 통신 가능)에 영향을 받지 않는 ZigBee 방식의 리모콘을 사용하여 효율을 향상시켰다. 그리고 ZigBee 리모콘과 양방향 중계기용 ZigBee 모듈, 내장형 양방향 등주 감시 제어기를 통하여 능동적이고 지능적인 디밍 기능 제공으로 우리가 의도했던 에너지를 절감하였다. 양방향 통신의 가능성으로 인해 고장 발생 시 신속한 A/S가 가능하게 하였으며 보안등 관리를 전산화함으로 체계적이고 효율적인 운용을 가능하게 하였다.

나아가 구현된 ZigBee망을 이용하여 U-City 내에서 부가적으로 (노인/미아찾기, BIS, 상·하수 센서 네트워크 등) 확장 가능성을 열어 놓았다.

참고문헌

- [1] ZigBee Alliance, "ZigBee Document 053474r06, Version 1.0", Dec. 2004
- [2] G. Lu, B. Krishnamachari and C. S. Raghavendra, "Performance Evaluation of the IEEE 802.15.4 MAC for Low-Rate Low-Power Wireless Networks," Workshop on Energy-Efficient Wireless Communications and Networks (EWCN '04), April 2004.
- [3] Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), IEEE Std. 802.15.4, 2006.
- [4] J. Zheng and M. J. Lee, "Will IEEE 802.15.4 make ubiquitous networking a reality? A discussion on a potential low power, low bit rate standard", IEEE Communications Magazine, vol. 27, no. 6, 2004, 23 - 29.
- [5] E. Callaway, P. Gorday, L. Hester, M. Gutierrez, J. Naeve, B. Heile and V. Bahl, "Home networking with IEEE 802.15.4: a developing standard for low-rate wireless personal area networks", IEEE Communications Magazine, (40), no. 8, 2002, 70 - 77.
- [6] Park, T.R, Kim, T.H, Choi, J.Y, Choi, S, Kwon, W.H, "Throughput and energy consumption analysis of IEEE 802.15.4 slotted CSMA/CA," IEE Electronics Letters, Volume 41, pp. 1017-1019, 1 Sept. 2005



(그림 4) ZigBee 망을 이용한 부가 서비스