

RF를 이용한 도로 가로등 원격제어시스템에 관한 연구

A Study on the Streetlight Remote Control System using Radio Frequency

이 광 희¹ · 이 성 업¹ · 백 성 호¹ · 박 재 문² · 고 봉 진^{1*}

¹창원대학교 전자공학과

²SLP TECH

Kwang-hee Lee¹ · Sung-yeob Lee¹ · Sung-ho Baek¹ · Jae-mun Park² · Bong-jin Ko^{1*}

¹Department of Electronic Engineering, Changwon University, Gyeongsangnam-do 641-773, Korea

²SLP TECH, Gyeongsangnam-do 641-465, Korea

[요 약]

본 논문에서는 RF시스템을 이용하여 도로 가로등의 자기제어와 수동제어에 대한 알고리즘과 제어시스템을 제안하였다. 자기 제어 알고리즘에는 그룹제어와 개별제어가 있다. 그룹제어의 경우, 도로 가로등에 설치된 시스템의 물체감지센서를 통해 차량이 감지되면 RF신호를 송신하여 그룹별로 도로 가로등이 점등되며, 개별제어의 경우 도로의 갓길에 주차된 차량이나 사람을 도로 가로등이 인식하면 개별적으로 점등된다. 또한, 관리자가 RF신호와 각종 센서를 통해 도로 가로등의 상태와 주변 환경도 점검 할 수 있는 수동제어 알고리즘도 있다. 따라서, 제안된 시스템을 통해 무의미하게 소모되는 에너지를 절감할 수 있으며, 도로 가로등의 유지 관리에 있어서도 편의성을 제공한다.

[Abstract]

This paper suggests the control system and algorithm for auto and manual control of the streetlight using RF system. There are two control system in this auto control algorithm. One is group control, the other individual control. In case of group control, if a car is detected by the object detecting sensor of the system installed on the streetlight, it will turn on the light per group by transmitting the RF signal. The streetlight turns on separately when it detects people or a car parked on the shoulder in accordance with the individual control. Also, there is manual control algorithm that manager can check surrounding environment and condition of the streetlight by RF signal and various sensors. So, not only the proposed system reduce meaningless energy consumption, but also it offers convenience regarding maintenance and control of the streetlight.

Key word : Streetlight, Remote control system, Radio frequency, Control algorithm, Energy reduction.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.5.508>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 7 October 2014; Revised 27 October 2014

Accepted (Publication) 6 October 2014 (30 October 2014)

*Corresponding Author; Bong-jin Ko

Tel: +82-55-213-3656

E-mail: bjko@changwon.ac.kr

I. 서론

최근 에너지 자원의 부족에 대한 관심이 높아지고 있으며, 에너지 절약을 위해 국가적으로도 노력을 기울이고 있다. 따라서, 고속도로 도로조명 설계에 관한 연구와 도로의 조명을 LED조명으로 교체 및 조명시설의 유지/관리를 위한 종합 제어 안전시스템 확보를 통해 운전자의 안전과 에너지절감을 극대화하는 연구가 진행되고 있다[1]. 도로 가로등제어시스템의 경우, 유선제어방식인 PLC(power line communication)와 무선 제어방식인 Zigbee방식으로 나뉘며, PLC와 Zigbee방식 둘 다 명확한 장·단점을 가지고 있으며 어느 방식이 더욱 적합하다고 판단되지는 않았다. Zigbee를 이용해 원격으로 도로 가로등의 빛의 양 조절, 고장유무확인 등 효과적으로 도로 가로등을 관리해 주는 시스템에 관한 연구와 GPRS-GSM과 같은 이동전화 방식을 이용해 도로 가로등을 관리해주는 시스템에 관한 연구도 진행되었다[2]-[4].

본 논문에서는, 설치비용이 높고 복잡한 시스템인 PLC와 2.4 GHz ISM (industrial scientific medical)대역을 사용하는 장치들이 늘어나 주파수 간섭이 발생할 수 있는 Zigbee에 비해 도로 가로등 제어에 적합한 400 MHz ISM대역기반 RF시스템을 제안하고자 한다.

제안하는 시스템은 관리자가 400 MHz ISM대역의 RF신호를 통해 각 도로 가로등의 상황, 고장유무 등을 확인할 수 있으며, 또한 자체적으로 가진 센서를 통해 차량의 소통이 없는 경우를 인식하여 도로 가로등의 조명을 소등함으로써, 무의미하게 소비되는 에너지도 감소시킬 수 있다.

II. 시스템의 알고리즘

두 가지의 알고리즘을 가지게 된다.

우선 도로 가로등의 그룹 ID 및 가로등의 고유 ID와 같은 ID 부여의 경우, MCU(micro controller unit)에 프로그래밍 되어 고정 되는 것이 아닌, 도로 가로등 관리의 유연성을 위해 관리자가 RF를 통해 원격으로 부여해 주도록 한다. 여기서, 도로 가로등이 중복되어 같은 ID가 부여될 경우를 방지하기 위해 수신신호세기인 RSSI(received signal strength indicator)를 이용하였다. 거리가 증가함에 따라 RSSI값은 감소 할 것이며, 두 번째 도로 가로등과 세 번째 도로 가로등 등에서 RSSI값은 분명한 차이가 있다. RF칩의 RSSI를 측정하는 기능을 이용하여 도로 가로등간의 신호에 대한 RSSI를 확인할 수 있으므로, RSSI를 측정한 후 RSSI범위를 미리 지정해주어 그 범위 내의 RSSI값을 가진 신호만 받아들여지게 한다. 그리고 도로 가로등 조명제어의 경우, MCU로부터 나오는 PWM (pulse width modulation)의 DUTY비를 통해 가로등의 조도를 조절 해준다.

전체 알고리즘은 다음과 같다. 그림1을 보면 도로 가로등을 10개씩 그룹별로 묶어서 A, B, C 등과같이 그룹 ID를 부여하며, 개별적으로 각 도로 가로등은 고유의 ID를 부여해준다. 자기제어에 해당하는 그룹제어의 경우, 도로 가로등 조명의 소등 상태에서 그룹의 1번 도로 가로등이 차량을 감지하게 되면, 다음 도로 가로등으로 조명을 점등하라는 RF신호를 송신하게 된다. 이 신호는 차량을 감지한 그룹 내의 마지막 도로 가로등까지 송신하게 되며 차량이 계속 통과하는 경우, 그룹의 중간에 있는 5번 도로 가로등이 다음그룹의 도로 가로등도 점등하라는 신호를 포함해서 송신한다. 조명을 점등하자마자 조명을 소등하는 타이머가 작동되며, 타이머 시간동안 다른 차량이 인식되지 않거나 점등신호가 오지 않으면 조명을 소등한다.

도로 가로등들이 센서를 통해 갓길에 차를 세워두거나 도로에 사람이 나타나 개별적으로 인식하는 개별제어의 경우, 인식한 도로 가로등이 속한 그룹 내에 10개의 도로 가로등들을 그룹제어와 별개로 점등해주는 것이며 소등 또한 타이머

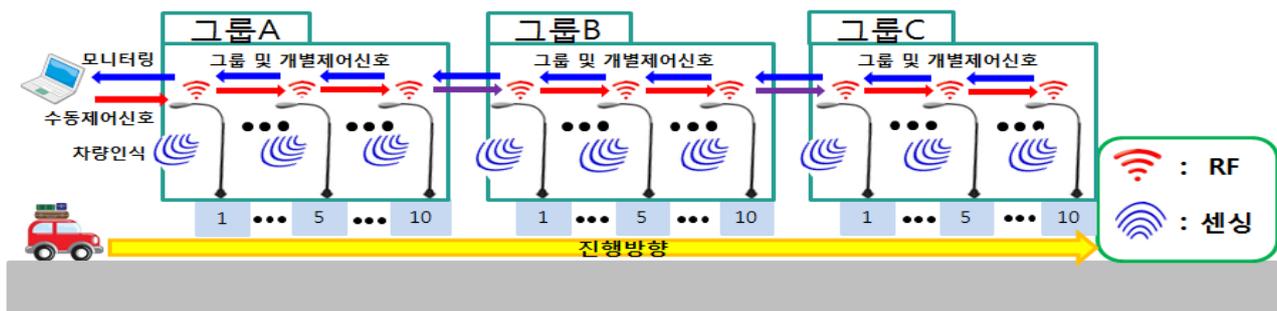


그림 1. 가로등 제어 시스템 구성도

Fig. 1. Configuration of the streetlight control system.

제안하는 시스템의 알고리즘은 도로 가로등이 자체적으로 제어하는 그룹동작과 개별동작이 있으며, 관리자가 도로 가로등의 상태 확인을 위해 수동으로 제어하는 수동제어가 있다. 즉, 도로 가로등 자기제어와 관리자에 의한 수동제어, 이렇게

동작에 의해 이루어진다.

수동제어의 경우, 관리자가 제어 또는 상태확인을 위해 목표 도로 가로등에 RF신호를 보내게 되고, 나머지 도로 가로등은 목표 도로 가로등으로 신호를 호핑(hopping)만 해준다. 따라서, 관리자의 RF신호를 받은 도로 가로등은 관리자의 명령

을 수행하고 관리자에게 응답해줌으로써 관리자가 모니터링이 가능하게 해준다.

다음 그림 2에는 수동제어와 자기제어의 흐름도를 나타내었으며, 전과장으로 인하여 무선데이터가 손실되어 동작이 안되는 경우를 방지하기 위하여 ACK(피드백) 개념을 도입하였다. 즉, 데이터 전달 후 일정시간 내에 ACK신호를 받지 못할 경우, 데이터를 재전송해 줌으로써 데이터손실에 대한 문제를 방지해준다.

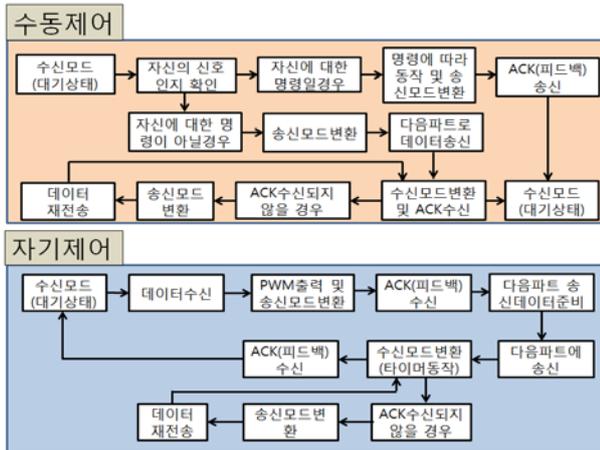


그림 2. 자기제어와 수동제어의 흐름도
 Fig. 2. The flow chart of the auto and manual control.

III. 시스템의 구성

도로 가로등 제어 시스템의 구성은 MCU, 400 MHz 대역기반 RF모듈, 차량인식용 도플러센서, 온도센서 및 조도센서로 구성이 된다.

MCU는 32 bit CPU, 90 MHz Cycle time, 256 kbyte flash memory 등의 특징을 가진 TI사의 TMS320 F28069를 사용하였다. 차량이 도착하기 전 도플러 센서의 센싱값 확인, 도로 가로등 점등, RF신호 송신 등의 과정을 빠르게 처리해야 하므로 TI사의 TMS320이 선정되었다[5].

RF모듈의 경우, 1 GHz 이하 ISM대역을 사용자의 설계 및 설정을 통해 자유롭게 사용할 수 있는 TI사의 RF칩 CC1120을 이용하여 개발하였다. 출력과워를 조절할 수 있는 CC1120은 최대 100 m이상까지도 송·수신이 되기 때문에 국내 도로 가로등의 간격이 약 50 m 근방임을 고려하면, CC1120은 제한한 시스템에 적합한 RF칩이다. 또한, 국내는 무선설비기준인 특정소출력무선국용 대역인 424 MHz의 사용과 공중선 전력 10 mW이하, 점유대역폭 8.5 kHz이하 등의 설비 기준에 맞춰 주어야 하며, 이런 설정들의 용이함에 있어 적합하다고 판단하였다[6],[7]. TMS320과 CC1120사이의 인터페이스는 SPI (serial peripheral interface)통신으로 이루어진다.

차량인식용 센서의 경우, 적외선 센서, 초음파 센서, 도로내

부에 매설하는 압력센서 등 많은 종류의 물체감지용 센서가 있으나, 빠르게 접근하는 차량을 안정적으로 감지하고, 어렵지 않게 구성될 수 있는 센서는 도플러 센서이다. 도플러 센서의 장점으로는 주변의 날씨, 온도 등의 환경변화에도 거의 영향을 받지 않고, 탐지범위가 광범위하며 민감도도 높으며, 소모품 교체 등이 불필요하여 유지보수의 비용뿐만 아니라 별도의 사후관리가 없어도 된다[8]. 또한, 금속물질을 제외한 대부분의 물질을 투과하기 때문에 플라스틱 케이스 내부에 들어갈 수 있는 큰 장점도 있다. 이 시스템에서 사용한 도플러 센서는 24 GHz대역을 기반으로 적은 에너지를 소비하며, 0.5 ~15 m까지 감지할 수 있는 iSYS-101을 사용하였다[9]. 또한, I2C 인터페이스기반으로 16 bit 분해능을 가진 BH1730FVC 조도센서와 -40°C ~ +125°C 범위를 가지며 12 bit 분해능이 특징인 온도센서 TMP112를 추가하여 도로 가로등의 주위환경을 파악하기 쉽도록 하였다[10],[11].

따라서, 각종센서와 RF모듈, MCU 등으로 복잡하지 않으며 가격도 저렴한 원격제어시스템을 구성하였다.

IV. 시스템 구현

시스템은 도로 가로등에 부착될 시스템과 PC와 연결되어 모니터링 및 관리용으로 쓰이게 될 시스템 두 가지로 나뉜다.

그림 3은 PC에 연결될 관리자용 시스템이다. 7×10 cm크기의 시스템에는 MCU와 RF시스템이 들어가며 PC에 연결하기 편리한 어댑터 mini USB가 부착되었다. Mini USB어댑터는 FT2322D변환 칩을 이용하였다. FT2322D의 주목적은 UART

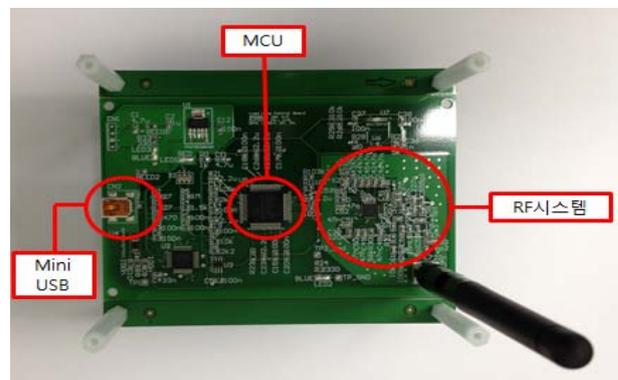


그림 3. 관리자용 시스템
 Fig. 3. The system for manager.

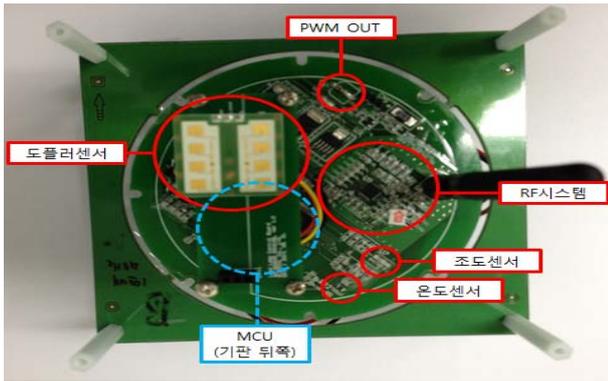


그림 4. 도로 가로등에 부착되는 시스템
Fig. 4. The system is attached to streetlight.

와 FIFO컨트롤러이며, 추가적으로 MPSSE (multi-protocol synchronous serial engine) 인터페이스 즉, I2C, JTAG, SPI와 같은 직렬 프로토콜에 대한 인터페이스도 제공해준다[12].

그림 4는 도로 가로등에 부착될 시스템이다. 시스템은 가로등 부착이 용이하게 지름이 10.5 cm인 원으로 제작되었다. 기존의 관리자용 시스템에 도플러센서, 조도센서, PWM출력핀이 추가되었으며, PC와의 연결이 필요없기에, MiniUSB어댑터는 제거하였다. 도플러센서의 앞단에는 증폭기를 추가로 설계하여, 차량이 인식되어 도플러센서로부터 나오는 출력신호를 증폭시켜 MCU에게 원하는 출력크기의 ADC (analog-digital converter)신호를 전달해 줄 수 있도록 하였다.

두 시스템에 사용된 안테나는 400 MHz주파수 대역에 적합하며, 길이가 10.4 cm로 가로등 내부에 들어갈 수 있는 꺾이는 타입의 안테나를 선택했으며, 이득은 2 dBi이다. RF시스템은 임피던스 매칭을 통해 RF가 최대의 성능을 낼 수 있도록 설계하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 ISM 대역기반 RF를 이용한 도로 가로등 제어 통해 에너지 절감과 효율적인 유지 관리에 도움이 되는 시스템 및 알고리즘을 제안하였다.

자기제어 알고리즘에는 그룹의 첫 번째 도로 가로등이 도플러센서를 통해 차량을 인식하면 RF로 뒤의 도로 가로등에 조명을 점등하라는 신호를 보내는 그룹방식과 이벤트발생에 의해 도로 가로등의 조명이 개별적으로 점등되는 이벤트방식이 있으며, 관리자가 특정 도로 가로등의 상태를 RF의 호평방

식을 통해 실시간으로 확인 또는 제어하며 가로등의 고장유무도 확인 가능한 수동제어 알고리즘도 설계하여 구현하였다.

이 시스템은 고속도로 뿐 아니라 차량의 소통이 적은 시외곽도로에 적용하여 충분한 효과를 볼 것으로 예상되며, 불필요한 에너지소비가 줄이며 도로 가로등 유지/관리의 편의성 및 관리비 절감의 효과도 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2013~2014년도 중소기업청의 건강진단연계형 기술개발사업의 연구비에 의해 연구되었음.

참고문헌

- [1] The Korea Expressway Corporation, A study on guidelines of expressway light plan, 2012.
- [2] F. Leccese and Z. Leonowicz, "Intelligent wireless street lighting system," in *Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2012 11th International Conference*, Venice: Italy, pp.958-961, May 2012.
- [3] W. Yue, S. Changhong, Z. Xianghong, and Y. Wei, "Design of new intelligent street light control system," in *2010 8th IEEE International Conference*, Xiamen: China, pp.1423-1427, June 2010.
- [4] R. Caponetto, G. Dongola, L. Fortuna, N. Riscica and D. Zufacchi, "Power consumption reduction in a remote controlled street lighting system," in *Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2008. SPEEDAM 2008. International Symposium*, Ischia: Italy, pp.428-433, June 2008.
- [5] TMS320 F28069 DataSheet.
- [6] CC1120 DataSheet.
- [7] National Radio Research Agency, The rule of a wireless installation, 2014.
- [8] The Ministry of Information and Communication, A study on frequency allocation method for object detection sensor on 24GHz, Dec. 2007.
- [9] iSYS-101 DataSheet.
- [10] BH1730FVC DataSheet.
- [11] TMP112 DataSheet.
- [12] FT2232D DataSheet.



이 광 희 (Kwang-hee Lee)

2013년 2월 : 창원대학교 전자공학과(공학사)
2013년 3월~현재 : 창원대학교 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : WSN 시스템, LBS



이 성 엽 (Sung-yeob Lee)

2013년 2월 : 창원대학교 전자공학과(공학사)
2013년 3월~현재 : 창원대학교 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : WSN 시스템, 산업용 기기/측정 제어



백 성 호 (Sung-ho Baek)

2012년 2월 : 창원대학교 전자공학과(공학사)
2014년 3월~현재 : 창원대학교 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : USN 시스템, LBS



박 재 문 (Jae-mun Park)

2007년 7월 : (주)월드이엔지 기업부설연구소 주임 연구원
2008년 6월 : (주)21세기조선 기업부설연구소 대리
2010년 10월 : 미래산업기계(주) 기업부설연구소 선임 연구원
2012년 2월 ~ 현재 : (주)에스엘피테크 기업부설연구소 연구소장
※ 관심분야 : 임베디드 시스템, 제어 알고리즘



고 봉 진 (Bong-jin Ko)

1994년 ~ 1996년 : 인하공업전문대학 통신과 조교수
1996년 ~ 현재 : 창원대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 이동통신, USN/RFID