

GPS 위성통신과 아두이노를 이용한 에너지 절약형 LED 가로등 제어 시스템 개발에 관한 연구

이완범*

¹(주)탑엘이디 기업부설 연구소

Study on the Development of LED streetlight control system using GPS satellite communication and Arduino

Wan-Bum Lee^{1*}

¹Research Institute of Top LED Incorporated

요약 가로등 조명의 점멸시스템은 효율적인 관리와 에너지 절감을 위하여 IT 기술과 LED 조명을 결합한 형태로 발전되고 있다. 따라서 본 논문에서는 GPS 위성통신과 마이크로프로세서가 내장된 아두이노를 이용하여 LED 가로등기구의 사용전력을 제어할 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안된 LED 가로등 조명 제어 회로는 GPS를 이용하기 위한 통신제어부와 트랜지스터, 저항 및 정전류 공급 회로를 이용하여 전류를 제어할 수 있는 부분으로 설계하였고 실험을 통하여 정상적으로 동작함을 확인하였다. 개발된 제어 시스템은 GPS를 이용하여 계절과 위치에 따른 정확한 시간을 추출하고, 추출된 시간에 따라 LED 가로등에 공급되는 전류를 단계적으로 제어하여 소비전력을 11% 이상 줄일 수 있도록 하였다. 따라서 교통량이 적은 시간과 지역에 가로등의 밝기를 그대로 유지하여 발생하는 비효율적인 에너지 관리를 개선하고, 에너지 절약을 위해 사용하는 가로등 격등방식과 편등방식에 따른 안전사고 발생을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract A streetlight control system was developed using information technology and LED lights for efficient management and energy savings. The proposed system can control the power usage of an LED streetlight luminaire using GPS satellite communication and an Arduino with a built-in microprocessor. A control circuit was designed to control the current using GPS, a control unit, transistor, resistor, and constant-current supply circuit. The circuit was validated through experiments with normal operation. Using GPS, the control system extracts accurate time and location information according to the season, and it controls the current supplied to the LED streetlight according to the extracted time. Power consumption was reduced by more than 11%. The control system could reduce accidents caused by conventional lighting systems used to save energy, and it could improve the inefficient management of energy by preserving constant brightness of a streetlight at times and in areas that have less traffic.

Keywords : LED Streetlight, GPS Communication, NMEA, LED Lighting Control System, Arduino

1. 서론

기존의 실내외 조명용 광원으로 주로 이용되는 형광등, 백열등 및 방전등의 경우 전력소비가 많고 수은증기나 인(P)과 같은 유해한 물질로 인하여 환경오염 및 인체에도 악영향을 일으키는 등의 여러 문제가 발생되어

전 세계적으로 정책적 규제의 대상이 되고 있다. 하지만 LED 조명산업은 친환경 녹색 산업이며 전기에너지 절감효과가 우수한 특성을 가지고 있어 세계 주요 국가들이 적극적으로 LED 조명 개발 및 보급에 앞장서고 있다.[1-2] 현재 국내에서 추진하고 있는 2020년까지 공공 조명의 100%, 전체 조명의 60%를 LED 조명으로 교체

*Corresponding Author : Wan-Bum Lee(Research Institute of Top LED Inc.)

Tel: +82-63-855-5510 email: lwtiger@naver.com

Received March 4, 2016

Revised (1st March 15, 2016, 2nd March 21, 2016)

Accepted April 7, 2016

Published April 30, 2016

한다는 내용을 골자로 한 ‘LED 조명 2060 계획’을 기반으로 LED 조명 보급 활성화에 앞장서고 있다. 지식경제부의 발표에 의하면 세계 조명 효율을 25% 향상시킬 경우 연간 2,500억 KWh의 전력이 감소되고 1억 5,000톤의 이산화탄소(CO₂)가 저감되는 것으로 나타나 환경과 조명 효율 향상을 위해 LED 조명 기술개발이 더욱 활발히 전개될 것으로 전망된다.[3] 특히 많은 전력을 소비하는 가로등 조명을 LED 조명으로 대체하고 IT 기술을 접목한다면 에너지 절감 및 효율을 극대화 시킬 수 있을 것이다.[4] 따라서 본 논문에서는 기존의 LED 가로등에 GPS 통신과 마이크로프로세서 기술을 이용하여 에너지를 절약할 수 있는 LED 가로등 조명 제어 시스템을 제안 하였다.

2. LED 조명제어 시스템

스마트 LED 조명 제어 시스템은 Fig. 1과 같이 IT 기술, 즉 센서 및 통신기술과 LED 조명을 조합한 형태로 기존 광원에 비해 고효율 및 저전력화를 이룰 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 구조 및 배광 표현, 감성조명, 광색가변, 연색성 향상 등의 장점을 가지고 있다. 또한 사용자 요구 환경에 부합되는 콘텐츠가 내장된 다기능 솔루션을 갖추어 산업간, 기술 융합 시스템으로 발전해 나가고 있다.

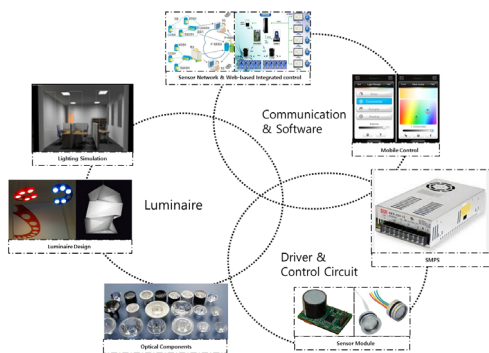


Fig. 1. Structure of LED lighting system

특히 많은 전력을 소비하는 가로등에 이러한 LED 조명 제어 시스템을 적용한다면 에너지 사용 효율을 극대화 할 수 있다.[4-5]

현재 전국의 가로등을 켜고 끄는 시간은 대체적로 비슷하다. 보통 일몰 후 15분 뒤에 가로등이 점등하고, 일

출 15분 전 소등이 된다. 이 시간에 사람들이 가장 어렵게 느끼고 많은 교통사고가 나는 것으로 알려져 있다. 이러한 사고를 줄이기 위해서 가로등의 밝기를 최대로 유지해야하고, 반면에 교통량이 없는 심야시간에는 교통량이 거의 없음에도 불구하고 가로등을 밝게 유지하여 에너지 낭비를 초래하고 있다. 또한 에너지 절약을 위하여 가로등 격등제 및 편측 점등 실시로 음영 부분이 증가하고 이로 인한 교통사고와 안전사고 발생이 증가하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선하기 위해 GPS 수신기를 이용하여 계절별 정확한 시간정보를 추출하고 추출된 정보로 LED 가로등을 디밍제어하는 시스템을 아두이노를 이용하여 구현하였고 동작을 검증하였다.

3. LED 가로등 조명 제어 시스템 구현 및 동작

본 연구에서 구현하고자 하는 에너지 절약형 LED 가로등 조명제어 시스템은 Fig. 2와 같이 크게 4부분으로 구성되어 있다.

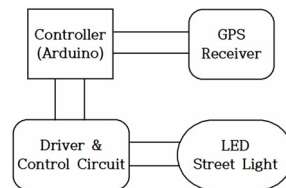


Fig. 2. Proposed LED street light control system

첫 번째 부분은 LED 가로등 밝기 제어에 사용되는 시각정보를 정확하게 얻기 위해 필요한 GPS 수신모듈, 두 번째 부분은 LED 가로등에 전류를 단계별 가변적으로 공급하는 Driver (SMPS)와 전류제어 회로 부분, 세 번째 부분은 공급 전류에 따라 밝기가 조절되는 LED 가로등기구, 마지막으로 시스템 전체를 관리하고 제어하는 Controller(Arduino) 부분으로 구성되어 있다.

3.1 아두이노(Arduino)

아두이노(Arduino)는 오픈소스 기반으로 개발 가능한 도구 및 환경으로 단일 보드 마이크로컨트롤러를 뜻한다. 자바를 기반으로 개발환경이 구축되어 있고 Windows, Mac OS X, Linux에서 Arduino Software(IDE)를 통해

쉽게 코드를 개발하고 보드에 적용할 수 있다. 아두이노의 장점은 저렴한 비용, 오픈 소스 기반, 확장 가능한 S/W와 H/W 기능을 가지고 있으며, Windows를 비롯한 다양한 OS를 지원하는 크로스-플랫폼 개발환경을 지원한다는 것이다. 특히, 컴파일된 펌웨어를 USB를 통해 업로드할 수 있는 편리성으로 마이크로컨트롤러를 손쉽게 동작시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점 때문에 IoT, 3D 프린팅, 임베디드 시스템 등 다양한곳에서 개발시스템으로 응용되고 있다.[6-7]

따라서 본 논문에서는 이러한 아두이노를 이용하여 에너지를 절약할 수 있는 LED 가로등 시스템을 제어 관리할 수 있도록 하였다. 즉 GPS 수신모듈을 제어하고 수신된 데이터 정보를 분석하여 LED 가로등 밝기 제어에 필요한 시간정보를 추출하였다. 그리고 추출된 시간정보를 이용하여 LED 가로등에 공급되는 전류를 시간에 따라 조절할 수 있도록 구동회로와 전류 공급 회로를 제어하였다. 이러한 제어 시스템을 이용하여 교통량이 적은 심야시간에 LED 가로등 밝기를 조정하여 전기 에너지를 절약할 수 있도록 하였다.

3.2 GPS를 이용한 가로등 제어 정보 추출

GPS(Global Positioning System) 수신기가 제공하는 문자열은 NMEA(National Marine Electronics Association)라는 통신 규약에 의한 포맷을 갖고 있으며, 사용자의 단말기에서 GPS 위성에서 제공된 텍스트를 분석함으로써 신호의 강도, 자신의 위치, 속도, 시간 등 다양한 정보를 얻을 수 있다. NMEA는 해양관련 장비의 인터페이스 프로토콜의 표준으로 사용되고 있으며, GPS장치에 있어서도 이 NMEA 0183 프로토콜이 국제표준으로 되어있다.[8-9] 그래서 대다수의 GPS 장치들이 이 NMEA 0183 인터페이스를 지원하고 있다. Fig. 3는 NEMA 프로토콜을 사용하고 있는 GPS 수신기를 나타내고 있다. GPS 수신기를 데이터 처리가 가능한 다른 장비와 연결하고 인터페이스 프로토콜을 NMEA로 설정해주면, NMEA Sentence들을 입력으로 받을 수 있다. APRS를 운용하는 무선국에서는 GPS로부터 NMEA 0183 프로토콜에 의해 정보를 받아, 무선으로 전송해주게 된다.

주로 이용되는 NMEA Sentence는 \$GPGGA, \$GPRMC 등이 이용된다. Fig. 4은 GPS 수신기와 아두이노를 연결하여 수신된 NMEA Sentence 전체를 나타내고 있다.



Fig. 3. Structure of GPS Receiver Module

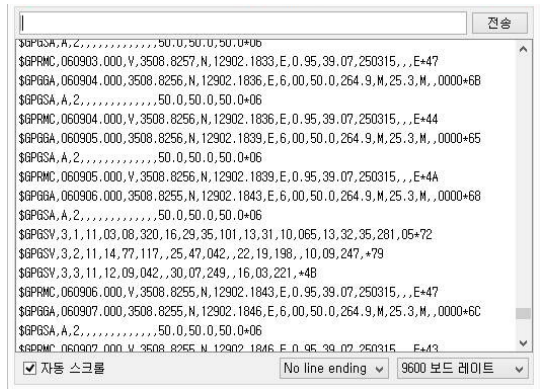


Fig. 4. Structure of Received NMEA Sentence

Fig. 4에서 볼 수 있듯이 NMEA Sentence는 \$로 시작되어, 가운데부분에 정보를 담고, [CR] [LF]로 끝난다. 그리고 이런 구조를 가진 정보가 주기적으로 출력 되도록 되어있다.

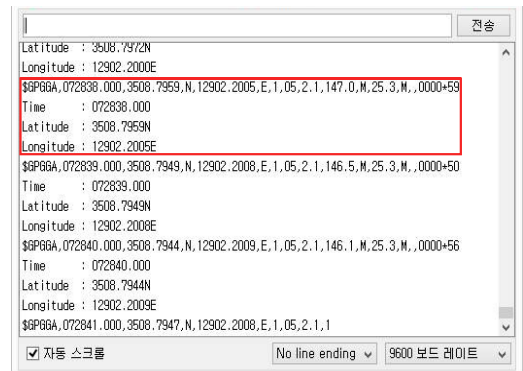


Fig. 5. \$GPGGA Data among NMEA Sentence

NMEA Sentence는 수신기의 종류 및 현재 기능에 따라 조금씩 다르게 출력 된다. 본 논문에서는 LED 가로등 제어에 필요한 시간 및 위치 정보를 얻기 위하여

NMEA Sentence 중 \$GPGGA를 이용하였다. 따라서 수신된 정보 중 \$GPGGA 정보만을 추출하고 시간정보를 분석할 수 있도록 프로그램을 설계하였고 Fig. 5와 같이 정확히 추출됨을 확인하였다.

그리고 \$GPGGA 문장에 포함되어 있는 정보, "\$GPGGA,072838.0000,3508.7959,N,12902.2005,E,1,05,2.1,147.0,M,25.3,M,,0000*59"를 분석하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Information of \$GPGGA Data

| Contents | Explanation | Remarks |
|------------|------------------------------|--|
| \$GPGGA | GGA Sentence | GP(Sign of Distiction) |
| 072838.000 | Current Time 07 : 28 : 38 | GMT KST : GMT+9 |
| 3508.7959 | 35.087959 | Latitude |
| N | North Latitude | North Latitude(N)/South Latitude(S) |
| 12902.2005 | 12.9022005 | Longitude |
| E | East Longitude | East Longitude(E) West Longitude(W) |

따라서 본 논문에서는 Table 1과 같이 제공되는 위치 정보와 시간정보를 이용하여 지역과 시간에 따라 LED 가로등의 점등을 제어할 수 있는 시스템을 제안하였다.

3.3 LED 가로등 전류 제어 회로 설계

현재 LED가로등이 점등되어 있는 시간은 지역과 계절에 따라 다를 수 있다. 보통 낮 시간이 긴 여름철에는 오후 19시부터 다음날 오전 5시까지 총 9시간동안 점등되고, 겨울철에는 오후 18시부터 다음날 오전 7시까지 총 13시간동안 시간 및 교통량에 상관없이 항상 일정한 밝기로 점등되어 있어 많은 양의 전력을 소비하고 있다.

따라서 본 논문에서는 Fig. 6와 같이 LED 가로등의 밝기를 조절할 수 있는 LED 전류제어 시스템을 설계하였다.

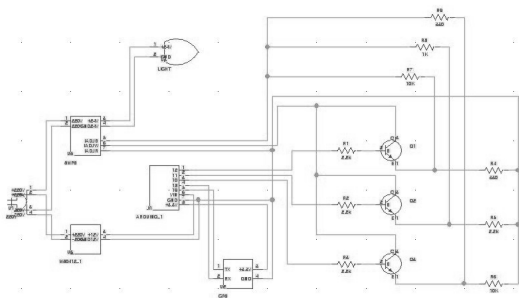


Fig. 6. Current Control Circuit using Transistor and Resistor

제안된 시스템은 시간에 따른 LED 가로등의 공급 전류를 가변적으로 조절할 수 있도록 SMPS의 출력 부분을 트랜지스터와 저항을 이용하여 설계 구현하였다. LED 가로등 밝기 제어에 필요한 정확한 시간 정보를 얻기위해 NMEA 0183 프로토콜을 사용하는 GPS 수신기를 사용하였다. 그리고 아두이노를 이용하여 NMEA Sentence를 분석하고 SMPS와 트랜지스터, 저항으로 구성된 전류공급부분을 관리하고 제어할 수 있도록 하였으며, 3단계로 전류를 공급할 수 있도록 하였다. 테스트 보드를 Fig. 7와 같이 구현하여 동작 확인 및 검증을 수행하였다.

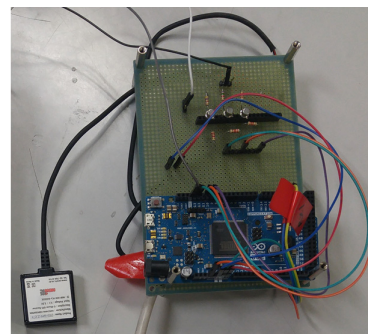


Fig. 7. Test Board of Proposed Control System

4. 제안된 LED 가로등 조명 제어 시스템의 검증 및 결과

4.1 검증 방법

본 연구를 통하여 구현된 LED 전류제어 시스템을 등기구에 장착하여 테스트를 수행 하였다. 먼저 테스트를 수행하기 위하여 Fig. 8과 같이 모듈을 장착하고 각종 계측 장비를 이용하여 측정을 하였다.

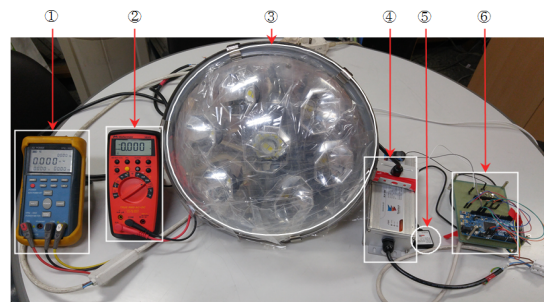


Fig. 8. Verification Structure of LED Street Light Control System

제안된 LED 가로등 조명제어 시스템 검증에 사용된 구성 모듈 및 계측 장비는 다음과 같다.

- ① 전력량계 : LED 등기구의 총 소비전력을 측정
- ② 멀티미터 : 공급되는 전류를 측정
- ③ LED 등기구 : 100W LED 가로등 기구
- ④ SMPS : LED 등기구의 전원 공급 장치
- ⑤ GPS 수신기 : 위치 및 시간정보 수신
- ⑥ 시스템 제어 모듈 : GPS 통신을 통한 정보추출 및 LED 가로등 공급전류 제어

4.2 제안된 제어시스템 동작 검증

교통사고가 많이 발생하는 일몰 직 후와 일출 직전 시간, 교통량이 많은 지역 및 출퇴근 시간에 가로등을 가장 밝게 유지하고 교통량이 적은 지역 및 심야시간에는 가로등 밝기를 30% 감량함으로써 전력소비를 줄일 수 있도록 시스템을 설계 하였다. 제안된 시스템의 단계별 전류 공급 및 전력 소비량을 Fig. 9과 같이 100W LED 가로등기구를 기준으로 측정하고 가변됨을 확인하였다.

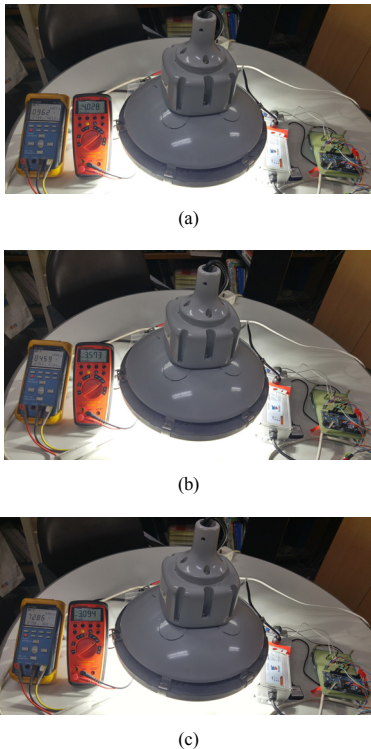


Fig. 9. Measure for LED streetlight state according to stage. (a) 1 stage(4.02A), (b) 2 stage (3.573A), (c) 3 stage(3.094A)

실험을 통하여 측정된 전류 및 소비전력의 변화 값은 Table 2와 같이 점등초기와 교통량이 빈번한 시간에 4.028A의 전류가 흘러 96.2W 전력을 소비함을 확인할 수 있었고, 교통량이 거의 없는 시간에는 3.094A로 72W의 대기전력을 소비함을 확인하였다.

Table 2. LED streetlight state according to control stage

| Lighting state | Power Consumption | Current |
|----------------|-------------------|---------|
| 1 stage | 96.20 W | 4.028A |
| 2 stage | 84.59 W | 3.573A |
| 3 stage | 72.86 W | 3.094A |

LED 가로등이 10(19시~5시) 시간 기준으로 상시 점등되어 있을 때하고 단계별 점등했을 때의 소비전력을 다음 Table 3과 같이 비교 분석하였다. 결과적으로 상시 점등되어 있을 때 보다 약 11%의 전력 소비를 줄일 수 있음을 확인하였다.

Table 3. Compare proposed lighting system with conventional lighting system

| Lighting state | Power Consumption | Lighting-up time | Total Power Consumption |
|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| All Time Lighting | 96.20 W | 10h×30 | 28.86kWh |
| 1 stage | 96.20 W | 4h×30 | 25.71kWh |
| 2 stage | 84.59 W | 3h×30 | |
| 3 stage | 72.86 W | 3h×30 | |

5. 결론

LED 가로등 조명의 제어시스템은 효율적인 관리와 에너지 절감을 위하여 IT 기술과 LED 조명을 결합한 형태로 발전되고 있다. 따라서 본 논문에서는 GPS 수신기를 이용하여 가로등 위치 정보 및 계절별 정확한 시간정보를 추출하고 추출된 정보로 LED 가로등을 디밍제어하는 시스템을 아두이노를 이용하여 구현하였고 동작을 검증하였다.

LED 가로등 제어에 필요한 시간 및 위치 정보를 얻기 위하여 GPS 모듈로 수신된 정보 중 \$GPGGA 정보를 추출하고 위치와 시간정보를 획득할 수 있도록 프로그램을 설계하였고 추출된 시각정보를 이용하여 LED

가로등에 공급되는 전류를 시간에 따라 조정할 수 있도록 구동회로와 전류 공급 회로를 제어 하였다. 이러한 제어 시스템을 이용하여 시간에 따라 단계적으로 LED 가로등 밝기를 조정하여 11%의 전기 에너지를 절약할 수 있음을 실험을 통하여 확인하였다. 그리고 제안된 시스템은 전류 공급 회로를 변경하여 단계별 공급 전류 조절이 가능하므로 지역과 시간에 따라 소비전력을 30% 이상 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] S. B. Song, "The Trend and Prospect of Components Technologies for LED lighting", The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 29, No.2, pp. 22-34, Mar. 2015.
- [2] W. B. Lee, "Study on the Development of Large Capacity LED Streetlight Luminaire with adjustable Light Distribution Characteristic", Journal of KAIS. Vol. 16, No. 12, pp. 8901-8907, Dec, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/kais.2015.16.12.8901>
- [3] The Ministry of Knowledge Economy, "The Second leap Strategies of LED Industry", 2011.
- [4] H. S. Jeong, M. K. Hwang, "LED System lighting Technology using wired and Wireless", Journal of KIIEE. Vol. 26, No. 1, pp. 33-40, Jan. 2012.
- [5] Y. Hu and M. M. Jovanović, "LED driver with self-adaptive drive voltage", IEEE Trans. on Power Electron., Vol. 23, pp. 3116, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TPEL.2008.2004558>
- [6] <https://www.arduino.cc/>
- [7] <https://ko.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [8] NMEA-0183(IEC61162-1), Standard for interfacing marine electronic devices, Ver 3.01, 2002.
- [9] S.H. Hong, S.R. Yang, S.R. Lee, "The Efficient Multimedia Data Transmission Using NMEA-0183", Journal of Advanced Navigation Technology, Vol.18, No. 2, pp. 121-127, Apr. 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.2.121>

이 완 범(Wan-Bum Lee)

[정회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 전자공학과 (공학사)
- 1997년 8월 : 원광대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 원광대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 2014년 2월 : 중부대학교 외래교수
- 2011년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 전자공학과 겸임교수
- 2010년 10월 ~ 현재 : (주)탑엘이디 기업부설연구소 연구소장

<관심분야>

통신 시스템 및 회로설계, 신호처리, LED 조명 제어