

# 초음파 센서를 이용한 LED 디밍 시스템조명 설계

(Design of LED Dimming Lighting System using Ultrasonic Sensor)

양우석\* · 김혜명 · 조영식\*\* · 박대희\*\*

(Woo Seok Yang · Hye myeong Kim · Young seek Cho · Dae Hee Park)

## Abstract

In this paper, an LED lighting system that is capable of automatic or manual dimming control using an ultrasonic sensor and Bluetooth wireless communication technology is presented. The LED lighting system consists of an ultrasonic sensor, microcontroller unit, Bluetooth wireless communication, LED driver, and LED light source. By using the implemented LED lighting system sample, it is shown that the automatic and manual dimming control is realized. By using the ultrasonic sensor, the LED lighting is automatically brighter or dimmer depending on the distance between the sensor and an object. When using a smartphone that includes Bluetooth wireless communication function, one can not only manually control the brightness of the LED lighting from level 1 to 10, but also monitor the distance between the sensor and object on the smartphone.

Key Words : LED, Dimming, MCU, Ultrasonic Sensor, Bluetooth

## 1. 서 론

최근 그린 IT와 유비쿼터스가 이슈화되면서 조명 산업이 각광 받고 있다. 현재 사용되고 있는 조명의 대부분은 사용자에게 의해 단순히 온/오프의 수준이거나 시간을 설정하여 해당 시간에 맞춰서 조명을 끄고

켜는 수준에 그치고 있다. 따라서 조명에 좀 더 다양한 기능이 탑재되어 사용자에게 편의성이 있는 시스템 조명이 주목을 받고 있는 중이다[1].

시스템 조명은 공간에서 사람/사물의 움직임, 환경 특성을 각종 센서로 인해 감지한다. 감지된 센싱값은 상황 및 이벤트에 적합한 조명을 자동으로 연출하여 조명 고유의 기능 외 고품질의 다양한 조명 환경 및 기능을 창출하게 된다.

시스템 조명에서 사용되고 있는 센서로는 Infrared Ray Sensor(IR센서), 초음파, 조도센서 등이 있으며, 시스템 조명의 제어 환경 정보는 센서를 통하여 수집한다. 수집된 환경 정보는 시스템 조명의 제어시스템 구동을 통하여 조명밝기 제어, 조명의 온/오프 등에 활용된다[2].

\* Main author : Graduate School, Department of Information and Communication Engineering, Wonkwang University  
\*\* Corresponding author : Research Fellow, Center for Advanced Electric Applications, Wonkwang University / Department of Information and Communication Engineering, Wonkwang University  
Tel : 063-850-6349, Fax : 063-857-6890  
E-mail : ycho@wku.ac.kr, parkdh@wku.ac.kr  
Received : October 30, 2014  
Accepted : December 1, 2014

이러한 시스템조명은 설치된 장소에 관계없이 개별 및 중앙제어 등을 통해 에너지 절감 효과를 극대화할 수 있게 한다. 자동적으로 조명의 조도를 조절하고 시스템이 자동적으로 상황을 인지하여 적절한 제어를 통해 수동조정 기능 뿐인 기존 조명 시스템에 비해 전력을 절감할 수 있다[3].

시스템조명에 대한 관심이 높아짐에 따라 관련 연구 기관이나 기업에서도 시스템 조명에 대한 많은 연구를 진행하고 있다. 적외선 센서를 이용하여 사람의 움직임을 파악하거나, 저전력인 ZigBee통신을 이용하여 조명을 제어하는 기술이 많이 연구되고 있다[4-5].

하지만 적외선 센서는 온도나 습도, 빛, 먼지와 같은 환경적인 영향을 받으며 여름철에는 오작동이 발생하여 신뢰성에 문제가 있다.

그리고 ZigBee는 저전력이라는 장점은 있지만, 컴퓨터나 Wall-Pad 등과 같은 모니터링 시스템이나 제어기기를 따로 구비를 해야 조명의 제어가 가능하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 절전형 조명의 문제점을 보완할 수 있는 시스템 조명의 설계 및 제작을 소개한다. 기존에 많이 사용하던 적외선 센서를 초음파 센서를 대체하여 사물과 조명사이의 거리에 따른 밝기를 조절하여 사용자가 조명과의 거리가 멀리 떨어져 있어도 최소한의 가시거리를 유지할 수 있고, Bluetooth 무선통신을 이용하여 사용자의 편의성은 물론이고 보안 및 에너지 절감을 가능하게 하는 LED Dimming 시스템에 관해 연구한다. Bluetooth 무선통신 기능이 융합된 Micro Controller Unit (MCU), 초음파센서, LED Driver, LED 광원을 이용하여 시스템을 구현한다. 제안된 LED 시스템 조명은 센서에 의한 LED 조명의 밝기조절, Bluetooth 무선통신과 스마트폰을 이용한 조명제어, 사용자가 센서로 측정된 외부환경 센싱값을 확인 등이 가능하다.

## 2. 본 론

### 2.1 알고리즘 설계

LED 조명의 자동밝기조절을 위한 알고리즘은 LED

광원과 초음파센서를 이용하여 물체의 유무와 거리에 따라 밝기 조절을 기본으로 한다. 또한 스마트폰 앱을 이용하여 사용자가 수동으로 LED 광원의 디밍을 조절할 수 있도록 그림 1과 같이 알고리즘을 설계한다.

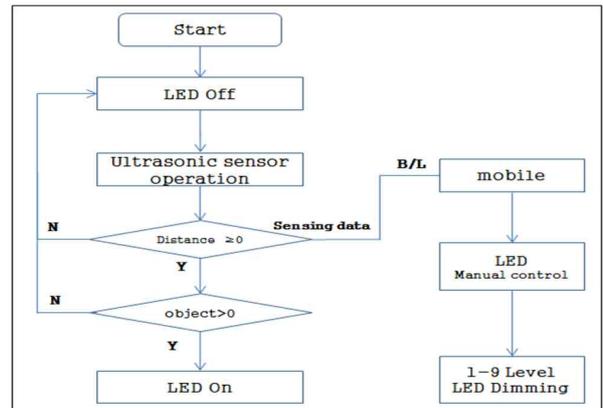


그림 1. 디밍 알고리즘 설계  
Fig. 1. The Algorithm Design for Dimming

평상시 최소한의 조도를 유지하면서 사물의 움직임이 발생하였을 때, 초음파 센서를 통하여 거리 정보를 수집하고, 수집된 거리 정보를 이용하여 조명의 밝기 조절이 가능하게 한다. 사물과 광원의 거리에 따라 사물이 멀어질수록 조명의 밝기를 크게 하고, 가까울수록 조명 밝기를 작게 한다. 또한 사용자가 수동제어를 할 수 있도록 Bluetooth 통신기능이 탑재된 스마트폰을 이용하여 사용자가 직접 1단계부터 10단계까지의 LED 조명의 디밍레벨과 온/오프 제어를 수동으로 제어할 수 있도록 알고리즘을 설계한다.

### 2.2 시스템 구성도

본 논문에서는 앞에서 언급한 기존의 센서식 조명의 온/오프만 되는 문제점을 보완하기 위하여 시스템조명의 자동디밍이 가능한 시스템을 구성한다. 그림 2와 같이 MCU와 LED Driver 그리고 초음파 센서를 이용해 하드웨어 설계를 하고, 설계된 시스템과 Bluetooth 무선통신을 이용하여 사용자가 조명을 제어하도록 시스템을 구성한다. 설계된 시작품을 이용하여 시스템 조명의 자동 디밍 실험을 한다.

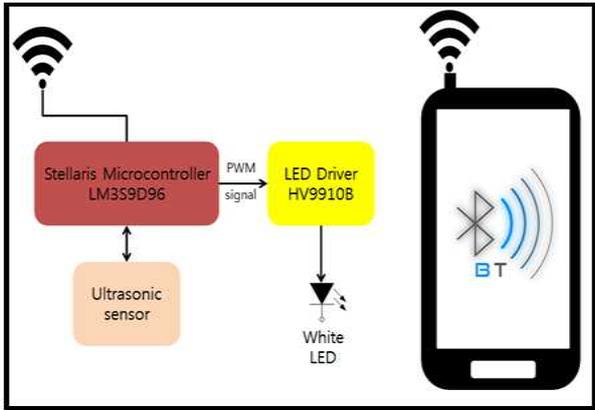


그림 2. 제안된 LED 시스템조명 구성도  
Fig. 2. The proposed LED lighting system configuration

### 2.3 시스템 구성을 위한 요소 모듈

본 논문에서는 사물의 유무 또는 위치정보를 획득하기 위해서 측정거리 오차가 적고 비용이 저렴한 초음파센서를 선정하였다. MaxBotic社의 LV-MaxSonar-EZ1을 선정하였다. 선정된 초음파센서는 645cm까지의 거리 측정이 가능하다. 초음파센서로부터 측정된 거리 데이터는 연산제어장치로 전달되는데, 연산제어장치는 TI社의 Stellaris MCU, LM3S9D96를 사용하였다. MCU와 TI社의 블루투스 모듈을 사용하여 무선통신 기능이 구현되었다. 연산제어장치 알고리즘을 통해 LED 조도의 밝기조절을 제어하는 역할을 한다. 그리고 LED 조명의 구동에 필요한 전기적 구동장치인 Supertex社의 LED 드라이버 사용하였으며, MCU로부터 출력되는 신호를 사용하여 Pulse Width Modulation (PWM) 연산제어장치와 LED 드라이버 사이를 인터페이스하였다.

### 2.4 하드웨어 설계

본 논문에서는 앞에서 구성한 시스템 구성도를 토대로 MCU와 초음파 센서 그리고 LED 드라이버를 이용하여 LED 조명의 밝기 조절이 가능하도록 LED 시스템 조명의 하드웨어를 설계한다. 그리고 Bluetooth 무선통신 기능이 탑재된 스마트폰을 이용하여 사용자가

1단계부터 10단계까지 수동제어를 할 수 있도록 하였다.

사용된 LED 광원은 LED 칩 3.5W급 3개를 직렬로 연결 후 방열판에 부착하였으며, 직류전압공급기를 이용하여 전력을 인가하는 구동 메카니즘을 형성하였다.

그리고 무선단말 기기는 블루투스가 지원되는 안드로이드 기반의 스마트폰을 사용한다.

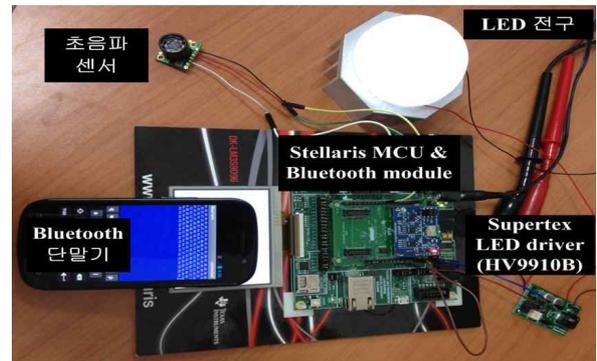


그림 3. LED 디밍 시스템 조명 하드웨어 설계  
Fig. 3. The Hardware design of LED dimming lighting system

그림 2의 LED 시스템 조명 구성도가 실제 구현된 하드웨어 사진을 그림 3에 보였다. TI 사의 Stellaris 마이크로 컨트롤러 개발 보드를 이용하였고, 초음파 센서는 Stellaris 마이크로컨트롤러의 아날로그 입력 단자에 연결하였다. 또한 Stellaris 마이크로컨트롤러의 PWM 출력 단자를 Supertex LED driver에 연결하였다. LED 조명의 디밍과 초음파 센서가 측정된 거리를 모니터링할 수 있는 Bluetooth 단말기도 그림 3에 보였다.

## 3. 실험방법 및 결과

### 3.1 거리에 따른 Duty 사이클 측정

본 논문에서 사용한 초음파센서의 거리사양인 645cm의 스펙확인파 거리에 따른 조명의 밝기조절에 필요한 Duty 사이클을 확인하기 위하여 실험을 구성하였다. 실험 방법은 초음파센서와 LM3S9D96를 인터

초음파 센서를 이용한 LED 디밍 시스템조명 설계

페이스하여, 20~645cm(251inch)의 거리를 20cm씩 거리에 따른 Duty 싸이클을 측정하였다. Duty 싸이클 확인은 MCU의 Developmet Kit에 연결된 LCD로 확인한다.

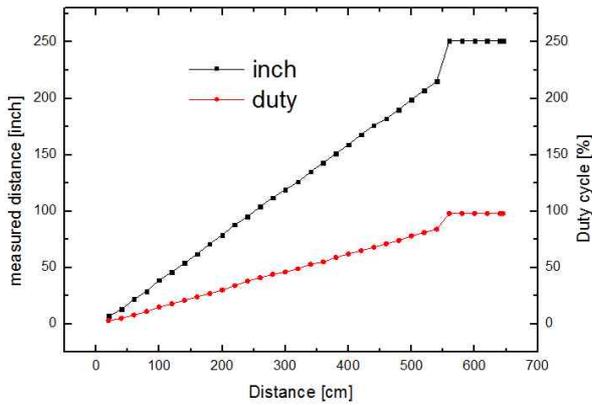


그림 4. 초음파 센서로 측정된 거리와 duty 싸이클  
Fig. 4. Measured distance by the ultrasonic sensor and corresponding duty cycle

실험 결과 그림 4와 같이 거리에 따른 Duty 싸이클과 초음파 센서 거리 사양을 측정할 결과, 약 550cm에서 거리값과 Duty 싸이클이 고정된 걸 확인할 수 있었다. 결과로부터 알 수 있듯이 초음파 센서가 측정할 수 있는 거리 사양이 약 550cm인 것을 확인하였고, 디밍에 필요한 Duty 싸이클도 약 550cm에서 고정된 것을 확인할 수 있었다.

### 3.2 초음파센서의 의한 디밍 동작확인

센서와 사용자의 거리와 움직임에 따른 LED의 디밍 동작 확인을 위해 제작된 시작품을 가지고 실험을 한다.

실험방법으로는 그림 5와 같이 시작품을 설치하여 실험자가 20cm씩 앞뒤로 움직이며 실험을 하였고, 20cm에서 600cm까지의 거리에 따른 LED 디밍 동작을 확인하고, 거리에 따른 조도를 300cm까지 측정한다.

실험결과 그림 6과 같이 사물의 움직임과 거리에 따라 LED가 자동Dimming되는 것을 확인하였다.

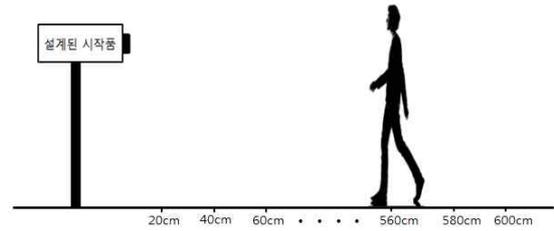


그림 5. 실험 방법  
Fig. 5. The Experiment methods



그림 6. 시작품 디밍 동작확인  
Fig. 6. Check the dimming operation of the prototype

그림 7은 디밍 동작 확인을 한 시작품을 이용하여 사물의 거리에 따른 LED 조명의 조도를 측정하였다. 실험방법은 사용자가 아날로그 조도계를 들고 20cm씩 뒤로 움직이면서 조도를 측정하였다.

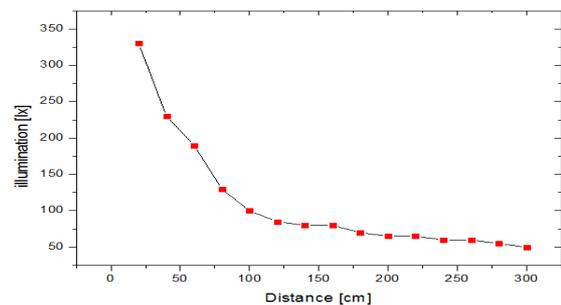


그림 7. 거리에 따른 LED 조도 측정  
Fig. 7. The LED illumination measurement of in accordance with the distance

실험 결과 사용자가 거리에 따라 LED조명의 밝기가 밝아짐으로써 사용자와 조명의 거리가 멀어져도 최소 약 50lx의 조도값이 유지가 되는 것을 확인하였다.

### 3.3 Bluetooth 통신을 이용한 LED 제어

Bluetooth 무선통신을 이용하여 LED를 센서의 유무와 관계없이 사용자가 원하는 밝기의 수동조절과 조명을 On/Off를 할 수 있는 실험을 하고, 초음파센서로 측정된 센싱 데이터값을 사용자가 확인할 수 있는 실험을 한다.



그림 8. 블루투스 통신과 스마트폰을 이용한 조명 제어  
Fig. 8. The Lighting control using the Bluetooth communication and smartphone

실험 방법으로는 Blueterm이라는 스마트폰 앱을 이용하여 초음파센서로 측정된 거리 데이터값을 사용자가 확인할 수 있도록 스마트폰으로 전송되는 것을 실험 확인 하고, 1레벨부터 10레벨까지의 LED 디밍을 수동조절할 수 있도록 스마트폰의 숫자 키패드를 이용한다.

그림 8 (a)의 사진과 같이 초음파센서가 측정한 거리정보 데이터값을 스마트폰의 앱을 통하여 숫자로써 확인 가능하였다.

그림 8 (b)는 센서의 동작 유무와 관계없이 영문 키패드를 이용해 온/오프하는 기능과 숫자 키패드를 이용해 1부터 10까지의 디밍 레벨을 사용자가 직접 적용할 수 있는 실험을 하였다.

### 3.4 수동제어에 따른 LED 조도측정

사용자가 스마트폰을 이용하여 조명을 수동제어할 경우에 조도를 측정한다.

실험방법으로는 1단계부터 10단계까지의 수동조절을 하고, 100cm, 200cm, 250cm, 300cm까지의 거리의 차이를 두며 조도를 측정한다. 사용 장비는 아날로그 조도계를 사용하였다.

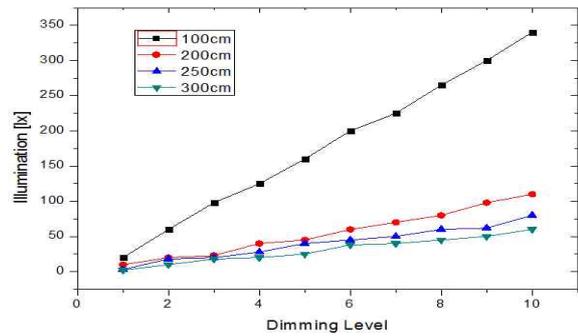


그림 9. 디밍레벨과 거리에 따른 조도 측정  
Fig. 9. The Illuminance measurement in accordance with the distance from the dimming level

실험결과 그림 9와 같이 디밍레벨에 따라 조도값이 증가하였고, 최대의 거리값인 300cm에서 10단계 디밍레벨 시 조도값이 약 60lx 정도로 유지되는 것을 확인하였다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 초음파 센서와 Bluetooth 무선통신을 이용하여 조명의 밝기조절이 가능한 LED 시스템 조명에 대하여 연구하였다.

LED 조명 주변의 사물의 유무 또는 조명과 사물의 거리 정보 수집을 위한 초음파센서와 Bluetooth 무선통신을 이용함으로써 상황에 따라 자동 밝기조절이 되고 사용자가 스마트폰을 이용하여 직접 수동 밝기 조절을 할 수 있는 시스템을 구축하였다.

초음파센서와 MCU 그리고 LED Driver를 이용하여 하드웨어 설계를 하였고, 자동으로 밝기 조절을 할

수 있도록 알고리즘 설계를 하였다.

시작품 실험 결과 초음파 센서에 의해서 사물의 움직임과 사물과 센서의 거리에 따른 LED의 자동 제어가 이루어졌으며, 사물이 멀리 갈수록 조명의 밝기가 커짐으로써 조도 분포도가 유지될 수 있었다. 또한 Bluetooth 무선통신과 스마트폰을 이용하여 거리에 대한 센싱 데이터 값을 사용자가 직접 스마트폰을 통해 확인할 수 있었고, 스마트폰 숫자 패드를 통해 1단계부터 10단계까지 사용자가 LED의 밝기 조절의 수동 제어가 가능하였다.

본 연구는 조명을 켜거나 끄고 센서를 이용하여 조명의 밝기를 조절할 수 있으며, 소비전력이 낮은 LED를 사용하기 때문에 에너지 절감효과가 있으므로 그린 IT기술 발전에 기여할 수 있을 것으로 본다.

향후 계획으로는 한 가지 센서가 아닌 멀티 센서를 이용하여 여러 외부상황에 맞는 조명의 자동 디밍과 공간제약에 따른 시스템의 소형화 작업을 할 것이다.

"This paper was supported by wonkwang university in 2013"  
 "이 논문은 2013학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨"

### References

- [1] Dae-Ho Kim, "Design and Implementation of LED control system with smart phone", KICS pp501-502. 2011.
- [2] Shin-Won Park, "LED lighting Control Multiple Sensors". Yeungnam University, 2013.
- [3] Hyuk-Woo Choi, "Design of Smart Lighting System using Bluetooth", Hoseo University, 2014.
- [4] Lee Kyung Hoon, "Design of LED Lighting Control System using ZigBee based on USN", Chonnam National University, 2012.
- [5] Snag-Min Cha, "Smart LED lighting Control using Microwave and Illumination Sensor", Pukyong National University, 2012.
- [6] insung Byun, "Intelligent Household LED Lighting Syste Considering Energy Efficiency and User Satisfaction", IEEE Transactions Consumer Electronics, 2013.

### ◇ 저자소개 ◇



**양우석**(梁又錫)

2012년 원광대학교 전기공학과 졸업. 현재 원광대학교 정보통신공학과 대학원 석사과정.



**김혜명**(金慧明)

2012년 원광대학교 전기공학과 졸업. 현재 원광대학교 정보통신공학과 대학원 석사과정.



**조영식**(趙英植)

1996년 한양대학교 전자통신공학과 졸업. 1998년 동 대학원 졸업(석사). 2010년 Ph.D. in electrical engineering, University of Minnesota, USA. 2011년 Postdoctoral Associate, Purdue University, USA. 2012년부터 원광대학교 전기응용신기술연구센터 연구교수.



**박대희**(朴大熙)

1979년 한양대학교 전기공학 졸업. 1983년 동 대학원 졸업(석사). 1989년 오사카대학 대학원 졸업(박사). 1991년 LS전선 연구소 근무. 1991년부터 원광대학교 정보통신공학과 교수.