

Bluetooth 무선 통신 기능을 이용한 LED 조명시스템 설계

(Design of LED Lighting System using Bluetooth Wireless Communcation)

김혜명* · 양우석 · 조영식** · 박대희**

(Hye Myeong Kim · Woo Seok Yang · Young Seek Cho · Dae Hee Park)

Abstract

The Light Emitting Diode(LED) lighting control system proposed in this thesis is made up of a sensor module, a microcontroller, Bluetooth wireless communication, LED Driver, and LED downlight. The sensor module, comprised of an infrared sensor, an illumination sensor, and a temperature sensor, was designed to one Printed Circuit board(PCB). The system is able to identify the environment information collected by the sensor, and make it possible to control lighting automatically and manually through sensors. In addition, depending on users' conditions, a color temperature can be controlled. CS-1000, a spectroradiometer, was employed to measure the changing values of a color temperature in 8 steps. According to a test, it was found that it was possible to change a color temperature from 3187K of Warm White LED to 5598K of Cool White LED. The Bluetooth based wireless communication technique makes it possible to control more lighting devices than other wireless communication techniques does.

Key Words : LED, Lighting System, Wireless Communication, Bluetooth, Sensor Network

1. 서 론

1.1 연구의 배경

네트워크 기반 조명제어 기술은 조명 제어에 의한 에너지 절감, 중앙제어 및 분산 제어 방식에 의한 조명 에너지 절감을 극대화하기 위한 것으로 Digital Addressable Lighting Interface(DALI), RS-485, RF/ETHERNET, Zigbee, Bluetooth 등 유무선 통신 네트워크 모듈을 통한 조명제어를 하게 된다[1]. 무선 통신은 LED조명과 개별 또는 그룹으로 연결되고, 스위칭 및 조도제어, 고장검침에 있어서 양방향성을 가

* 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 : 2014. 10. 30
Accepted : 2015. 1. 7

지고 메인제어부와 통신부간 무선통신을 이용하여 전송 및 제어명령을 송수신하는 기술로써 스마트 단말기에 접속 시 그 활용범위가 매우 넓다[2].

또한 조도/마이크로웨이브/온도 등의 각종 센서연계를 통해 인공조명과 자연광의 센싱 감도 차이를 보정하는 조도분석, 분산된 센서를 이용하여 광량, 조도 정보를 수집하는 상황인지 센싱, 센서로부터의 정보를 취합하고 가공하여 전송하는 센서 인터페이스기술 등이 포함되는 종합된 상황인지 데이터를 Data Base(DB)화하여 센서 데이터 융합에 의한 시간, 상황, 장소 기반 조명 에너지 최소화 제어 기법을 통한 조명 에너지 최적 사용 솔루션 기술이 OSRAM, Philips, General Electric Company(GE) 등 국외 선진사를 통해 개발 보급되고 있다[1,3].



그림 1. IT 융합 LED 조명시스템
Fig. 1. IT Convergence LED lighting system

그러나 이러한 센서네트워크를 이용한 무선 조명시스템의 경우 Zigbee를 이용하는 경우가 많으며, 이 Zigbee 기술은 통신을 위한 개별 단말기의 설치와 인증을 통과하기 위한 시간이 소요되고, 또 다른 무선통신인 Wi-Fi의 경우 소비전력이 높아 사용이 상당히 제약적인 단점이 있다.

본 연구에서는 이러한 Zigbee와 Wi-Fi 단점을 보완하며 사용자가 쉽게 접근할 수 있는 Bluetooth를 이용한 무선 조명시스템을 구현하고자 한다. Bluetooth의 경우 저렴한 가격에 저전력(100mW)으로 사용할 수 있다는 장점과 이미 많은 휴대용 무선기기에 탑재가

되어 있기 때문에 확장성이 좋다는 장점이 있다. 시장성이 좋다는 것은 Bluetooth 장치를 가지고 있지 않더라도 손쉽게 주변에서 이 조명시스템과 통신할 수 있는 단말기를 구할 수 있다는 의미가 된다[4,5].

1.2 연구의 목적 및 방법

과거 조명시스템의 경우 필요한 밝기, 온/오프 제어, 조광과 같은 행위들을 사용자가 스스로 결정하거나 시설되어 있는 조명설비의 초기 설정 값을 변경할 수 없어 이를 그대로 사용하는 수동 조명의 개념이었다.

이에 반해 현재 조명시스템은 에너지 절감과 동시에 사용자의 편리성과 다양한 기능을 가지는 사용자 맞춤형 조명시스템을 요구로 하고 있다. 기존의 조명제어 방식을 고효율 광원으로 교체함과 동시에 최신 Information Technology(IT)기술을 기반으로 한 조명제어시스템을 설계함으로써 높은 조명에너지 활용과 Bluetooth 무선통신과 멀티센서를 이용한 사용자가 원하는 조명 환경을 제공하는 것을 목적으로 한다[6].

본 연구는 Bluetooth 무선통신 기능이 융합된 Micro Controller Unit(MCU)를 이용하여 전반적인 제어와 명령을 수행하게 되고, 조도센서, 온도센서, 적외선 센서 각각의 센서들을 하나의 보드에 집적하여 멀티센서를 제작하고 이를 통한 센싱 데이터를 자체 제작한 모바일 어플리케이션으로 받아 확인할 수 있다. 또한 서로 다른 색온도를 갖는 LED를 이용함으로써 어플리케이션을 이용하여 사용자가 원하는 색온도 값을 만들어낼 수 있도록 제어 기능을 더욱 극대화한다.

2. 무선센서네트워크 기반 조명제어시스템 구성

2.1 조명제어시스템의 구성

조명제어시스템의 주요 기술들은 효율적인 조명제

어를 위한 조명제어기술, 사물 및 사람을 인식할 수 있는 센싱기술, 원격제어 및 설치의 편의성을 위한 무선 통신기술, 그리고 효율적인 전력사용을 위한 디밍 제어기술이다[7].

이러한 기술은 조명제어를 통한 에너지 절감, 중앙 제어를 통한 조명 에너지 절감을 극대화하기 위해 필요한 주요 기술로 본 논문에서 설계하고자 하는 주거 및 오피스용 조명제어시스템의 주요구성은 그림 2의 블록다이어그램과 같이 크게 4가지로 나눌 수 있다. 사람이나 사물의 움직임을 감지하는 센서, 각 센서에서 발송하는 신호를 수신하여 데이터를 전송하고 조명을 제어하는 로컬컨트롤러, 센싱된 데이터 값을 확인할 수 있는 모바일 제어 프로그램, 모바일 제어기와 로컬컨트롤러 간의 무선통신으로 구성 된다.

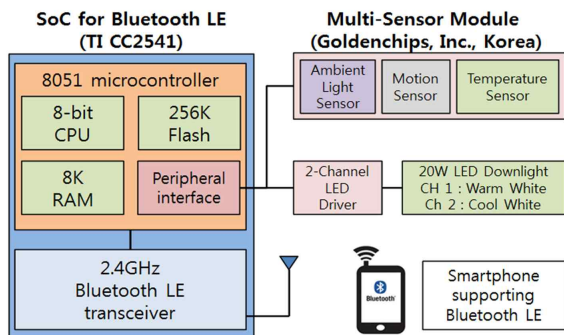


그림 2. 조명제어시스템 블록다이어그램
Fig. 2. The block diagram of the lighting control system

표 1. 하드웨어 인터페이스
Table 1. Hardware Interface

Component1	Component2	Interface
Microcontroller	LED Driver	PWM
	Illuminance Sensor	I2C
	Motion Sensor	Analog port
	Temperature	Analog port

각각의 하드웨어와 MCU 간의 인터페이스는 표 1과 같이 구성되어 있다. 조명의 디밍제어를 위한

PWM 신호는 LED Driver에 의해 이루어지고, 센서에서 얻어지는 데이터 값은 적외선 센서와 온도 센서의 경우는 Analog 형태로 전압 값이 MCU에 입력되면 MCU에 저장되어 있는 계산 값에 의해 해당 전압에 대한 수치를 제어 어플리케이션으로 전달하는 방식이다.

2.2 로컬컨트롤러 및 Bluetooth module

그림 3의 CC2540 Development Kit(DK)는 블루투스 모듈인 CC2541 Evaluation Module Kit(EMK)를 장착하는 형태를 하고 있다. CC2540 DK는 플래시 메모리를 8KB가지고 있으며 이는 디바이스 펌웨어를 손쉽게 업데이트할 수 있고, 데이터를 Chip에 저장할 수 있는 유연성 있는 역할을 한다.

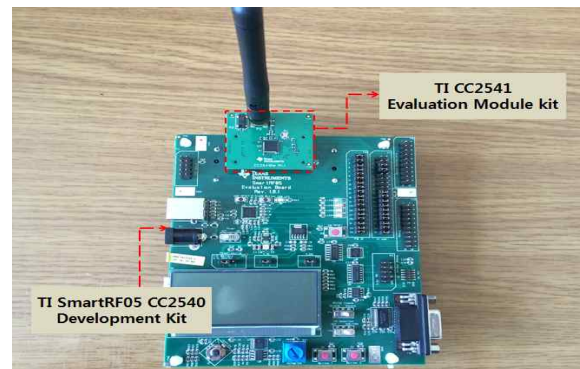


그림 3. TI CC2540 Development Kit
Fig. 3. TI CC2540 Development Kit

CC2541 EMK는 매우 낮은 전력 소모가 요구되는 시스템에 적합하며 작동 모드 간의 짧은 전환 시간이 더 낮은 전력 소비를 가능하게 한다.

설계한 조명제어시스템에서 사용되는 Bluetooth 무선통신은 그림 4와 같은 Gaussian frequency-shift keying(GFSK)이라 불리는 주파수 변조 방식을 사용한다. Frequency shift keying(FSK) 변조에 Gaussian 특성을 갖는 필터를 앞단에 둔 변조기를 사용하며 GFSK 디지털 신호를 무선주파수 신호로 변조하는 방식의 하나로 디지털 신호레벨에 따라 주파수를 변화시키는 주파수 편이변조 방식의 하나이다.

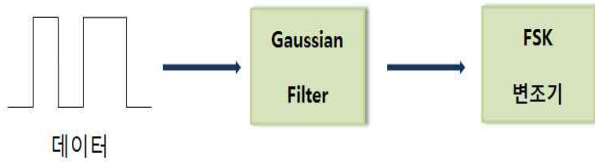


그림 4. Gaussian frequency-shift keying 변조방식
Fig. 4. Gaussian frequency-shift keying Modulation

또한 다른 기기와의 간섭을 최소화하기 위한 스펙트럼 확산 방식의 일종인 주파수 호핑 방식을 사용하는데, 1Time slot마다 임의로 주파수를 바꾸는 것으로 고정된 송신 주파수에 의한 간섭을 방지하는 동작을 한다. Bluetooth의 경우 1Time slot이 625 μ s로 초당 1600번의 주파수 호핑이 일어난다.

2.3 멀티센서

멀티센서 부분에는 그림 4와 같이 조도, 적외선, 온도센서를 하나의 PCB에 집적하여 동작하게 하였고, 적외선센서에는 PerkinElmer 社의 LHi-878 적외선 센서를 적용하였다. LHi-878 적외선 센서는 적외선을 전압의 형태로 변환시켜 광 검출이 가능하도록 설계된 센서이다.



그림 5. 멀티센서(골든칩스 社)
Fig. 5. Multi-Sensor Module(Golden Chips. Ltd.)

움직임을 식별하는 인지센서의 경우 마이크로웨이브센서와 적외선 센서를 주로 사용하고 있으나 마이크로웨이브센서의 경우 적외선 센서에 비해 비용이

많이 들고, PCB 회로를 따로 구현해야 하므로 온도, 습도 등에 영향을 많이 받고 여유 공간이 비교적 많이 필요하다는 단점이 있어 일반적으로 고급형 송·수신 방식에 사용된다.

표 2. 조도센서 특성

Table 2. Illuminance sensor characteristic

항목	기호	작동범위	단위
동작 전압	Vmax	4.5	V
작동 온도	To _{opr}	-40~85	°C
대기 온도	T _{stg}	-40~100	°C
소비 전력	P _d	260	mW

표 3. 적외선 센서 특성

Table 3. Passive infrared sensor characteristics

항목	최소값	최대값	단위
동작 전압	2	15	V
측정각(수평)	95		°
측정각(수직)	90		°
작동 온도	-40	85	°C

2.4 모바일 제어 어플리케이션



그림 6. 모바일 어플리케이션

Fig. 6. Mobile Application

조명제어와 센싱된 데이터 값을 확인할 수 있는 모바일 어플리케이션을 그림 5와 같이 개발하였다. 주변 블루투스 기기들을 검색할 수 있는 기능과 디밍 컨트롤 바, 등기구 주변의 온도와 광원의 조도, 동작감지

데이터를 확인할 수 있다. 디밍 컨트롤의 경우 그림에서와 같이 컨트롤 바를 두 개로 나누어 등기구에 사용된 Warm White와 Cool White LED의 조도를 컨트롤하여 색온도 변화가 가능하게 하였다.

3. 무선센서네트워크를 이용한 조명제어시스템 구현

본 논문에서 구현한 조명제어시스템의 구성은 그림 6과 같다. Warm White와 Cool White LED로 이루어진 20W급 다운라이트에 적용한 Bluetooth로 제어가 가능한 조명시스템이다. TI社의 LM 3402 LED Driver를 사용하였고 최대 95%의 효율성과 약 500mA의 구동전류, 6~24V 수준의 입력전압 범위를 갖는다. Bluetooth 무선 통신을 가능하게 하기 위해 CC 2540 DK에 Bluetooth Module인 CC 2541 EMK를 부착하여 무선으로 통신할 수 있도록 하였다.

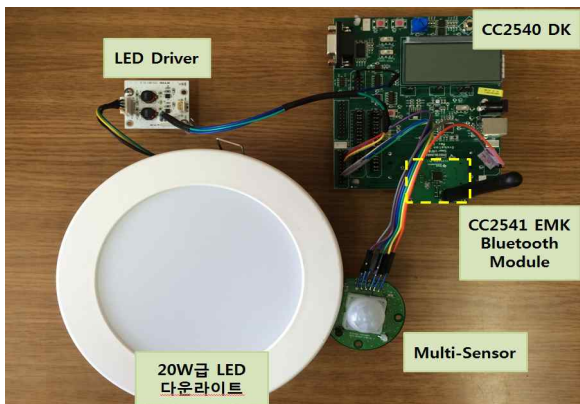


그림 7. 멀티센서를 이용한 조명시스템
Fig. 7. Lighting system using a multi-sensor

220V의 상용전압을 인가받아 가정용 소형 변압기를 통하여 110V의 전압이 LED Driver에 입력되면 Driver에서 다시 24VDC를 출력하게 되어 동작한다. 멀티센서 부분의 인지센서는 Passive infrared sensor (PIR) 센서를 사용하였고 이를 통해 사람과 사물의 움직임에 따라 LED가 점등되고 약 15초간 유지 후 소등된다. 또한 모바일 기기의 Bluetooth 통신을 이용하여 조도 센서와 온도 센서로 수집되는 데이터를 확인할

수 있고 LED 다운라이트의 온/오프 기능과 디밍기능, Warm White와 Cool White LED를 각각 컨트롤할 수 있어 색온도에도 변화를 줄 수 있도록 하였다.

4. 실험 및 고찰

조명 제어와 색온도 변화에 대한 실험을 진행하였다. 측정 장비는 그림 7과 같이 분광방사휘도계 CS-1000을 이용하여 측정하였다. 분광방사휘도계인 CS-1000은 광원의 휘도, 색온도, xy색좌표계의 좌표값 등을 측정할 수 있는 장비이다.



그림 8. 색온도 측정
Fig. 8. Color temperature measurement

측정방법으로는 그림 8과 같이 Warm White LED와 Cool White LED의 밝기를 제어 어플리케이션을 통해 Warm White 50%, 100%, Cool White 50%, 100% 밝기 일 때의 색온도 값과 두 종류의 LED가 각각 50%, 50% 값, 100%, 100% 값, 50%, 100% 값, 100%, 50%의 혼합광일 때의 색온도 값 총 8번을 비교 측정하였다.

측정값의 정확성을 높이기 위하여 빛이 들어오지 않는 암실에서 측정을 실시하였고, CS-1000의 데이터 값을 얻기 위하여 노트북과 RS-232 통신으로 연결하여 데이터를 측정하였다.

실험결과 제어 어플리케이션을 통한 각각의 LED의 밝기 조절이 가능하였고, 그에 따른 색온도 값도 변화하는 것을 알 수 있었다. 사진을 찍을 때의 각도와 위치의 변화에 의해 그림을 통한 육안 식별은 정확하지

않지만 색온도 변화 값은 Warm White LED가 100%의 밝기로 컨트롤 되었을 때 가장 낮은 색온도 3187K 부터 Cool White LED의 100% 밝기일 때 가장 높은 색온도 5598K까지 변화를 줄 수 있다는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.



그림 9. 어플리케이션을 통한 색온도 변화
Fig. 9. Color temperature change through the application

표 4. LED 밝기 변화에 따른 색온도 값
Table 4. A color temperature value by the LED brightness variation

항목	Warm White LED / Cool White LED 비율(%)							
Warm	50	100	100	100	50	0	0	50
Cool	0	0	50	100	100	50	100	50
색온도 (K)	3193	3187	3863	4232	4658	5564	5598	4227

5. 결 론

본 논문에서는 조명시스템을 제어하기 위한 수단으로 모바일 어플리케이션과 블루투스 무선통신을 이용하여 조명을 컨트롤함으로써 사용자의 편리성과 효율성을 극대화할 수 있는 조명시스템을 설계하였다. 모바일 어플리케이션을 개발하여 조명 및 주변 환경에 대한 정보를 실시간 확인하여 변경할 수 있고, 조명으로

로 사용된 20W급 다운라이트의 LED Chip을 두 가지 형태로 구성하여 사용자가 원하는 색온도 값을 직접 설정할 수 있도록 하였다.

색온도 값의 변화를 측정하기 위하여 총 8번의 색온도 변화 실험을 하였다. 실험 결과 Warm White LED가 100% 밝기인 3187K부터 Cool White LED의 100% 밝기인 5598K까지의 색온도 변화를 확인할 수 있었고, 이를 통해 상황에 맞는 색온도를 사용자가 변경함으로써 조명제어의 효율을 극대화하였다. 또한 Bluetooth 4.0를 적용함으로써 기존의 조명시스템에 주로 사용되었던 Zigbee 통신방식이 갖는 저전력 소모와 1 : N의 기기 접속이 가능한 장점을 보유하고 조명을 제어할 수 있는 제어기의 다양성도 확보할 수 있는 제어시스템이라 할 수 있겠다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 한국산업기술평가관리원의 LED 시스템조명기술개발사업[10042947, 멀티센서 기반의 데이터 통신모듈과 드라이버 IC/프로세서 제어부품 등을 탑재한 200cc 이하의 LED 시스템조명 엔진모듈 기술 개발] 연구 사업의 일환으로 수행하였음.

References

- [1] J. C. Lee, H. J. Jang, "LED light source and energy-saving lighting system control and management IT Convergence Technology" Journal of the KIIEE Vol.26 No.1 pp. 15-20, 1229-4691, 2012.
- [2] J. C. Lee, H. J. Jang, "Indoor-type LED illumination and Smart Control System Market Trends" Journal of the KIIEE Vol.27 No.3, 1229-4691, 2013.
- [3] D. J. Chung, B. C. Song, S. Y. Lee, W. D. Cho "Context-awareness sensor network technology trends", Journal of the KIICE Vol.18 No.1 pp. 2-30 1225-2530, 2004.
- [4] Chris Kreft, Dan prince, Ryan Truer, Dustin Vildkamp, "Wireless Lighting System", Calvin College, 2007.
- [5] S. J. Kim, Y. M. Kim "A Study of Low Power Protocol and Algorithm for Short Range Wireless Communication" Journal of the KI-HT Vol.9 No.5, pp. 49-58, 2011.
- [6] H. Kim, M. W. Lee, "IT Convergence smart lighting technology", Journal of the KICS Vol.28 No.5, pp. 10-14, 2011.
- [7] H. S. Jung, M. G. Hwang, "Take advantage of wired and wireless technology for LED lighting systems". Journal of the KIIEE Vol.26 No.1, pp. 33-40, 2012.

◇ 저자소개 ◇



김혜명(金慧明)

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



양우석(梁又錫)

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 LS전선연구소 근무. 1991년부터 원광대학교 정보통신공학과 교수.