

Bluetooth와 Smartphone을 이용한 LED 디밍 시스템 구현

양우석¹, 김혜명¹, 조영식¹, 박대희^{1,a}

¹ 원광대학교 정보통신공학과

Implementation of LED Dimming System Using Bluetooth and Smartphone

Woo-Seok Yang¹, Hye-myeong¹, Young-seek Cho¹, and Dae-Hee Park^{1,a}

¹ Department of Information & Communication Engineering, WonKwang University, Iksan 570-749, Korea

(Received December 16, 2014; Revised December 19, 2014; Accepted December 19, 2014)

Abstract: In this paper, LED lighting system is realized by using Bluetooth wireless communications and smartphones. A bluetooth module with a lighting control function is manufactured by miniaturizing a development board of TI company and the volume of LED dimming system as a whole is reduced. And a trial product is materialized by designing a hardware composed of the manufactured bluetooth module, LED down light equipped with degree warm white and cool white, and 2-channel LED driver; and LED dimming software. The materialized trial product is controled in terms of the brightness and color temperature of LED light source using an application of a smartphone. The experiment showed that the users can easily control the intensity of illumination of LED light source by using the scroll bar of the applications of smartphones. In addition, the color temperatures of both warm white and cool white can be controlled, and when the color temperature of the trial product using the manufactured bluetooth module is compared with that of a trial product of TI company, they show the same color temperatures.

Keywords: LED, Bluetooth, Dimming, Smartphone, Bluetooth module

1. 서 론

최근 유·무선 통신기술과 LED 조명과의 결합을 통한 네트워크 기반 조명제어 기술이 이슈화 되고 있다. 이러한 기술은 조명 제어를 통해 에너지 절감을 극대화하기 위한 것으로 RS-485, RF/ETHERNET, DALI (digital addressable lighting interface), 블루투스, ZigBee 등 유·무선 통신 네트워크 모듈을 통한

조명제어를 한다. 무선통신은 LED 조명과 개별 또는 그룹으로 연결되고, 스위칭 및 조도제어, 고장 검침에 있어서 양방향성을 가지고 메인 제어부와 통신부 간 무선통신을 이용하여 전송 및 제어명령을 송수신하는 기술로서 스마트 단말기에 접목 시 그 활용 범위가 매우 넓다 [1,2].

최근 들어 근거리 무선통신인 ZigBee와 블루투스의 활용도가 높아지고 있다. 하지만 Zigbee 같은 경우는 저전력이라는 장점은 있지만 조명을 디밍시키거나 온/오프시킬 때 제어기가 필요하다. Wall-pad나 컴퓨터, 리모컨 등이 필요하기 때문에 설치 시에 제약이 따른다. 하지만 블루투스 같은 경우는 최근 스마트폰의 보급화에 따라서 제어기를 따로 구비하지

a. Corresponding author; parkdh@wku.ac.kr

않아도 스마트폰의 블루투스 기능을 이용하여 조명을 제어할 수 있다 [3-5]. 또한, 이러한 네트워크 기반 조명제어 기술은 조명에 RF 모듈 및 무선통신모듈, 센서, 드라이버 등이 하나의 플랫폼으로 만들어 지기 때문에 각각의 모듈을 소형화하는 작업이 필요하다 [6].

본 논문에서는 사용자의 편의성을 위해 별도의 제어기기를 구비할 필요 없이 스마트폰에 내장된 블루투스 기능을 이용하여 LED 광원의 디밍제어 및 색 온도 조절이 가능한 시스템을 구현한다. 또한, 기존의 개발보드 및 통신모듈을 소형화를 시켜 제어가 가능한 독립적 구동의 블루투스 모듈을 제작을 한다. 제작된 블루투스 모듈을 LED 광원과 인터페이스 한 후 LED 광원을 스마트폰을 이용하여 디밍 및 색 온도 제어를 한다.

2. 실험 방법

2.1 시스템 구성

본 논문에서는 임베디드 개발보드를 소형화시켜 디밍 제어가 가능한 블루투스 통신 모듈을 개발한다. 기존에 많이 사용하던 개발보드인 TI사의 CC2540 DK (development kit)은 조명에 내장하거나 인터페이스 하기에는 크기가 너무 크다는 단점이 있다.

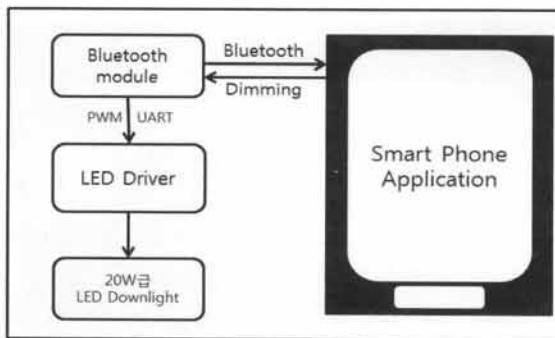


Fig. 1. The proposed LED lighting dimming system configuration.

그래서 CC2540 DK의 부속품인 CC2541 EMK (evolution module kit)를 소형화시켜 조명과의 인터페이스를 용이하게 하고, 전원선이 따로 없는 CC2541

EMK의 독립적인 구동을 한다. CC2541 EMK는 블루투스 무선통신 모듈로서 스마트폰의 어플리케이션 디밍 제어를 가능하게 한다. 제작된 블루투스 모듈은 2 채널 LED Driver, 20 W급 LED 광원과 인터페이스 한다. 블루투스 무선통신과 스마트폰을 이용하여 LED 광원의 밝기 조절 및 cool white와 warm white 2가지 색 온도를 제어한다 [7].

2.2 블루투스 모듈 설계

2.2.1 회로 설계

본 논문에서 설계한 블루투스 모듈은 기존의 TI사의 CC2540 DK의 부속품인 CC2541 EMK를 소형화시켜 독립적으로 구동이 가능한 블루투스 모듈을 설계하였고, 마이크로 컨트롤러(MCU)는 CC2541 칩을 사용하여 LED 광원을 제어할 수 있도록 하였다.

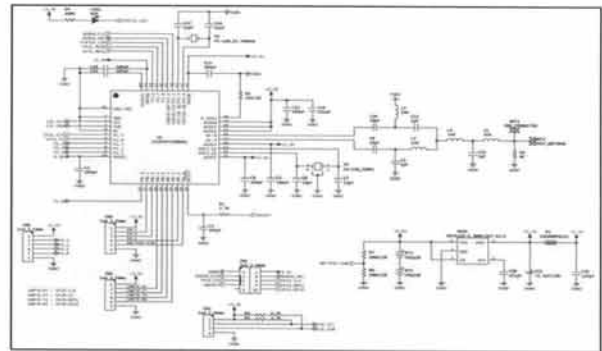


Fig. 2. Bluetooth module circuit.

그림 2는 블루투스 모듈의 회로도이다. 블루투스 모듈의 독립적인 구동을 위해 셀 건전지 이용하여 설계한다. Regulator를 사용하여 3.3 V의 일정한 출력전압이 되도록 하고, 안테나 부분의 노이즈 감소를 위해 Bead를 사용하였다.

2.2.2 Artwork 설계

앞에서 설계한 블루투스 모듈의 회로도를 printed circuit board (PCB)로 제작하기 위해 PADS프로그램을 통해 Artwork을 설계하였다.

Artwork은 Top, Bottom으로 설계하였고, Artwork할 시, 안테나 부분의 노이즈를 줄이기 위해 안테나

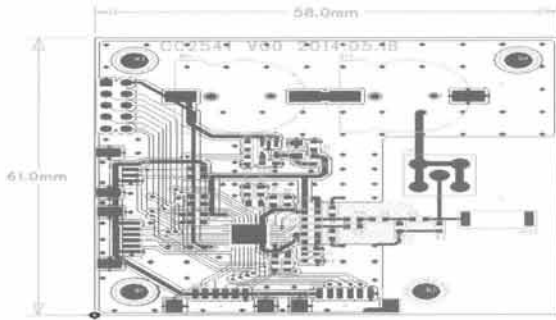


Fig. 3. Artwork design.

가 실장될 일정 부분에 copper를 씌우지 않았으며, 전체적인 크기는 가로 58.0 mm, 세로 61.0 mm의 사이즈로 설계하였다.

2.2.3 구현된 블루투스 모듈

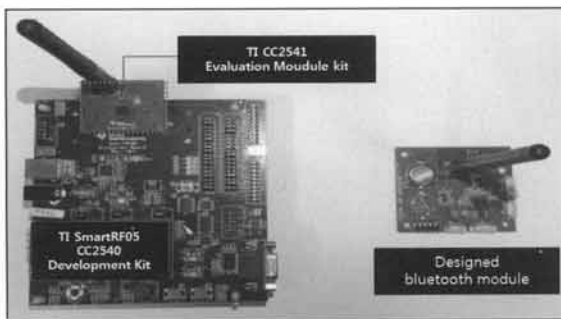


Fig. 4. The implementation of the bluetooth module.

그림 4는 기존의 CC2540 DK와 CC2541 EMK를 소형화하여 제작한 블루투스 모듈의 구현된 모습이 다. 스마트폰의 어플리케이션 제어를 위해 블루투스 무선통신을 위한 안테나를 부착하였고, TI 사의 독립적 구동이 될 수 없었던 단점을 셀 건전지를 사용하여 모듈의 독립적 구동이 될 수 있도록 제작하였다. SMD Type의 PCB 형태라서 최소한의 실장 공간을 사용하여 TI 사의 개발 보드보다 사이즈를 약 1/4로 소형화된 PCB 형태를 볼 수 있다.

2.3 스마트폰 어플리케이션

LED 광원의 디밍제어와 색 온도 조절이 가능한 스



Fig. 5. Smartphone application.

마트폰 어플리케이션을 그림 5와 같이 개발하였다. 블루투스 통신기기를 검색할 수 있는 기능을 갖추어서 제작된 블루투스 모듈에서 나오는 블루투스 통신 신호를 스캔하여 연결할 수 있고, 디밍 및 색 온도 제어를 할 수 있는 스크롤바로 구성되어있고, 스크롤 바는 두 개로 나누어 등기구에 사용된 warm white와 cool white를 각각 디밍 및 색 온도 제어를 할 수 있다. 어플리케이션은 블루투스 기능이 있는 안드로이드 기반의 스마트폰을 사용하였다.

2.4 LED 디밍 시스템 구현

본 논문에서는 앞에서 구성한 시스템 구성도를 토대로 그림 6과 같이 LED 디밍 시스템을 구현하였다.

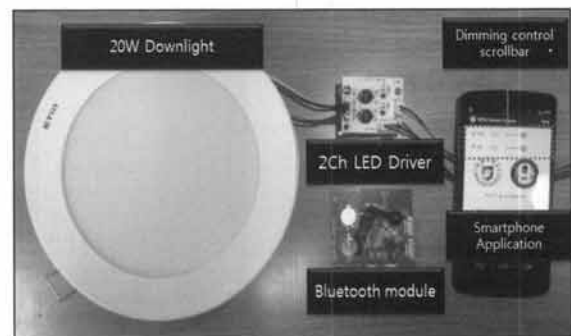


Fig. 6. The LED dimming system prototype.

제작된 블루투스 모듈과 2채널 LED 드라이버, 20 W급 LED 다운라이트를 사용하여 시스템을 설계하였고, 또한 블루투스 무선통신과 스마트폰을 사용하여 사용자가 수동으로 LED 광원을 디밍 및 색 온도 제

어를 할 수 있는 시스템을 구축하였다. 사용된 LED 광원은 cool white와 warm white의 LED 칩이 혼합된 20 W급 다운라이트를 사용하였다. LED Driver는 TI 사의 LM 3402 2채널 LED 드라이버를 사용하여 cool white와 warm white 2가지의 LED 칩을 색 온도 제어할 수 있도록 하였다. 그리고 블루투스 무선 통신이 가능한 스마트폰을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 스마트폰 디밍제어 동작 확인 및 조도 측정

설계한 시작품을 스마트폰의 어플리케이션을 이용하여 디밍 제어를 하고 조도를 측정하였다. 실험 방법은 스마트폰의 디밍 스크롤바를 조절하여 cool white와 warm white를 각각 0~100%까지 20%씩 증가시키면서 밝기조절을 하고, 조도 측정은 아날로그 조도계를 이용하여 LED 광원의 조도를 측정하였다.

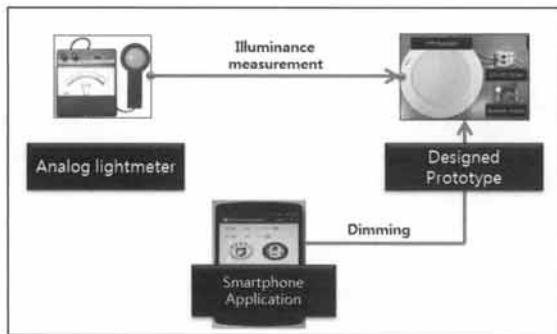


Fig. 7. Experimental methods for measuring illumination.

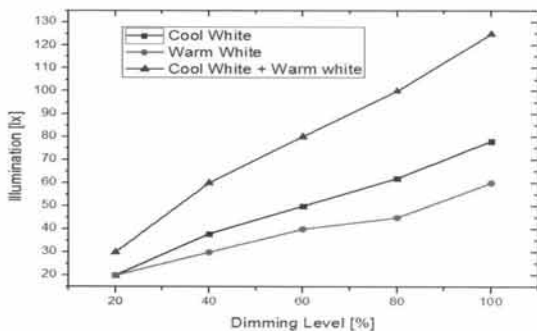


Fig. 8. The illumination measured according to the dimming.

실험 결과 그림 8의 그래프처럼 스마트폰으로 어플리케이션을 이용하여 사용자가 디밍제어가 가능한 것을 확인하였다. Warm white의 조도보다 cool white의 조도가 최대치일 시 약 20 lx정도 높은 것을 확인할 수 있었다. 또한 warm white와 cool white의 색을 혼합하여 조도 측정을 할 경우 최대치 조도가 약 125 lx로 2가지의 색을 섞어 사용할 경우 훨씬 높은 조도값을 보여준다.

3.2 색 온도 측정 및 비교

기존의 TI 사의 CC2540 DK와 CC2541 EMK를 사용한 시작품과 제작된 블루투스 모듈을 사용할 때의 시작품을 실험을 통하여 색 온도를 비교하였다.

실험 방법은 그림 9와 같이 분광방사휘도계인 CS-1000을 가지고 TI 사의 개발보드의 시작품과 제작된 블루투스 모듈의 시작품의 색 온도를 비교하였다. 스마트폰 앱의 스크롤바를 이용하여 cool white와 warm white 2가지 LED chip의 색 온도 변화를 측정하고, 2가지의 색을 혼합하여 변화를 줄 시의 색 온도를 측정하여 비교하였다.

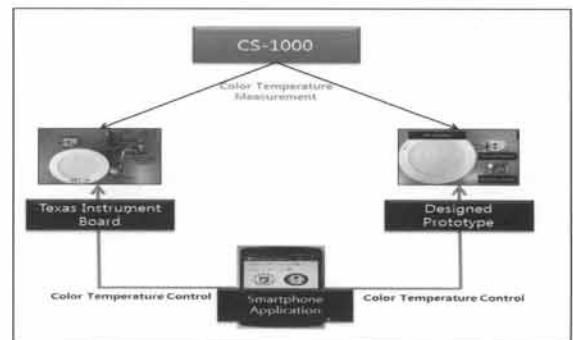


Fig. 9. Test method for measuring the color temperature.

Table 1. The color temperature measurement.

Warm White (%)	100	0	50	50	0
Cool White (%)	0	100	50	0	50
Texas Instrument board	3,187	5,598	4,227	3,193	5,564
Designed Bluetooth module	3,189	5,599	4,244	3,194	5,563

실험 결과 표 1과 같이 TI 사의 개발보드를 이용했을 시의 시작품과 소형화시킨 제어가 가능한 블루투스 통신 모듈을 사용했을 시에 대부분 비슷한 색 온도를 보였다. Warm white LED가 100%의 밝기로 켜트릴 되었을 때 가장 낮은 색 온도인 3,189 K과 cool white LED의 100% 밝기일 때 가장 높은 색 온도인 5,599 K까지 색 온도 변화를 줄 수 있다는 것을 실험을 통해 확인하였고, 결과로부터 제작된 블루투스 모듈이 색 온도 제어가 가능함을 보였다.

4. 결론

본 연구에서는 블루투스 무선통신과 스마트폰을 이용하여 LED 광원의 밝기 조절 및 색 온도 조절을 하였고, 기존의 제어기기 및 통신모듈을 소형화시켜 LED 광원의 디밍 제어가 가능한 블루투스 모듈을 개발하였다. 개발한 블루투스 모듈을 20 W급 warm white와 cool white LED칩이 내장된 LED 다운라이트, 2채널 LED Driver와 인터페이스 하여 시작품을 개발하였다. 실험은 스마트폰 애플리케이션의 스크롤 바를 이용하여 0~100%까지의 조도를 측정하고, cool white와 warm white의 비율에 따른 색 온도를 측정하였다.

실험 결과 제작된 블루투스 모듈을 사용하여 만든 시작품이 스마트폰의 애플리케이션을 통해 디밍 제어가 가능하였다. 조도 측정 결과 cool white가 warm white보다 조도가 높게 측정되었으며, 두 가지의 색을 혼합했을 시, 최대치의 조도값은 약 125 lx로 나타났다. 또한, TI 사의 개발보드의 시작품과 소형화된

블루투스 모듈을 부착한 시작품의 색 온도 측정 비교에서도 큰 차이 없는 것을 확인하였고, 제작된 블루투스 모듈이 디밍 제어 및 색 온도 제어가 가능한 것을 확인하였다.

따라서 본 연구는 블루투스 무선통신과 스마트폰을 이용하여 조명의 밝기 및 색 온도를 조절할 수 있으며, 소비전력이 낮은 LED를 사용하여 에너지 절감효과와 보급화 된 스마트폰을 이용하여 사용자 편의성을 높일 수 있으므로 네트워크 기반 조명 제어 기술 발전에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 한국산업기술평가관리원의 LED시스템조명기술개발사업 [10042947, 멀티센서 기반의 데이터 통신모듈과 드라이버 IC/프로세서 제어 부품 등을 탑재한 200 cc 이하의 LED 시스템조명 엔진모듈 기술개발] 연구 사업의 일환으로 수행하였음.

REFERENCES

- [1] E. S. Song, Mokwon University, p. 5-13 (2013).
- [2] S. J. Kim, *The Korean Institute of Information Technology*, 9, 49 (2011).
- [3] J. W. Han, Hanyang University, p. 1-4 (2012).
- [4] W. H. Choi, Hoseo University, p. 5-9 (2013).
- [5] K. H. Lee, Chonnam National University, p. 2 (2012).
- [6] H. S. Choi, *J. KIEEME*, 25, 130 (2012).
- [7] J. M. Kim, *J. KIEEME*, 22, 475 (2009).