

## Zigbee를 이용한 LED 조명 제어 모듈 구성

장영호<sup>1</sup>, 김환용<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>원광대학교 전자공학과

### Implementation of a LED light control module using Zigbee

Young-Ho Jang and Hwan-Yong kim\*

Dept. of Electronic Engineering, Wonkwang University

**요약** 본 논문은 Zigbee를 이용한 LED 조명 제어 모듈을 구성 하고자 하였다. LED 조명 제어 모듈은 주변 밝기의 변화에 따라 LED 조명의 밝기를 제어하도록 하였으며, 논문에서 구성된 제어 모듈은 8bit 마이크로 컨트롤러를 사용하여 LED 디밍 및 무선 조도 측정이 가능하도록 구성하였다. 제안된 방법을 적용시 소비전력량 3.4~0.4W의 변화로 평균 48%까지 개선될 수 있다. 측정된 주변 조도값을 ADC 변환하여 설정된 PWM 파형으로 출력하게된다. 이렇게 출력된 파형에 따라 LED Driver에서 출력되는 전류값 변화에 따라 LED 조명의 밝기를 제어하게 된다. 또한 근거리 무선통신이 가능한 Zigbee를 이용하여 무선을 이용한 조도 측정값을 전송가능 하도록 구성하였다.

**Abstract** The purpose of this paper was to make a LED light control module using Zigbee. The module was made so that brightness of the LED light changes according to the ambient brightness. A 8-bit microcontroller was used to implement the module to enable LED dimming and wireless light intensity measurement. Using the proposed method, power consumption can be improved by up to 48% on average, with 3.4-0.4W changes in power. The measured ambient light intensity values are converted from analog to digital and outputted as a PWM waveform. According to the output waveform and changes in the current outputted from the LED driver, the brightness of the LED light is controlled. Also, Zigbee with close-range wireless communication capabilities was used to enable wireless transmission of light intensity measurements.

**Key Words** : LED, Zigbee, Dimming, PWM, LED Driver

## 1. 서론

국내 LED 조명산업은 다양한 형태의 LED 소자와 LED의 빠른 성장에 의해서 다양한 분야의 개발과 응용 제품의 상용화가 이루어짐에 따라서 기존 광원 제품을 대체하고 있다.

LED 조명을 제어하기 위한 다양한 LED 컨트롤러가 개발되고 있으며, 이러한 컨트롤러는 다양한 공간의 조명 및 산업, 농업, 의학 등 폭넓은 분야에 걸쳐서 사용되어지고 있다.

LED 조명의 증가율을 보면 현재 국내에서 LED 조명의 비중은 2020년도를 기점으로 60%까지 확대 실시 할

것으로 발표되었으며, 국외에서도 LED를 이용한 다양한 LED 조명 관련 제품이 43%이상 증가하고 있다.[1,2]

본 논문에서는 다양한 LED 조명 제품에 적용 가능하고 안정적인면서 효과적인 디밍(Dimming) 제어를 위한 LED 조명 제어 보드를 구성하여 LED 조명의 밝기를 제어 하였다.

LED 조명을 디밍 제어 하기위한 제어보드는 8bit 마이크로 컨트롤러인 ATmega128을 사용하여 구성 하였으며, LED 조명을 제어하기 위한 LED Driver와 연결하여 1W급 LED를 제어 하도록 하였다.

LED 제어를 위한 신호는 CdS 센서를 통하여 주변의 밝기를 측정하여 마이크로 컨트롤러에서 ADC(Analog to

이 논문은 2012년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨.

\*Corresponding Author : Hwan-Yong Kim

Tel: +82-63-850-6740 email: hykim@wonkwang.ac.kr

접수일 12년 09월 20일

수정일 12년 10월 09일

게재확정일 12년 10월 11일

Digital Converter)를 통하여 변환되며, 변환된 신호는 LED Driver에 PWM(Pulse Width Modulation) 신호로 입력되어 LED의 밝기를 제어하게 된다.

## 2. LED 조명 제어 모듈

현재 형광등을 대체하여 사용되는 LED 조명은 형광등에 비해서 밝은 밝기와 5만시간 이상의 긴수명을 가지고 있으며, 또한 소비전력은 1/7 수준이며, 발열량이 적다.

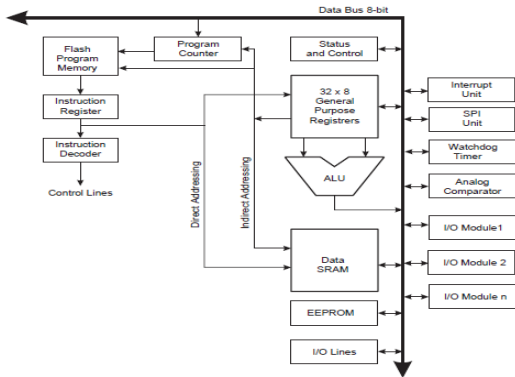
LED 조명 제어보드 구성을 통해 실내 LED 조명에 적용하여 제어 할 수 있는 환경을 구성 및 적용 할 수 있으며, LED 조명의 효율적인 동작과 소비전력을 줄일 수 있다.

본 논문에서는 1W급 파워 LED를 사용하였으며, LED 동작시 발생하는 열을 줄이기 위해 방열판을 부착하여 사용하였다.

사용된 파워 LED의 구동 전압은 2.7~3.7V이며 입력되며 동작 전류는 350mA의 동작 특성을 보여준다.

LED 조명을 디밍 제어를 하기위해 위해 LED 조명 제어 보드에서 사용된 ATmega128은 Atmel사에서 개발된 8bit RISC(Reduced Instruction Set Computer)을 채택하여 사용하고 데이터 저장에 한번에 가능한 하버드구조이며, 메모리로 4Kbyte SRAM을 내장하고 있다.[3]

ATmega128 Core의 블록도는 그림 1와 같이 구성되어 있으며, 반복적 프로그래밍이 가능한 256Kbyte 내부 프로그램 플래쉬 메모리를 포함하고 있다.



[그림 1] ATmega128 Core 블록도  
[Fig. 1] Block Diagram of ATmega128 Core

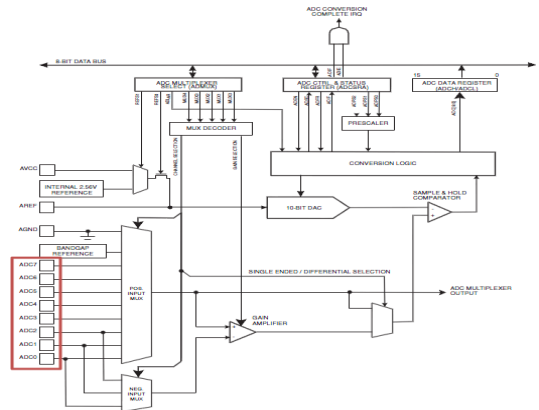
내부 프로그램 메모리는 직렬 인터페이스 방식(Serial Programming Interface : SPI)을 통한 반복적인 프로그래밍이 가능하다.

본 논문에서는 ATmega128에서 CdS로부터 출력되는

전기적인 아날로그 신호를 입력받아 이를 마이크로 컨트롤러에서 제어 가능한 디지털 신호로 변환을 하게 된다. 이러한 기능은 ADC에서 연속적으로 입력되는 아날로그 신호를 디지털의 형태로 변환해 주는 역할을 한다.

아날로그 디지털 컨버터의 블록도는 그림 2과 같으며, 아날로그 디지털 컨버터는 1개의 ADC를 멀티플렉서를 사용하여 마치 8개의 ADC가 있는 것처럼 사용할 수 있도록 지원하고 있으며 샘플/홀드 회로를 내장하고 있어 입력된 신호를 처리하는 동안 전압이 일정하게 유지된다.

ADC값은 그림 2에 표시된 ATmega128의 PORT F를 통하여 입력받을 수 있으며 멀티플렉서에 의해 ADC에 연결된다.



[그림 2] 아날로그 디지털 컨버터 블록도  
[Fig. 2] Block Diagram of Analog to Digital Converter

ADC는 CdS로부터 입력되는 아날로그 신호를 10비트 8채널의 변환기를 통해 10~200배의 증폭률을 가진 2채널의 차동 입력 변환기를 이용하고  $0 \sim V_{ref}$  범위의 입력 전압으로 사용되며, 프리런닝 모드를 사용하여 연속적인 입력에 따른 변환과 결과값을 반복적으로 처리해주는 방식을 사용하여 연속적인 값을 처리하였다.

ADMUX 레지스터는 그림 3에 나타냈으며, 입력된 아날로그 값을 사용하기 위해서는 ADC의 기준 전압 및 레지스터의 데이터에 저장형식을 ADMUX(ADC Multiplexer Selection Register) 레지스터를 사용하여 ADC를 설정을 한다.

ADMUX 레지스터는 비트 7~6의 표시되어 있는 REFS1~0(Reference Selection Bit)를 ADC의 기준전압 소스를 선택하거나 변환결과를 레지스터의 데이터 저장 형식을 지정하는 기능을 수행한다.

|               |       |       |       |      |      |      |      |      |       |
|---------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| Bit           | 7     | 6     | 5     | 4    | 3    | 2    | 1    | 0    |       |
|               | REFS1 | REFS0 | ADLAR | MUX4 | MUX3 | MUX2 | MUX1 | MUX0 | ADMUX |
| Read/Write    | R/W   | R/W   | R/W   | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  |       |
| Initial Value | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |       |

[그림 3] ADMUX 레지스터  
[Fig. 3] ADC Multiplexer Selection Register

ADMUX 레지스터가 시작될 때 설정된 레지스터의 값에 따라서 ADC 변환이 진행되며, 도중에 변경된 값은 변환이 끝난 이후에 적용된다. ADC 기준전압 선택에 대한 설정은 표1과 같다.

[표 1] ADC 기준전압 선택  
[Table 1] Voltage Reference Selections for ADC

| REFS1 | REFS0 | 기준 전압 선택                        |
|-------|-------|---------------------------------|
| 0     | 0     | 외부의 AREF 단자로 입력된 전압을 기준 전압으로 사용 |
| 0     | 1     | 외부의 AVCC 단자로 입력된 전압을 기준 전압으로 사용 |
| 1     | 0     | 보류                              |
| 1     | 1     | 내부의 2.56V를 기준 전압으로 사용           |

ADCSRA 레지스터는 ADC의 동작을 제어하거나 상태를 표시하며, 그림 4와 같으며, 프리 런닝 모드 및 초당 샘플링 횟수를 설정하게 된다.

|               |      |      |      |      |      |       |       |       |        |
|---------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Bit           | 7    | 6    | 5    | 4    | 3    | 2     | 1     | 0     |        |
|               | ADEN | ADSC | ADFR | ADIF | ADIE | ADPS2 | ADPS1 | ADPS0 | ADCSRA |
| Read/Write    | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  | R/W   | R/W   | R/W   |        |
| Initial Value | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |        |

[그림 4] ADCSRA 레지스터  
[Fig. 4] ADCSRA Register

ADC 변환이 완료되면 변환 결과는 ADCH 및 ADCL 레지스터로 저장되면 레지스터의 수정은 ADCL에서 ADCH 레지스터까지 읽혀져야 ADC 데이터 레지스터는 수정되지 않는다. ADC 변환값은 ADC 레지스터에 저장되며 단일 채널에서의 변환 결과는 식(1)과 같다.

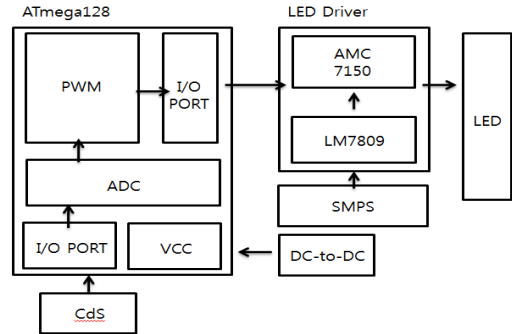
$$ADC = \frac{V_{IN} \times 1024}{V_{REF}} \dots \dots \dots (1)$$

여기서,  $V_{in}$ 은 입력전압이고  $V_{REF}$  기준 전압이다.

본 논문에서 사용된 CdS는 빛의 밝기에 대하여 전기적인 성질로 변환 시켜주는 역할을 하며, CdS는 빛의 밝기에 따라서 저항성분이 선형적으로 증가한다.

ATmega128과 LED Driver 구성은 그림 5와 같다. ATmega128은 CdS로부터 주변 밝기에 따른 변화된 전압

값을 I/O Port를 통하여 아날로그 신호로 ADC에 입력하며, 입력된 신호는 ADC에서 설정된 값에 따라 출력된 PWM 신호는 I/O Port를 통하여 LED Driver로 입력되어 LED 조명을 제어하게 된다.

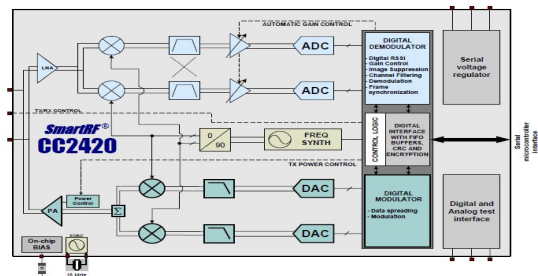


[그림 5] ATmega128과 LED Driver 구성  
[Fig. 5] Configuration between ATmega128 and LED Driver

LED Driver는 ATmega128로부터 입력된 PWM 신호에 의해 일정한 신호의 입력 펄스폭을 비교기에서 조절하여 출력 소자의 ON-OFF를 제어하는 내부 구조를 가지고 있다. 또한 SMPS 출력 전압은 레귤레이터를 통하여 LED Driver 전원으로 입력되어 PWM 신호에 의한 LED 조명 전원으로 인가된다.

주변 밝기에 따른 데이터 값은 ATmega128에서 Zigbee를 이용하여 컴퓨터로 전송되게 된다. Zigbee는 최근 근거리 무선 환경을 구성하기 위해 이용이 증가하고 있는 추세이다. Zigbee는 IEEE802.15.4의 MAC(Media Access Control) 계층상에 구현된 프로토콜로서 전송속도는 40~250kbps로 저속이나 블루투스 크기의 10분의1 수준으로 구조가 간단하다.

Zigbee를 지원하는 RF칩 CC2420을 사용함으로써 Zigbee무선 환경을 구성 할 수 있다. 그림 6은 CC2420 내부 구조 이다.



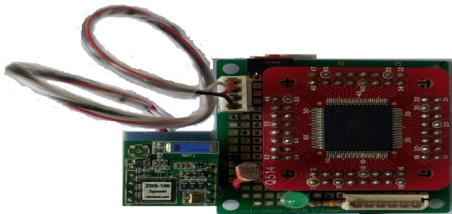
[그림 6] CC2420 내부 구조  
[Fig. 6] CC2420 Internal Structure

RF칩 CC2420은 내부에서 수신단은 Low-IF 아키텍처를 기반으로 한다. 안테나에서 수신된 RF신호는 저잡음 증폭기로 증폭되고, 2Mhz IF(Intermediate Frequency)에 직교방향으로 다운컨버트 된다. IF시그널은 필터링 되고 증폭된 후 2개의 ADC(Analog to Digital Converter)에 의해 디지털화 되며, 자동이득제어 및 미세 채널 필터링과 디모듈레이션은 디지털 영역에서 수행된다. 전송 모드에서도 모듈레이션 및 대역확산은 디지털화 되어 수행된다.[4,5]

RF 입력 및 출력포트는 자동화되어 2개의 공용핀을 공유하지만 스위칭을 내부적으로 처리하여 외부 스위치가 필요없다. 또한 RF신호는 내부 전력 증폭기로 프로그래밍에 의해 조절할 수 있다.

Zigbee 무선 환경은 무선 LAN으로 구성된 환경보다 전력 소모량이 매우 적어 다양한 환경에 적용이 가능하다.

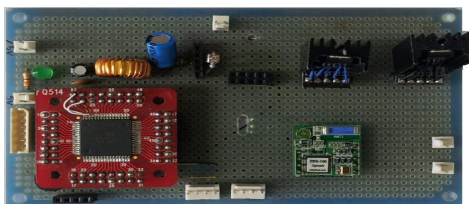
Zigbee를 이용하여 구성된 조도 측정 모듈은 그림 7과 같다. 조도 측정 모듈은 LED 조명 환경에서 측정된 조도 값을 근거리 무선 통신인 Zigbee를 이용하여 LED 조명 제어모듈로 전송하게된다.



[그림 7] Zigbee를 이용한 조도 측정 모듈  
[Fig. 7] Illumination Measurement Module using Zigbee

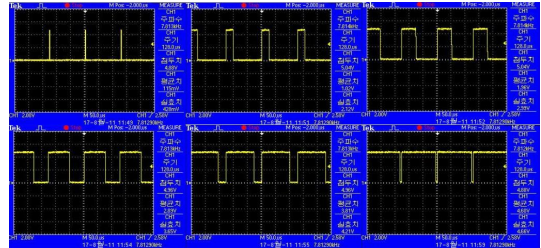
### 3. 모의실험 및 분석

본 논문은 그림 8과 같이 LED 조명 제어보드를 구성하였다. 모의실험은 ATmega128 보드에 장착된 CdS를 이용하여 측정된 빛의 밝기에 따라서 PWM 신호를 출력하여 LED Driver IC로 입력시키고 LED 조명의 디밍에 따른 전압을 측정하는 실험을 진행 하였다.



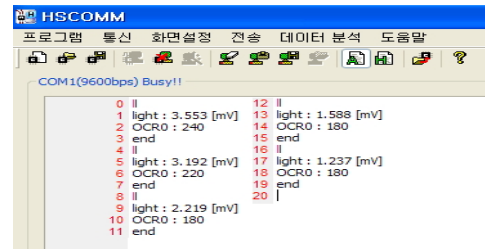
[그림 8] LED 조명 제어모듈 구성  
[Fig. 8] LED Lighting Control Module Configuration

ATmega128에 의해 측정된 PWM 신호는 그림 9과 같다. ATmega128은 설정된 PWM 파형을 CdS에서 측정된 빛의 세기에 따라 출력하도록 설정하였다.



[그림 9] 측정된 PWM 신호  
[Fig. 9] Be Measured PWM signal

CdS로부터 입력 받은 값을 ADC를 이용하여 변환하여 Zigbee 모듈을 통하여 입력받은 데이터 값은 다음 그림 10과 같다.

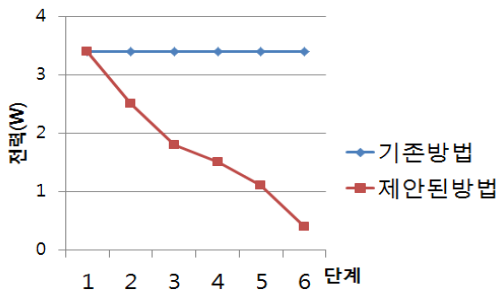


[그림 10] Zigbee 통신을 이용한 데이터 전송  
[Fig. 10] Data transmission using the Zigbee communication

측정된 주변 밝기에 따라서 설정된 PWM 신호를 LED Driver IC에 입력하였다. LED 조명은 LED Driver에서 입력되는 PWM 파형에 따른 밝기의 변화를 확인 할 수 있으며, LED 조명에 입력되는 전압과 전류의 변화를 확인 할 수 있다. 또한 측정된 조도값 23~217[lx] 사이일 때 주변 밝기에 따른 측정된 전압, 전류, 전력은 표 2와 같다.

[표 2] 기존 방법 및 제안된 방법의 비교 데이터  
[Table 2] Comparison data of existing methods and the proposed method

| 단계 | 기존 방법  |         |        | 제안된 방법 |         |        |
|----|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
|    | 전압     | 전류      | 전력     | 전압     | 전류      | 전력     |
| 1  | 9.4[V] | 0.36[A] | 3.4[W] | 9.4[V] | 0.36[A] | 3.4[W] |
| 2  | 9.4[V] | 0.36[A] | 3.4[W] | 9.2[V] | 0.27[A] | 2.5[W] |
| 3  | 9.4[V] | 0.36[A] | 3.4[W] | 9[V]   | 0.2[A]  | 1.8[W] |
| 4  | 9.4[V] | 0.36[A] | 3.4[W] | 8.8[V] | 0.17[A] | 1.5[W] |
| 5  | 9.4[V] | 0.36[A] | 3.4[W] | 8.6[V] | 0.12[A] | 1.1[W] |
| 6  | 9.4[V] | 0.36[A] | 3.4[W] | 8.2[V] | 0.05[A] | 0.4[W] |



[그림 11] 기존 방법 및 제안된 방법의 비교 그래프  
 [Fig. 11] Comparison graph of existing methods and the proposed method

본 논문에서 제안된 LED 조명 제어보드는 능동적인 주변 조도 측정을 통한 LED 조명의 디밍 제어가 가능하다. 디밍 제어를 사용함에 따라 LED 조명의 밝기를 6단계로 비교 분석 하였으며, LED 조명을 적용하는 환경에 맞는 광원을 유지시켜준다.

#### 4. 결론

본 논문에서 구성한 LED 조명 제어보드는 Zigbee 통신을 LED 조명에 적용함으로써 무선 데이터 전송과 능동적 LED 조명 밝기 제어가 가능하도록 구성 하였다.

본 논문에서 제안된 방법을 적용하여 LED 조명을 제어하면 주변의 밝기에 따라 동작을 하게 되며, 밝기의 단계는 6단계로 설정하였으며 동작시 각각 소비 전력량은 3.4~0.4W의 변화로 기존 방법과 비교시 평균 48%까지 개선될 수 있다.

이렇게 변화된 소비전력은 측정된 주변 밝기에 따라 변화되며, 또한 측정된 조도값 23~217[lx]일 때 변화되는 전압에 따라 LED 조명 제어보드로 조도값을 무선으로 전송하게 된다.

논문에서 구성된 LED 조명 제어보드는 다양한 조명에 적용할 경우 안정적인 디밍 제어가 이루어지며, 적용 방법에 따른 소비전력의 감소 및 근거리 무선통신이 가능한 Zigbee를 적용함으로써 효율적인 조명제어가 가능할 것으로 사료된다.

#### References

[1] Gyu-seok Hwang, Bo-an Gang, Bo-seung Hwang, Jin-tae Kim "Medical / environment for LED technology trends",

Information and Communication Commercial Association of Weekly Technology Trends Vol.1457, 2010.

[2] Yueh-Ru Yang, "Implementation of a colorful RGB-LED light source with an 8-bit microcontroller," 5<sup>th</sup> IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, pp.1951-1956, 2010.  
 [3] Atme Inc, "http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\_documents/doc2467.pdf", 2009.  
 [4] Texas Instrument Inc, "http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2420.pdf" 15p Chipcon. 2007.  
 [5] Xiangsheng Kong, Dong Li "A design for wireless access control system based on ZigBee" consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on, pp.24-27, 2012.

장영호(Young-Ho Jang)

[준회원]



• 2011년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (석사과정)

<관심분야>  
 임베디드시스템, Zigbee통신

김환용(Hwan-Yong Kim)

[정회원]



• 1978년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 • 1984년 8월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)  
 • 1979년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 전자공학과 교수

<관심분야>  
 임베디드 시스템, SoC설계, 신호처리