

밝기 제어가 가능한 IoT기반 LVDC LED조명 시스템

Brightness Controllable LVDC LED Lightings Based on IoT

이 연 석* · 박 건 필* · 최 상 의*
(Yoen-Seok Lee · Gun-Pil Park · Sang-Ui Choi)

Abstract : That's the reason why LED lighting has to employ AC power inlet. However, LED is a kind of diode, semiconductor, it's driven by DC power. With this reason all of LED lighting should have AC/DC converter in its systems. This converter causes energy loss, it's the target for lessening the energy loss. To reduce this energy loss, DC power distribution structure can be used. LED lighting system using LVDC is a kind of DC power distribution structure, but LVDC has severe voltage drop which makes non-uniform brightness in lighting system. In this paper, we suggest a novel structure for the uniform brightness in LVDC LED lighting system using IoT based network system. The constructed test-bed system of suggested structure shows this structure can control the brightness with uniformity.

Key Words : - LED, IoT, DCPLC, LVDC, Wire resistance

1. 서 론

LED(Lighting Emitting Diode)조명은 높은 에너지 효율과 환경유해 물질을 포함하지 않은 친환경 기기이며, 반도체 소자로 직류 전원을 이용한다. 그러나 현재 모든 건물의 전원은 AC배전을 하고 있다. 백열전구, 형광등 조명을 사용하는 환경에 LED 조명을 적용하여야 하므로 LED조명은 내부에 AC/DC 전력변환장치를 내장하고 있다. AC/DC 전력변환장치를 모든 LED조명에 사용하므로 각각의 LED조명에서 전력변환에 따르는 전력손실이 발생하게 된다. 이러한 전력손실을 줄이기 위하여 DC전원을 건물에 직접 공급하는 DC배전 관련 기술들이 연구되어지고 있다[1-3]. DC배전은 HVDC(High Voltage DC)과 LVDC(Low Voltage DC)로 구분되어 진다. LED조명 구동을 위해서 LVDC를 이용한다. LVDC배전을 통하여 LED조명에 공급하게 되면 LED조명은 AD/DC 전력변환장치를 내장하지 않게 되므로 전력손실을 줄일 수 있고, 구조를 간소화할 수 있게 된다. 그러나 DC배전은 전선 도체저항으로 거리에 따라서 전압강하가 발생하게 되며, 전압강하로 인하여 LED조명의 밝기가 불균일하게 되는 문제가 있다.

LVDC배전으로 발생하는 전선도체저항의 영향을 개선하기 위한 방법으로 각 LED조명의 입력 전압에 대한 정보, 밝기에 대한 정보를 확인하여, 동일 배전에 연결된 LED조명의 밝기를 제어하는 방법이 있다. 각 조명의 정보를 확인하고, 확인된 정보를 이용

하여 제어하기 위해서는 조명의 정보를 전달할 수 있는 장치가 필요하게 된다. 이러한 정보 전달 방법으로 각 LED조명을 IoT(Internet of Things)는 장비로 구성하여 조명 시스템을 설계할 수 있다. IoT는 유무선 통신을 통하여 전기기기를 연결하고, 사용자의 조작이 없이도 공유되는 정보를 통하여 제어가 가능한 상태의 IT기기들로 정의되어진다[4]. IoT는 사람과 사물, 사물과 사물들이 연결되며 이를 통하여 헬스, 스마트 홈, 안전 등 새로운 서비스를 제공할 수 있다[5]. 조명 제어에 있어서 IoT는 스마트 홈의 요소로 많은 연구가 진행되어 지고 있다[6]. 일부 조명의 경우 스마트폰과 연동이 가능한 LED조명 제품들이 사용되고 있다. 이러한 네트워크를 통한 사물간의 능동적 DATA 교환과 전기기기의 제어에 활용할 수 있도록 시스템을 구성할 수 있다.

본 논문에서는 DCPLC (DC Power Line Communication)를 네트워크로 구성하였으며, 이는 LVDC배전 시스템에 통신을 위한 설비를 추가적으로 구성하지 않아도 가능한 구조이다. DCPLC 네트워크로 구성된 LED조명 시스템은 각 LED조명에 입력되어지는 전압의 크기를 측정하고, 측정된 DATA를 공유한다. 공유된 DATA를 이용하여 LED조명의 밝기 제어에 이용할 수 있도록 시스템을 구성하였다. LED조명 시스템에서 LVDC 단선 배선 및 장점에 대하여 설명하고 IoT 기반 밝기 제어 실험결과를 고찰한다.

2. LED조명 시스템

LED조명은 LED의 어레이로 구성되어 있다. LED조명에 DC전원을 공급하기 위하여 AC/DC 전력변환장치를 각각의 모든 LED조명에 내장하고 있다[7]. 그림 1은 이러한 LED조명기구에 적용되는 일반적인 구조를 나타내고 있다. 이러한 LED조명기구들을 사용하기 위한 전력공급체계는 그림 2에서와 같이 AC배전 구조를 가지게 되며, 각각의 LED조명은 AC/DC 전력변환장치 회로를

* Corresponding Author : School of IT, Information and Control Engineering Kunsan National University, Korea

E-mail : tkddml30@naver.com

* School of IT, Information and Control Engineering Kunsan National University, Korea

Received : November 2, 2015; Accepted : December 30, 2015

내장한다. AC/DC 전력변환장치는 변환 회로 동작을 위한 전력소비가 이루어진다. 따라서 다수의 LED조명을 사용하게 되면 전력 변화에 사용되는 전력소비가 증가하게 된다. 이처럼 누적되는 소비전력을 줄이기 위하여 LED조명 각각에 AC/DC 전력변환장치를 내장하지 않고 건물 배전반의 위치에 AC/DC 전력변환장치를 설치하여 직류전력을 각 조명기구에 직접 공급한다. 이와 같이 각 조명기구에 LVDC전원을 공급하여 누적 소비전력을 줄일 수 있다

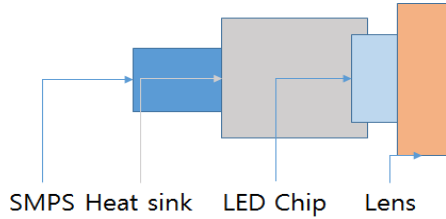


그림 1 LED조명 구조
Fig 1 LED Lighting Structure

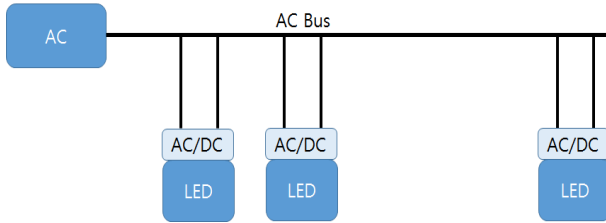


그림 2 AC LED조명 배선 구조
Fig 2 AC LED Lighting Wiring Structure

LED조명의 경우 AC전원 배전체계보다는 이러한 직류전원 배전체계가 효율이 22.95% 정도 높게 나타난다[8, 9].

2.1 LVDC배전

그림 3은 LVDC배전 시스템의 블록도이다. LVDC배전 시스템은 AC/DC 전력변환 후 각 LED조명에 전력을 공급하는 구조이다. LVDC배전 LED조명은 조명 내부에 AC/DC 전력변환장치를 가지고 있지 않으므로 구조적으로 간단하며 전력변환에 의한 발열의 영향도 줄일 수 있게 된다[10-12]. AC/DC 전력변환장치를 내장한 LED조명의 경우 전해콘덴서의 수명이 LED조명의 수명과 같다. 따라서 LED 자체의 반영구적 수명 특성을 이용할 수 없게 된다. 그러나 LVDC배전 시스템에서의 LED조명은, AC/DC 전력

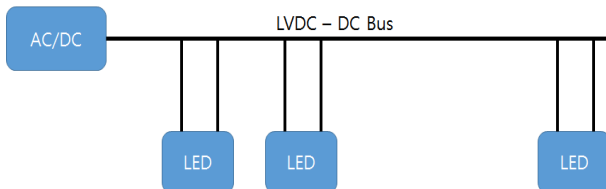


그림 3 DC 단선 배선 구조
Fig 3 DC Bus Wiring Structure

변환장치를 내장하지 않으므로, 전해콘덴서에 의한 수명 단축은 발생하지 않는다.

2.2 LVDC배전의 문제점

LVDC DC배전은 단일전원으로부터 각 LED에 DC전원을 공급하는 방식으로 설치 및 관리에 있어 매우 효과적인 방식이다. 그러나 조명 설치에 있어 거리에 따른 전선도체저항이 발생하며 이는 LED조명의 밝기 차이가 발생하게 된다. 전선도체저항은 표준연동선의 경우 20℃, 단면적 1mm², 길이 1m에 대하여 0.01724Ω을 가진다. 전선도체저항(Ω)은 전선의 단면적에 반비례하고, 전선 길이에 비례한다.

$$R = \rho \frac{l}{A} (\Omega) \quad (1)$$

(R:전선 저항, ρ:고유저항, l:전선길이, A:전선단면적)

전선도체저항의 측정은 4선 저항측정 방법을 이용하여 측정을 한다. 전선도체저항으로 인한 전압강하는 다음과 같다.

$$V(\text{전압강하}) = I(\text{부하전류}) \times R(\text{전선도체저항}) \quad (2)$$

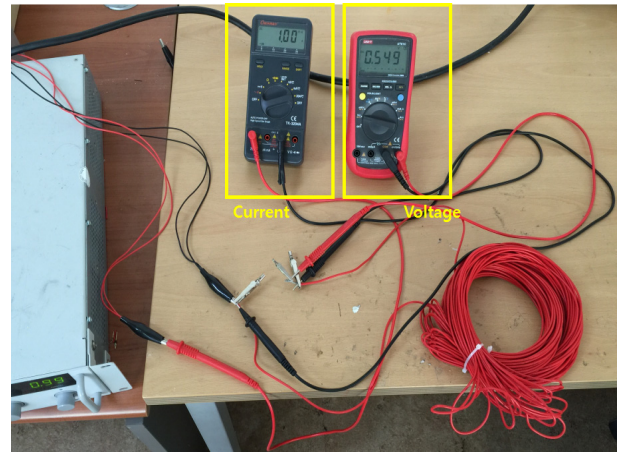


그림 4 4선식 저항 측정
Fig 4 4 Terminal Measurement

실험에 사용된 전선은 AWG#22(American Wire Gauge)를 사용하였고, 길이를 9M, 45M, 90M로 설정하였다. 48VDC 11.4Watt LED조명을 사용할 경우, 전류는 0.237A이다. 사용된 90M 전선의 저항은 1.235Ω이며 이때 전선에 의한 전압강하는 다음과 같다.

$$V_{Drop} = 0.237A \times 1.235\Omega = 0.2933V \quad (3)$$

DC배전에 사용한 LED조명 시스템은 SMD5050 규격을 사용하였다. 표 1을 통하여 SMD5050 전기적 특성을 확인 할 수 있다. I_f=120mA, V_f=2.8V이며 LED조명 입력 전압은 48VDC이다. 실험

에 사용된 LED조명 모듈의 입력 전압이 52V에서 최대 $V_f=2.9V$ 이며, 이때의 $I_f=150mA$ 이다. LED조명은 그림 5와 같이 LED를 이용한 모듈 형태로 구성된다. LED조명 모듈의 최저 공급 전압은 48VDC이다. DC배전으로 설비를 할 경우에 최종단의 조명의 입력 전압이 48VDC가 되어야 하며, 공급 전압은 이보다 높게 공급이 되어야 한다. 최대 공급 가능 전압은 52VDC로 가장 먼거리 LED조명의 전압강하의 차이는 4VDC이다. 이는 11.4Watt 조명을 기준으로 하였을 때 최대 설치 가능 길이는 다음과 같다.



그림 5 LED조명용 모듈
Fig 5 LED Lighting Module

표 1 SMD5050 Absolute Maximum Ratings
Table 1 SMD5050 Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Power Dissipation	P_d	540	mW
Continuous Forward Current	I_f	150	mA
Peak Forward Current #1	I_{fp}	300	mA
Operating Temperature	T_{opr}	-30 ~ 85	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-40 ~ 100	°C
Soldering Temperature	T_{sol}	260 (5sec)	°C

입력 전압 Min - Max의 차이가 $4V_{Drop}$ 이며 이때의 전선도체 저항은 $x\Omega$ 이 된다.

$$4V_{Drop} = 0.237A \times x\Omega \quad (4)$$

$$x\Omega = \frac{4V_D}{0.237A} = 16.87\Omega$$

$x\Omega$ 기준으로 최대 설치 가능 전선의 길이는 다음과 같다.

$$90m: 1.235\Omega = dm: 16.87\Omega \quad (5)$$

$$dm = \frac{16.87 \times 90}{1.235} = 1229m$$

3. IoT기반 밝기 균일 실험

3.1 실험을 위한 시스템 구성

2장에서 확인한 것과 같이 LVDC배전 LED조명 시스템은 전선 길이가 길어짐에 따라서 전압강하가 발생하고 전압강하로 인한 LED의 밝기가 어두워지는 현상이 발생한다. 이에 대하여 MVLC (Main voltage level convertor)와 SVLC(Sub voltage level convertor)를 DCPLC 통신방식을 이용하여 유선 네트워크를 구성한다. SVLC는 LED조명의 제어 회로이다. MVLC는 SVLC에 입력

전압을 측정된 결과DATA를 요청한다. SVLC는 MVLC로부터 DATA 송신요청을 받은 후 전압을 측정하여 측정된 전압DATA를 송신한다. MVLC는 LED조명 시스템의 DATA를 수집하고, 수집된 DATA를 최대값과 최소값으로 정렬한다. 정렬된 DATA를 LED조명 시스템으로 전송한다. MVLC로부터 수신된 DATA를 기준으로 LED조명의 밝기를 제어하기 위한 PWM 값을 생성한다. 생성된 PWM 값을 이용하여 LED 구동장치를 제어하게 된다. 전체 구성 시스템은 그림 6과 같다. 그림에서 보면, 전원을 공급하기 위하여 AC/DC 전력변환장치를 구현하기 위한 직류전원공급기를 이용하였으며, 전체 전선의 길이는 90M이다. 또한, 전압을 확인하기 위하여서는 오실로스코프를 시스템에 연결하여 확인한다. LED조명 모듈의 밝기를 측정을 위하여서는 조도 측정기를 이용하였다. 넓은 공간에서의 밝기 측정을 위하여 조도 측정 프로브를 40Ø 원통을 이용하여 동일한 크기의 공간의 밝기를 측정하였다. 각 LED조명 모듈은 SVLC에 연결되었으며, MVLC는 직류전원공급기의 출력 부분에 연결되어 있다.

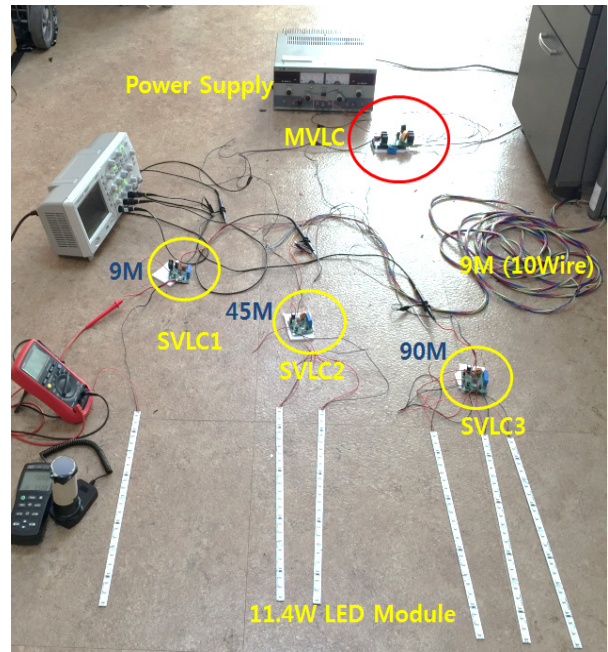


그림 6 전체 시스템
Fig 6 Test Lighting System

구성된 LED 모듈의 입력 전압 변동, LED의 구동 전압 변동, 밝기의 변화를 측정하여 표 2와 같이 얻을 수 있었다. 각 LED의 최대 입력 전압인 2.9VDC 전압을 얻기 위하여 AC/DC 전력변환 장치의 출력 전압을 52VDC로 설정하여야 한다. LED조명 모듈의 기준 입력 전압은 48VDC이며, 이때의 각 LED의 입력 전압은 2.86VDC임을 알 수 있다.

MVLC와 SVLC의 DATA 전송은 DCPLC 통신을 이용하여 전송하게 된다. LVDC배전 시스템에 별도의 통신 Line 없이 DCPLC 통신을 구성한다. 통신 속도는 9600bps로 설정하였다 [13-16]. 그림 7은 제안한 IoT 시스템 블록선도이다.

표 2 LED Cell 입력 전압 변동에 대한 밝기 변화

Table 2 LED Cell Brightness change of the input voltage variation

입력전압	LED cell 전압	밝기 측정	비고
52VDC	2.90VDC	15,640lx	계측기의 측정 범의로 인하여 LED Cell 2개의 밝기를 측정
50VDC	2.88VDC	14,350lx	
48VDC	2.86VDC	12,890lx	

MVLC는 아두이노메가(arduino mega)를 이용하여 구성하였으며, SVLC는 별도의 원칩 마이크로프로세서인 Atmega8L을 이용하여 구성하였다. SVLC는 입력된 전압은 저항을 이용한 전압 분배를 통하여 마이크로프로세서에서 측정이 가능한 전압범위인 5V이내의 전압으로 변환한다. 이와 같이 변환된 전압은 ADC (analog - digital convertor)를 통하여 마이크로프로세서에 디지털 값으로 입력된다[13].

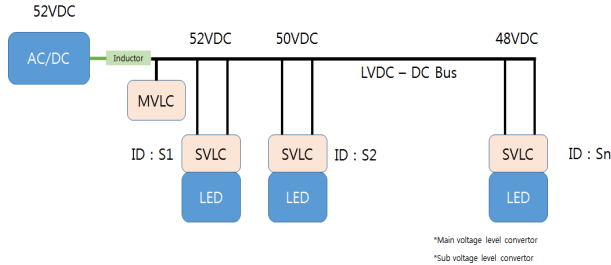


그림 7 IoT 시스템 블록선도

Fig 7 IoT System Block Diagram

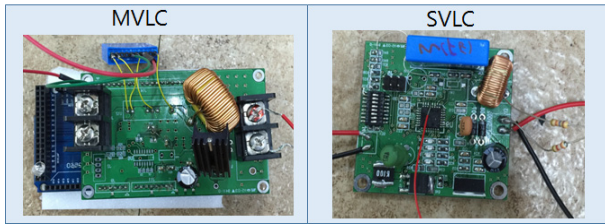


그림 8 MVLC / SVLC PCB

Fig 8 MVLC/ SVLC PCB

LED조명 모듈의 구동장치는 FDD5680 FET(Field Effect Transistor)로 구성된다. FDD5680은 낮은 게이트 전압과 높은 드레인 전류의 특성을 가지고 있다. 또한 낮은 R_{DSon} 특성으로 인하여 전력손실을 무시할 수 있다. 또한 고속 스위칭 특징으로 높은 주파수의 펄스폭변조제어가 가능하다.

그림 8은 MVLC와 SVLC의 PCB 구성을 나타내고 있으며 그림 9에서 SVLC의 회로를 도시하고 있다.

그림 10에서는 IoT 시스템의 DATA 초기화 과정을 설명하고 있다. 시스템 초기화 과정은 다음과 같다. SVLC는 입력 전압을 ADC 변환하여 Digital 값을 변수에 저장한다. 이후 MVLC에서 각 SVLC ID를 통하여 ADC 변환 값에 대하여 전송 명령을 보낸

다. ID를 인식한 SVLC는 해당 ID와 ADC DATA를 MVLC로 송신한다. MVLC는 SVLC의 마지막 ID를 인식할 때까지 동일한 DATA 통신을 반복한다. 최종 DATA의 수신이 마무리되면 최대-최소 DATA로 정렬한다. MVLC는 정렬된 최소값을 모든 SVLC에 전송한다. SVLC는 수신된 DATA를 해당 SVLC의 ADC DATA와 비교하여 펄스폭변조에 필요한 비율을 계산하게 된다. 계산된 비율을 이용하여 LED조명의 밝기를 제어한다.

그림 11은 제안한 IoT 전체 시스템의 신호흐름도를 나타내고 있다. IoT 프로그램 구성 중 최종 SVLC를 자동으로 찾기 위한 방법은 다음과 같이 구현한다. MVLC에서 SVLC에 ID를 요청하고 응답이 2회 이상 없을 경우, ID=ID+1의 값을 이용하여 DATA를 요청한다. 이때에 2회 이상 응답이 없을 경우에는 최종 응답이 받은 ID의 LED조명을 마지막 ID로 판단하고 SVLC에

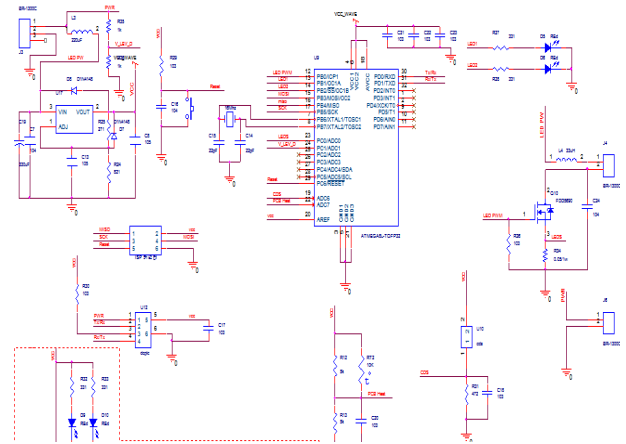


그림 9 SVLC 회로도

Fig 9 SVLC Schematic

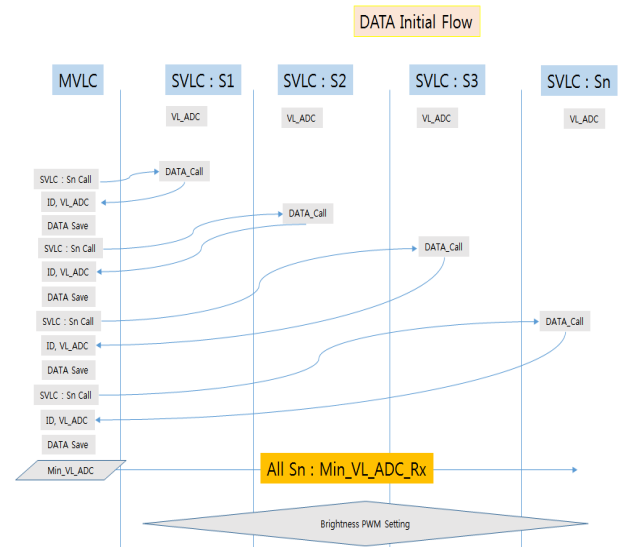


그림 10 데이터 흐름

Fig 10 DATA Flow

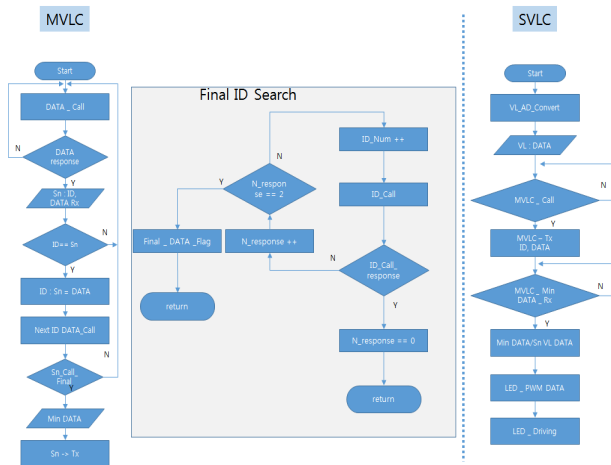


그림 11 신호흐름도
Fig 11 Flow-Chart

DATA 요청을 중지한다. DATA 요청을 중지한 후 DATA를 정렬하게 된다. 정렬된 DATA 중 최저값을 SVLC에 송신한다.

SVLC에서 펄스폭변조의 펄스폭을 결정하는 방법은 현재 SVLC의 ADC 값과 MVLC로부터 전송받은 최소 ADC 값의 비율을 계산하고 얻어진 결과를 펄스폭변조의 제어펄스폭으로 설정한다. SVLC의 펄스폭변조신호의 주기는 160Hz이며, 최대 제어가능 펄스폭은 0.2msec이다[14-17].

3.2 LED조명 밝기 균일 실험 및 결과

그림 12는 구성된 시스템에서 각 전선의 길이가 다른 경우에 LED조명을 켜고 꺼질 때의 각 LED조명에 나타나는 입력전압을 보여주고 있다. 각 LED조명이 사용되지 않았을 경우에는 9M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압의 크기가 54.2V, 45M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압의 크기가 54.0V, 그리고 90M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압의 크기가 54.4V로 측정오차의 범위 내에서 직류전력공급기의 전압이 각 LED조명의 전선길이와 관계없이 거의 일정하게 나타나게 된다. 이는 사용전력이 없으므로 전선에 흐르는 전류도 거의 없으며, 이에 따라 전선에서 소비되는 전력도 없으며, 전선의 길이에 따른 전압강하 현상이 없다는 것을 의미한다.

그러나 각 LED조명이 사용되고 있을 경우의 각 LED조명에 나타나는 전압은 다르게 된다.

$$D_{uty}(\%) = \frac{\min ADC}{C_{rrent_SVLC_ADC}} \quad (6)$$

그림에서 보면, 모든 LED조명이 사용되고 있을 경우에는 9M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압의 크기가 52.3V, 45M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압의 크기가 50.5V, 그리고 90M의 전선길이를 지

니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압의 크기가 48.0V로 나타나고 있다. 즉, 직류전원공급기에서는 54V의 직류전압을 공급하고 있지만, 직류전원공급기에서 상당한 거리에 있어 90M 정도의 전선을 사용하는 LED조명에 나타나는 입력전압은 48V로 전선에 의한 전압강하가 발생하였다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 9M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압의 크기가 52.3V로 가장 먼 거리에 있는 90M의 전선길이를 지니는 LED조명장치에 공급되는 전압보다 4.3V 높은 전압이 공급되어, 표 2에서와 같이 두 조명기구 사이에 밝기가 달라지는 것을 확인할 수 있었다.

입력전압은 마이크로프로세서가 측정할 수 있는 전압범위인 5V를 맞추기 위하여 저항을 이용한 전압 분배 회로를 통하여 측정한다. 이를 위하여 여기에서 사용된 저항값은 $R_1: 4.7K\Omega, R_2: 47K\Omega$ 이다.

$$V_{SVLC} = \frac{4.7}{51.7} \times V_{input} \quad (7)$$

* V_{SVLC} 는 MCU AD 변환 입력 전압

마이크로프로세서에서는 식(7)로 주어지는 V_{SVLC} 의 전압 값을 디지털 값으로 변환하여 입력전압 DATA로 저장한다. 여기에서 9M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에서 측정되는 입력전압 값을 V_{SVLC1} , 45M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압 값을 V_{SVLC2} , 그리고 90M의 전선길이를 지니는 LED조명의 SVLC에 나타나는 입력전압 값을 V_{SVLC3} 라 하면, 가장 원거리에 위치한 조명의 전압인 V_{SVLC3} 의 값이 가장 적게 나타난다. 그리고 상대적으로 V_{SVLC2} 가 V_{SVLC3} 보다 크며, V_{SVLC1} 이 V_{SVLC2} 보다 더 크게 나타난다.

이와 같이 측정된 V_{SVLC1} 과 V_{SVLC2} , 그리고 V_{SVLC3} 의 값들로부터 각 LED조명의 밝기를 제어하는 펄스폭변조 제어의 펄스폭을 결정하게 된다. 이러한 값들을 이용하여 모든 LED조명의 밝기를 균일하게 제어할 수 있다. 이때의 각각의 LED조명에 사용되는 제어펄스폭의 크기는 다음의 식 (8)과 같이 계산할 수 있다.



그림 12 거리에 따른 LED조명의 부하/ 무부하 상태 입력 전압
Fig 12 Depending on the distance Load/No Load Input Voltage

$$D_{uty}^{9m} = \frac{V_{SVLC3}}{V_{SVLC1}}, \quad D_{uty}^{45m} = \frac{V_{SVLC3}}{V_{SVLC2}} \quad (8)$$

다수의 조명장치가 사용되는 경우에는 식(8)과 같은 방법으로 각 LED조명장치에 있는 마이크로프로세서에 제어펄스의 폭을 계산할 수 있다. 따라서 거리에 따라 달라지는 전선의 저항에 의한 전압강하로 각 조명장치들에 공급되는 전압이 다르다 할지라도, 이와 같은 방법으로 제어펄스의 폭을 결정하여 실제 각 조명장치에서 사용하는 전압을 같게 만들 수 있게 된다. 이와 같이 실제로 각 조명장치에서 사용하는 전압이 같게 되어 모든 조명의 밝기를 일정하게 유지할 수 있는 것이다.

구성된 시스템에서의 결과는 그림 13에서 보여주고 있다. 그림 13에서는 직류전원공급기로부터 가장 먼 90M의 전선길이를 지나는 LED조명에 비하여 근 거리에 위치한 9M의 전선길이를 지나는 LED조명과 45M의 전선길이를 지나는 LED조명의 펄스폭변조 제어신호를 보여주고 있다. 그림에서는 직류전원공급기로부터 9M의 전선길이를 지나는 LED조명의 제어펄스의 폭은 84.6%로 계산되었으며, 45M의 전선길이를 지나는 LED조명의 제어펄스 폭은 90.4%로 제어되고 있는 것을 알 수 있다.

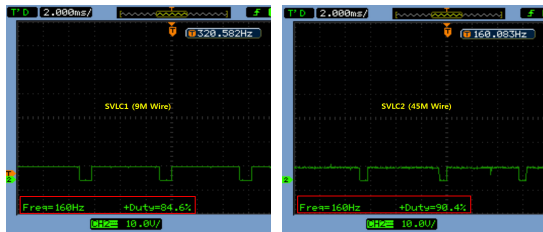


그림 13 밝기 보정 제어 파형
Fig 13 Brightness correction control waveform

그림 14에서는 밝기를 제어하지 않은 상태에서, 거리에 따른 LED조명의 밝기 차이를 측정할 것이다. LED조명들 사이의 최대 밝기 차이는 3,200Lux로 나타나고 있다.



그림 14 밝기 보정 전 Lux 측정 결과
Fig 14 Before Brightness correction Lux Measurement Result

이에 비하여 그림 15에서는 식(8)과 같은 방법으로 펄스폭제어를 사용하여 각 조명장치들의 밝기를 제어하였을 때의 조명의 밝기들을 측정할 결과를 보여주고 있는데, 이와 같은 방식으로 밝기를 제어하여 약 200Lux이내의 밝기 차이로 제어가 가능함을 보여주고 있다.

본 실험에서 관리자의 개입없이 MVLC와 SVLC간 DCPLC 네트워크를 통하여 DATA 전송이 이루어졌으며, 전송된 DATA를

기준으로 밝기를 각 SVLC에서 자동 제어가 가능함을 확인할 수 있었다.

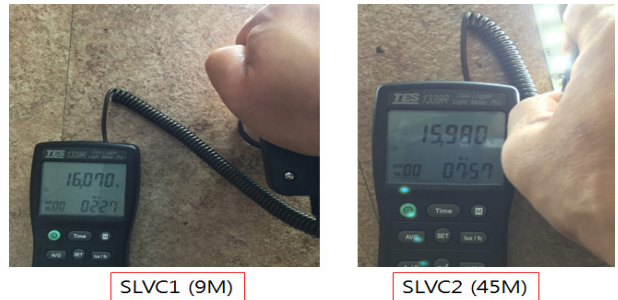


그림 15 밝기 보정 후 Lux 측정 결과
Fig 15 After Brightness correction Lux Measurement Result

4. 결 론

본 논문에서는 LED조명의 효율을 개선하기 위한 LVDC배전 방식의 전선도체저항에 의한 밝기 불균일 문제를 해결하기 위한 IoT 기반의 LVDC LED조명 제어 시스템을 제안하였다. 또한 제안된 시스템을 실제 구현하여 실험하였으며, 이러한 실험을 통하여 제안된 시스템의 실효성을 살펴보았다. 제안된 시스템의 실험 결과에서 MVLC와 SVLC간 DATA 교환을 통하여 LED조명의 최소의 밝기 차이로 제어됨을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 LVDC배전 방식의 LED조명 시스템을 운영자의 추가적인 간섭이 없이도 조명 시스템 단독으로 밝기를 제어할 수 있음을 확인하였다. 이러한 IoT LED조명 시스템을 WiFi, Ethernet, Smart Phone 등과 연결하게 되면, 조명시스템의 사용성 및 사용 환경에 대응이 가능한 시스템 설계가 가능하다. 본 논문의 결과는 외부 네트워크와 연계하여 지하주차장 및 야간 보안 등의 분야로 확장이 가능하며, 이에 대한 연구가 진행되고 있다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 시행하는 산학연협력 기술개발 사업과 전북새만금산학융합지구구성사업 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

[1] C. Y. An, J. B. Lee, "Lightning Surge Analysis on Underground system in DC Combined Distribution System," KIEE Trans. Vol. 62, No.6, pp. 737-743, Feb. 2013
[2] J. G. Lee, Y. S. Lee, J. H. Kim and B. M. Han,

- "Operational Characteristic Analysis of Bipolar DC Distribution System using Hardware Simulator," KIEE Trans. Vol. 63, No. 4, pp. 476-483, Jan. 2014
- [3] D. H. Yoo, J. H. Oum, Y. G. Jung and Y. C. Lim, "A Quasi Z-Source AC-AC Converter with a Low DC Voltage Distribution Capability Operating as a Power Electric Transformer," KIEE, Vol. 63 No. 3, pp. 358-366, Nov. 2014
- [4] W. J. Joe, M. L. Jiang and K. J. Jeong, "An M2M/IoT based Smart Data Logger For Environmental Sensor Networks", KIISE, Computing Practices and Letters 20(1), pp. 1-5, Jan. 2014
- [5] S. W. Kum, T. Be. Lim and J. I. Park, " Design and Implementation of IoT Collaboration Module Supporting User Context Management." IEMEK, Vol. 10, No. 3., pp. 129-137, Jun. 2015
- [6] S. Chen, H. Xu, D. Liu, B. Hu and H. Wang "A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective"IEEE, IoT Journal Vol.1, Issue 4, pp. 349-359, Aug. 2014
- [7] H. Y. Shin, "Development of constant current SMPS for LED Lighting," KIECS, Vol. 10, No. 1 pp. 111-116, Oct. 2015
- [8] S. Y. son, H. S. Mok, K. S. Park and J.H. Hong, "A comparative Stuey on the Electric Power Efficiency of IDCs with AC anc DC Distribution systems", KIIEE, Vol.22, No8 pp. 38-44, Aug. 2008
- [9] G. H. Gwon, D. U. Kim, Y. S. Oh, J. Han and C. H. Kim, "Analysis of Efficiency for Ac and DC Load in LVDC Distribution System", IEEE, DPSP, pp. 1-5, Apr. 2014
- [10] Y. S. Lee, S. U. Choi and S. A.S Mohamed, "An Energy Efficient Extremely Low Voltage DC-LED Lighting system" IEEE, CISRAM 2015 Angkor Wat, Cambodia, Jul. 2015
- [11] Y.S. Lee, S. U. Choi and S. A.S Mohamed, "Advanced Efficiency of DC-LED Lighting System to Replace the Conventional AC-LED Lighting System", iNFORMATION Volume 18 Number 6(A), pp. 2437-2442, Jun. 2015
- [12] Y.S. Lee, S. U. Choi and S. A.S Mohamed, "Studies on the energy efficiency of lighting system using LED" KIICE Conf. Vol. 18 No. pp 419-422 , Oct. 2014
- [13] G. N. Sung, C. M. Wu, and C. M. Huang, "The Sensor Network Using DC Power Line Communication Bus "IEEE, ISCAIE, pp. 197-200, Apr. 2015
- [14] U. S. Lee, T. J. Park and M. G. Park, "Implementation of Integrated Interface based on Wire and Wireless Dual Network for Ensuring the Reliability of Intelligent LED Lighting system", KIEE, Vol.63 No.2, pp. 306-312, Feb. 2014
- [15] Y. S. Lee, S. U. Choi and S. A.S Mohamed, "DCPLC potential for wiring single wire DC LED" IIBC, Conf. PS3-6, 2014
- [16] S. I. Hong, C.H. Lin, "Design of Intelligent LED Lighting Device Control Circuit System Using 8bit RISC Processor" KIPS, Vol.16. No.1 pp. 29-36 , 2011
- [17] David Gacio, J. Marcos Alonso, Jorge Garcia, Lidia Campa, Mario J. Crespo, Manuel Rico-Secades "PWM Series Dimming for Slow-Dynamics HPF LED Drivers: the High-Frequency Approach", IEEE, VOL. 59, NO. 4, pp. 1717-1727, Apr. 2012

저자 소개



최 상 의 (Sang-Ui Choi)

received his B.Sc., M.Sc. degrees in Dept. of control & Instrumentation Eng. in 2000, 2002, respectively, and currently a Ph.D. course student in the same University.



박 건 필 (Gun-Pil Park)

received his B.Sc. degrees in the School of IT, Information and Control Engineering, Kunsan National University, and currently a M.S. course student in the same University.



이 연 석 (Yoen-Seok Lee)

received his B.Sc., M.Sc. and Ph.D. degrees in Dept. of control & Instrumentation Eng. in 1984, 1986 and 1993, respectively. He is currently a Professor in the School of IT, Information and Control Engineering, Kunsan National University.