

가시광 통신 시스템을 위한 고효율 스위치모드 LED 구동회로

姜廷旻[†], 趙相鎬^{**}, 洪成洙^{***}, 韓翔圭^{****}, 司空石鎭[†]

High Efficiency Switch-Mode LED driver for Visible Light Communication System

Jung-Min Kang, Sang-Ho Cho, Sung-Soo Hong, Sang-Kyoo Han, and Suk-Chin Sakong

요약

LED는 친환경적 특성, 긴 수명, 우수한 효율 등의 장점이 있어 최근 기존의 백열전등 및 형광등을 대체하는 조명 수단으로 각광받고 있다. 또한, LED는 전기를 빛으로 변환하는 속도가 굉장히 빠른 반도체로 정보의 변조 및 인코딩이 용이하기 때문에 통신 소자로서 활용이 가능하다. 이를 이용하여 기존의 조명 기능을 수행함과 동시에 부가적으로 근거리 무선 통신을 수행하는 것을 가시광 통신 시스템이라 한다. 기존의 전압원 구동 가시광 통신 시스템의 경우, 스위치의 선형 영역 구동으로 인해 전력 변환 효율의 저하 및 발열이 심각하였다. 본 논문에서는 스위치를 스위칭 영역에서 구동시킴으로써 전력 변환 효율과 발열의 획기적인 개선이 가능한 고효율 스위칭 방식의 LED 드라이버를 제안한다. 또한 3MHz 무선 오디오 통신 시스템에 제안된 20W급 LED 드라이버를 적용하여 그 타당성을 검증한다.

ABSTRACT

Recently, the LED(Light Emitting Diode) replacing incandescent light bulbs and fluorescent light has great attentions as a most promising candidate for the next generation lighting source due to its environment-friendly characteristics, long life and excellent efficiency. Moreover, since it is a semiconductor device which can convert the electric energy to visible light at a very high speed, it can also used as a communication device. Therefore, the VLC(Visible Light Communication) using the LED can perform the near field communication and lighting function at the same time without additional expenses. However, since the switching device of the conventional LED driver for VLC is operated in the linear region, there exist several drawbacks such as a poor power conversion efficiency and serious heat generation. On the other hand, since the proposed driver is operated in the on/off switching region, it features a higher efficiency and more improved heat generation. To verify the validity of the proposed LED driver, experimental results from a prototype of 20W rated LED driver applied to 3MHz bps broadcasting audio system are given.

Key Words : Manchester coding, Visible Light Communication, LED Driver, Control of brightness

1. 서론

현재 조명으로 가장 많이 사용되고 있는 형광등은 환경오염 물질인 수은, 납 등의 중금속으로 구성되어 있어 큰 환경 문제를 일으키는 반면 발광 다이오드(LED: Light Emitting Diode)는 중금속과 같은 환경오염 물질을 사용하지 않아 기존 광원에 비해 친환경적

[†]교신저자 : 정회원, 국민대 전자정보통신공학부 교수

E-mail : scsk@kookmin.ac.kr

*학생회원, 국민대 전자공학과 석사과정

**학생회원, 국민대 전자공학과 박사과정

***정회원, 국민대 전자공학부 교수

****정회원, 국민대 전자공학부 조교수

접수일자 : 2010. 8. 17

1차 심사 : 2010. 8. 30

2차 심사 : 2011. 1. 4

심사완료 : 2011. 6. 6

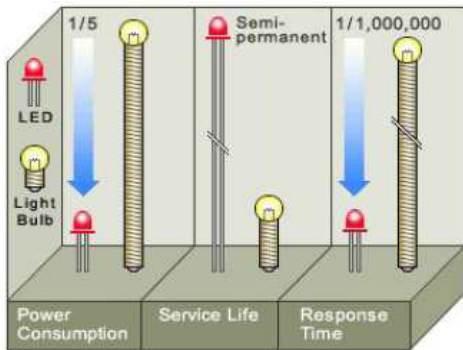


그림 1 기존 광원과 LED의 비교
Fig. 1 Comparison between conventional light source and LED

인 광원으로 주목받고 있다. 또한, 백열전구의 경우는 10~15[lm/W]의 발광 효율을 보이는 반면, LED는 100[lm/W] 수준에 달하는 고효율의 장점을 가지므로, 고유가 시대에 적합하며 최근의 기술 개발과 더불어 다른 광원 소자와 비교할 수 없는 긴 수명으로 인해 차세대 조명용 광원으로 기대되고 있다^[1]. 일반적으로 LED 광원은 전기에서 빛으로 바꾸는 속도가 약 30[ns]~250[ns]로 매우 빠르며, 이와 같은 특성을 이용하여 빠른 온-오프 스위칭을 통한 통신 변조를 수행할 수 있다.

이런 특징으로 최근에는 LED를 조명 뿐 아니라 가시광 통신(VLC: Visible Light Communication)에도 채용하고 있다. 가시광 통신이란 사람의 눈에 보이는 가시광 파장(380nm~780nm)을 이용한 통신으로, 조명 장치와 포토다이오드(PD: Photo Diode)의 점멸을 이용한 송·수신을 기본 원리로 한다^{[2][3]}. 광원이 초당 100번 이상 점멸하면 사람의 눈은 깜빡임을 인식하지 못하는데, 이 원리를 통해 가시광 통신은 기본적인 조명 기능 이외에 부가적인 통신 기능을 수행한다.

가시광 통신은 LED가 적용되는 다양한 분야에 널리 쓰이고 있다. 2008년부터 상업 시설이나 항공, 역 등의 공공시설 안내 조명 기구 등에 도입이 시작되어 정보 안내 혹은 내비게이션을 통해 정보를 제공할 수 있다. 또한 휴대폰 간의 통신이 가능하고, 조명과 휴대폰 또는 휴대폰과 디스플레이 사이의 통신도 가능하다. 최근에는 일반 가정이나 사무실에 감성 조명이 보급되어 가시광 통신을 적용한 음악청취나 인터넷 등의 사용이 가능하다^[4].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 가시광 통신 시스템의 구조와 역할에 대해 기술한다. 3장에서는 기존의 가시광 통신 시스템의 구현 방법 및

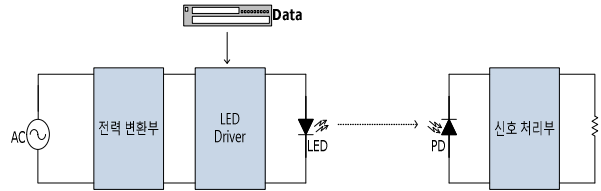
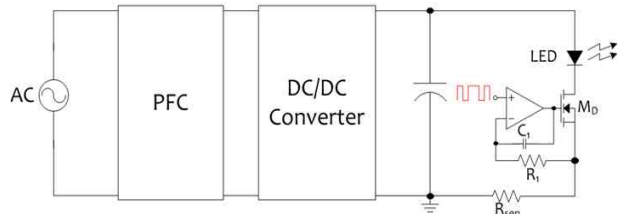
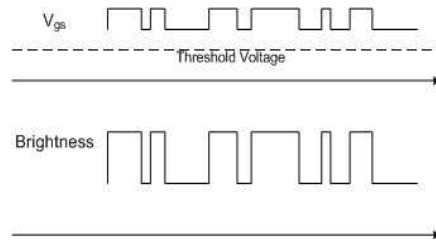


그림 2 가시광통신 시스템의 블록도
Fig. 2 Block diagram of VLC system



(a) 기존 가시광 통신 LED 드라이버 회로



(b) 동작 원리

그림 3 선형 영역에서 동작하는 가시광 통신용 LED 드라이버
Fig. 3 VLC LED Driver operating in the linear region

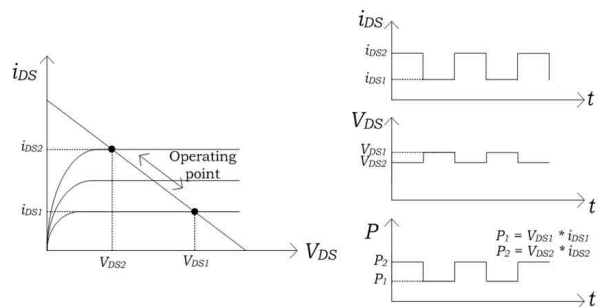


그림 4 선형 영역에서의 동작 파형
Fig. 4 Waveforms of i_{DS} and V_{DS} operating in the linear region

장단점을 기술한다. 4장에서는 제안 가시광 통신 LED 드라이버의 동작원리 및 주요 특징을 기술한다. 5장에서는 모의실험 및 실제 구현을 통한 LED 구동회로와 결과에 대해 분석하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 가시광 통신 시스템

일반적인 가시광 통신 시스템은 그림 2에서 보는 바와 같이 크게 송신부와 수신부로 구성되며, 다음 절에서 자세히 고찰해보도록 한다.

2.1 가시광 통신 시스템의 송신부

가시광 통신 시스템의 송신부는 전력 변환부와 LED 드라이버로 구성된다. 전력 변환부는 AC 상용전원의 입력을 받아 고조파 규제를 만족하기 위해 역률보정 기능을 수행하는 PFC단이 있으며, 이로부터 LED 구동에 적합한 형태의 DC 전원으로 변환해주는 DC/DC 단이 존재한다. DC 전원으로 변환된 신호는 LED 드라이버에서 데이터 장치의 입력을 받아 가시광 통신으로 송신할 데이터를 바탕으로 LED를 점멸한다. 이러한 LED를 이용하여 통신 시스템 회로를 구동하기 위해서는 정전류 방식의 구동회로가 필요하다. 따라서 조명용 LED를 이용한 가시광 통신에서는 LED 드라이버가 필수적이며 LED 드라이버를 이용하여 통신 변조를 구현하게 된다.

2.2 가시광 통신 시스템의 수신부

가시광 통신 시스템의 수신부는 크게 포토다이오드와 신호처리부로 구성된다. 포토다이오드는 광에너지를 전기 에너지로 변환하는 광센서로, 반도체의 PN 접합부에 광검출 기능을 추가한 반도체 다이오드이다. LED의 점멸을 통해 수신된 빛은 포토다이오드를 통해 전기적 신호로 변환되며, 신호처리부에서 알맞은 형태의 신호로 복조한다.

본 논문에서는 가시광 통신 시스템 중 송신부에 해당하는 LED 드라이버에 대해 기존 방식을 고찰하고, 기존의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 방식의 LED 드라이버를 제안한다.

3. 기존 가시광 통신 LED 드라이버

그림 3은 기존 전압원 구동 가시광 통신용 LED 드라이버를 나타내고 있다. 기존 회로는 송신 데이터에 따른 LED 전류의 고속 스위칭을 위해 LED와 직렬 연결된 스위치 M_D 를 선형 영역에서 구동한다. 기존 방식의 LED 드라이버는 스위칭 소자를 응답속도가 빠른 선형 영역에서 구동시킴으로써 고속 스위칭이 가능해 높은 데이터 전송률을 달성할 수 있는 장점이 있다^{[5][6]}. 그러나 이와 같은 방식의 스위치 M_D 를 선형 영

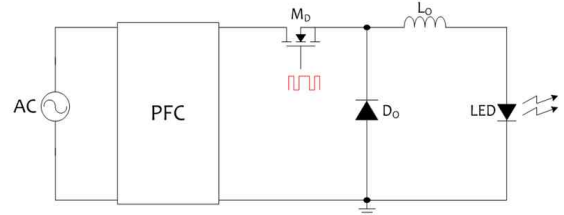


그림 5 스위칭 모드에서 동작하는 가시광 통신용 LED 드라이버

Fig. 5 VLC LED Driver operating in the on/off switching region

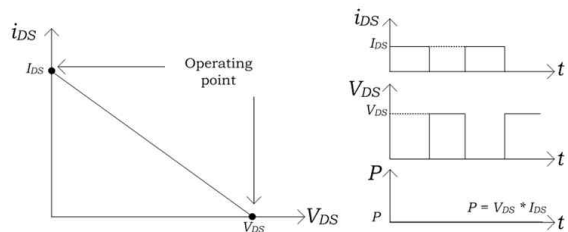


그림 6 스위칭 영역에서의 동작 파형

Fig. 6 Operational Waveforms in the on/off switching region

역에서 구동함에 따라 LED 드라이버의 전력 변환 효율이 저하되며, 이에 따른 발열 등의 문제로 대용량의 조명용 LED에 적용하기 어려운 문제점이 있다.

이를 해결하기 위해 그림 5와 같이 벡 DC/DC 컨버터를 이용하여 스위치 M_D 를 스위칭 영역에서 구동하게 되는 경우, 선형 영역에서 발생했던 과도한 도통 손실을 획기적으로 줄일 수 있어 고효율 달성이 가능하다. 그러나 조명 장치의 휘도 제어를 위한 LED 전류의 정밀한 순시 값 제어를 위해서는 전력단의 스위칭 소자를 송신 데이터 대역의 최소 5배 이상의 수 MHz의 고속 스위칭 주파수로 구동해야 하므로 과도한 스위칭 손실로 인해 실제 구현상 매우 어려운 단점이 존재한다. 뿐만 아니라, 고속 스위칭이 가능하더라도 출력 필터의 동특성이 느리므로 LED 순시 전류를 제어하는 송신데이터 구현은 실제로 불가능하다.

4. 제안 가시광 통신 LED 드라이버

상기한 바와 같이 기존의 가시광 통신용 LED 드라이버는 스위치 M_D 의 선형 영역 구동에 따른 전력 변환 효율 저하 또는 스위칭 방식의 구현이 실제로 불가능한 단점이 있어 대용량의 조명용 LED에 적용하기 어려운 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한

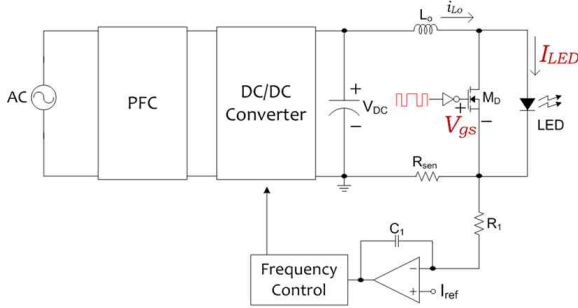


그림 7 제안 가시광 통신용 LED 드라이버
Fig. 7 Proposed VLC LED Driver

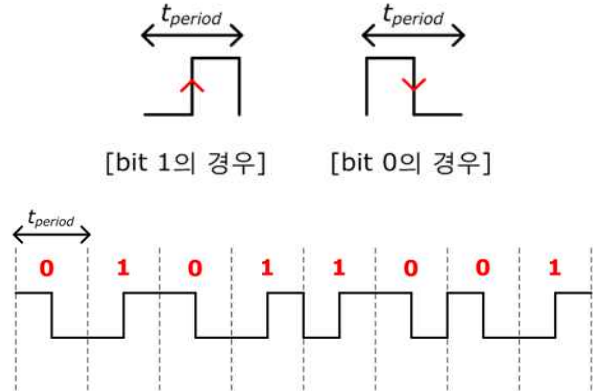


그림 9 맨체스터 코딩기법
Fig. 9 Manchester coding method

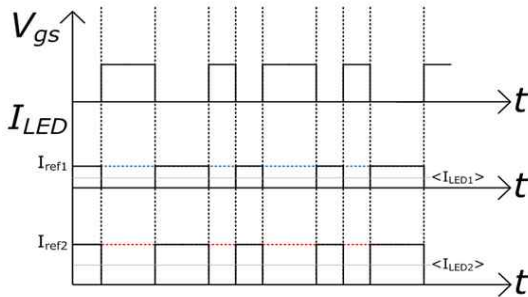


그림 8 V_{gs} 와 I_{ref} 에 따른 I_{LED} 파형
Fig. 8 Waveforms of I_{LED} according to V_{gs} and I_{ref}

기존 회로의 문제점을 해결하는 새로운 방식의 구동회로를 제안하고, 이를 이론 및 실험적으로 검증한다.

4.1 제안 LED 드라이버의 동작 원리

본 논문에서 제안된 전류원 구동 가시광 통신 LED 드라이버를 그림 7에 나타내었다. LED와 병렬 연결된 스위치 M_D 는 오픈 루프모드 스위칭 영역 구동을 통해 LED 전류를 온·오프하며, 센싱 저항을 통해 전압의 형태로 검출된 LED 전류의 평균치가 전류 명령인 I_{ref} 의 절반을 추종하도록 DC/DC 컨버터를 제어한다. 이때 LED 전류의 평균치가 I_{ref} 의 절반인 이유는 4.2절에서 고찰된 맨체스터 코딩을 사용함에 기인된다.

따라서 제안 회로는 LED 순시 전류를 제어했던 그림 5의 기존 스위칭 방식 구동회로와 달리 LED 전류의 순시값이 아닌 평균값을 제어하기 때문에 DC/DC 단의 스위칭 주파수는 일반 전력단 스위칭 주파수인 수십 kHz 내외의 낮은 주파수로 구동이 가능하다는 장점이 있다. 뿐만 아니라 제안 회로의 DC/DC 컨버터는 회로 토폴로지의 종류에 관계없이 적용이 가능하고, M_D 의 주파수가 수MHz의 송신데이터 주파수와 동일하므로 L_o 는 작은 인덕터로 구현이 가능하다.

제안된 가시광 통신용 LED 드라이버 회로에서 LED 전압 V_{LED} 와 DC/DC 컨버터 출력인 V_{DC} 전압은 다음의 관계가 성립한다. 출력 인덕터 L_o 에 전압-시간 곱 평형 법칙 (Volt-second Balance Law)을 적용하면,

$$D \cdot V_{DC} = (1 - D) \cdot (V_{LED} - V_{DC}) \quad (1)$$

식 (1)을 통해 아래 식 (2)와 같이 정리된다.

$$\therefore V_{LED} = \frac{1}{(1 - D)} V_{DC} \quad (2)$$

여기에서 D 는 M_D 즉 전송 데이터의 시비율을 의미한다. 최종적으로 식 (2)로부터 LED 드라이버는 부스트 컨버터와 동일한 동작임을 알 수 있다.

4.2 제안 회로의 조명 및 통신 기능 융합

본 논문에서 제안하는 가시광 통신용 LED 드라이버를 데이터 통신 기능과 더불어 LED 본래의 조명 기능을 수행하게 하기 위해서는 사용자의 명령에 따른 휘도 조절이 가능해야 한다. 그림 8은 제안 회로의 LED 휘도 조절에 대해 보이고 있다. 휘도 제어는 전류 명령인 I_{ref} 가변을 통해 이루어지며, 저항 R_{sen} 을 통해 검출된 LED 전류의 최대값 즉 i_{Lo} 가 I_{ref} 를 추종하면서 휘도가 조절된다.

이 때, 만약 M_D 의 동작 시비율이 50%로 보장된다면 데이터의 종류에 관계없이 i_{LED} 는 I_{ref} 의 절반이 되므로 항상 일정한 휘도로 조명이 가능하다. 데이터 종류에 관계없는 50%의 동작 시비율을 보장하기 위해서는 데이터의 코딩 기법이 중요한데, 그 일례로 맨체스터 코딩(Manchester Coding) 기법이 있다^[7].

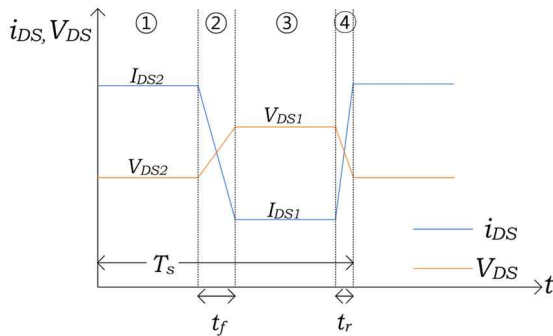


그림 10 기존 회로의 선형 영역 구동 파형
Fig. 10 Waveforms of i_{DS} and V_{DS} operating in the linear region of conventional circuit

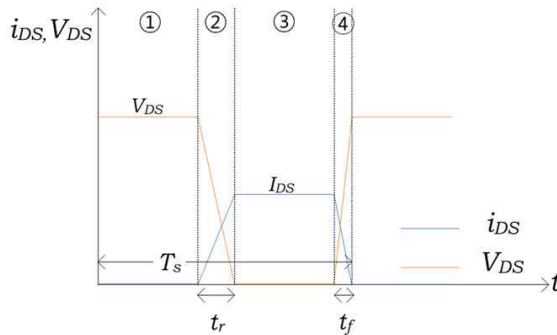


그림 11 제안 회로의 스위칭 영역 구동 파형
Fig. 11 Waveforms of i_{DS} and V_{DS} operating in the on/off switching region of proposed circuit

표 1 실제 스위치 파라미터
Table 1 Parameters of the switch

M _p Switch	FQU10N20
V_{DS}	100[V]
V_{DS1}	15[V]
V_{DS2}	10[V]
I_{DS}	200[mA]
I_{DS1}	50[mA]
I_{DS2}	200[mA]
$R_{DS(ON)}$	0.36[Ω]
t_r (Turn-on rise time)	90[ns]
t_f (Turn-off fall time)	50[ns]
f_{sw} (Switching Freq.)	3[MHz]

그림 9에 맨체스터 코딩의 기본 동작에 대해 나타내었다. 맨체스터 코딩 기법은 전송 펄스 주기의 중심에서 가지는 상태 변화의 방향으로 0과 1의 데이터를 구분하여 전송한다. 주기 안에서 0→1의 변화는 Bit 1로 인식하며, 1→0의 변화는 Bit 0으로 인식한다^[8]. 이와 같은 방식으로 데이터를 변조하게 되면 LED 전류는

데이터의 종류에 관계없이 항상 50%의 시비율이 보장되기 때문에 일정한 휘도를 나타낸다.

본 논문에서도 송신을 위한 데이터를 맨체스터 코딩 기법을 이용하여 변조하였다.

4.3 제안 LED 드라이버의 스위치 손실 개선

다음은 기존 회로에서의 스위치 손실과 제안 회로에서의 스위치 손실을 비교 분석한 결과를 제시하고 있다. 기존 회로와 제안 회로는 동일한 스위치를 사용하였다. 실제 구현상의 스위치 파라미터는 표 1에 나타내었으며, 데이터 중 t_r 과 t_f 는 스위치 데이터 시트를 참고하였다.

4.3.1 기존 LED 드라이버의 스위치 손실

기존 회로는 스위치를 선형 영역에서 구동시키며, 스위치 동작 시 전류와 전압 파형은 그림 10과 같다.

스위칭 과도 구간인 ②와 ④ 구간에서의 손실을 계산해 보면,

$$P_{sw_{ON}} = f_{sw} \int_0^{t_r} (I_{DS1} + \frac{I_{DS2} - I_{DS1}}{t_r} t) (V_{DS1} - \frac{V_{DS1} - V_{DS2}}{t_r} t) dt \quad (3)$$

$$P_{sw_{OFF}} = f_{sw} \int_0^{t_f} (I_{DS2} - \frac{I_{DS2} - I_{DS1}}{t_f} t) (V_{DS2} + \frac{V_{DS1} - V_{DS2}}{t_f} t) dt \quad (4)$$

이 된다. 실제 표 1의 파라미터와 식 (3), (4)를 통해 기존 회로에서 약 0.64[W]의 스위칭 손실이 발생함을 알 수 있다.

①과 ③ 구간에서의 손실을 계산해 보면,

$$P_{con} = V_{DS2} I_{D2} + V_{DS1} I_{D1} \quad (5)$$

이 되며 표 1의 파라미터와 식 (5)를 통해 기존 회로에서 약 2.75[W]의 도통 손실이 발생함을 알 수 있다. 따라서 기존 회로에서 발생하는 총 손실은 약 3.39[W]임을 알 수 있다.

4.3.2 제안 LED 드라이버의 스위치 손실

제안 회로는 스위치를 스위칭 영역에서 구동시키며, 스위치 동작 시의 전류와 전압 파형은 그림 11과 같다.

스위칭 과도 구간인 ②와 ④ 구간에서의 손실을 계산해 보면,

$$P_{sw_{ON}} = f_{sw} \int_0^{t_r} \frac{I_{DS}}{t_r} t (V_{DS} - \frac{V_{DS}}{t_r} t) dt \quad (6)$$

표 2 시뮬레이션의 주요 파라미터
Table 2 Circuit parameters for simulation

입력 전압 V_{in}	400[V _{Dc}]
공진 캐패시터	35[nF]
1차측 인덕턴스	2[mH]
출력 인덕턴스	100[uH]
출력 캐패시터	4.7[uF]
변압기 턴 비	4:1
스위칭 주파수	3[MHz]
전류 센싱 저항	2.5[Ω]
LED array 등가저항	500[Ω]
LED array 최대전류	197.6[mA]
LED array 최대전압	98.8[V]

표 3 제안 회로의 주요 파라미터
Table 3 Parameters of the proposed circuit

AC input	220[V _{ac}]
OP-Amp.	TSM106
Switch M_D	FQU10N20
M_D Switching Freq.	3[MHz]
LED array	200mA, 100V(20W)급 36개 직렬구조

$$P_{sw_OFF} = f_{sw} \int_0^{t_f} \frac{V_{DS}}{t_f} t (I_{DS} - \frac{I_{DS}}{t_f} t) dt \quad (7)$$

이 된다. 실제 표 1의 파라미터와 식 (6), (7)을 통해 제안 회로에서 약 1.4[W]의 스위칭 손실이 발생함을 알 수 있다.

①과 ③ 구간에서의 손실을 계산해 보면,

$$P_{con} = \frac{1}{2} I_{DS}^2 R_{DS(ON)} \quad (8)$$

이 되며 표 1의 파라미터와 식 (8)을 통해 제안 회로에서 약 7[mW]의 도통손실이 발생함을 알 수 있다. 따라서 제안 회로에서 발생하는 총 손실은 약 1.4[W]임을 알 수 있다.

4.4 제안 LED 드라이버의 특징

상기한 바와 같이 제안된 LED 드라이버는 스위치 M_D 를 스위칭 영역에서 구동시켜 전력 변환 효율과 스위치 손실의 획기적인 개선이 가능하므로 대용량 조명용 LED로의 적용이 가능하다. 또한 낮은 대역폭의 인덕터 전류 제어를 통해 전력단의 저속 스위칭 동작이 가능하므로 실제 구현 가능성 측면에서 매우 유리하

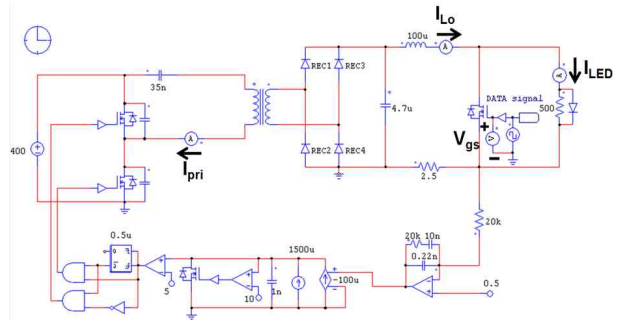


그림 12 PSIM을 이용한 시뮬레이션 회로
Fig. 12 Simulation circuit using PSIM

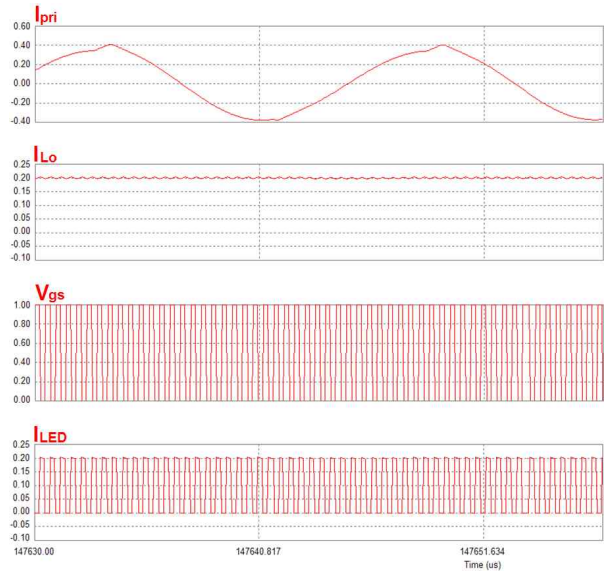


그림 13 PSIM 모의실험 결과
Fig. 13 Simulated waveforms

다. 제안 회로는 출력 구조에 관계없이 작은 크기의 인덕터를 추가함으로써 모든 컨버터에 적용 가능하므로 실제 시제품 구현 및 제작이 매우 용이한 장점을 가진다.

5. 모의실험 및 실험 결과

5.1 모의실험

그림 12는 본 논문에서 제안된 조명용 LED 드라이버의 모의실험 회로를 나타내고 있다. 모의실험은 PSIM을 사용하였으며, LED 드라이버의 전력단은 고효율 전원장치에 유리한 LLC 공진형 컨버터로 구성하였다. 주요 파라미터 값은 표 2와 같다.

그림 13에 모의실험 결과 파형을 나타내었다. 모의

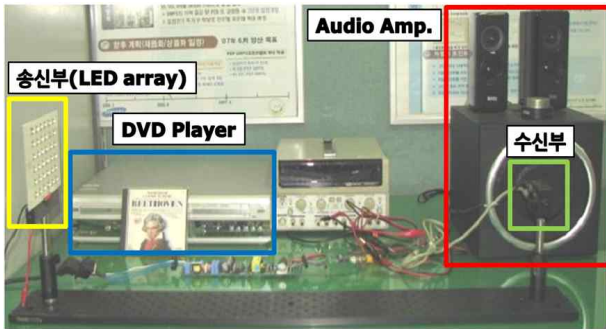


그림 14 무선 통신 오디오 시스템
Fig. 14 Wireless communication audio system

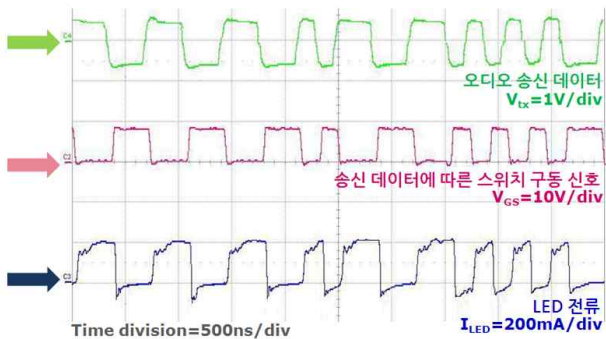


그림 15 제안 가시광 통신 시스템의 주요 동작 파형
Fig. 15 Key waveforms of proposed VLC LED Driver

실험 결과 파형의 첫 번째는 I_{pri} 를 나타내며, 1차측 스위칭 주파수는 62.5[kHz]로 동작하고 있어 전송 데이터의 주파수에 관계없이 낮은 구동 주파수를 통해 LED 전류를 제어하고 있음을 확인하였다. 두 번째 파형은 I_{Lo} 를 나타내며 낮은 대역폭의 DC값을 갖는 형태로 동작함을 보인다. 세 번째 파형은 V_{gs} 로, 전력단에 비해 3[MHz]의 고속 스위칭으로 동작한다. 마지막으로 네 번째 파형은 LED 전류로서 주파수는 송신 데이터 주파수와 동일한 3[MHz]이고 LED 순시 전류 크기는 약 200[mA]로 일정하게 제어됨을 알 수 있다.

5.2 실험 결과

그림 14는 앞서 실시한 동작 해석을 바탕으로 무선 통신 오디오 시스템을 제작한 모습이다. 고찰된 실험 결과는 그림 15에 나타내었으며, 실험에 적용된 설계 조건은 표 3에 나타내었다.

LED 드라이버는 DVD player에서 출력되는 디지털 음성신호를 입력 받아 LED를 점멸한다. 이 때, LED 점멸을 위한 스위치는 스위칭 영역에서 구동함으로써

전력 손실을 최소화 할 수 있다. LED의 점멸은 수신단의 포토다이오드에 의해 감지되어 전기적 신호로 변환되며, 신호처리부에서 오디오 재생에 적합한 신호로 복조되어 스피커에 입력된다.

그림 15의 첫 번째 파형은 DVD player에서 출력되는 디지털 음성 신호로써, 파형에서 알 수 있듯이 맨체스터 코딩 변조를 통해 50%의 시비율이 보장되어 데이터의 종류에 관계없이 항상 일정한 휘도를 보장할 수 있음을 확인할 수 있다. 두 번째 파형은 송신 데이터에 따라 스위치 M_D 를 구동하는 구동 신호로써, 전송 데이터가 반전되어 스위치 M_D 를 구동함을 알 수 있다. 세 번째 파형은 LED 구동전류를 보이고 있으며, 오디오 송신신호와 동일한 형태의 전류가 흐름을 알 수 있다. 이는 도통전류 유·무에 따라 LED가 점멸되어 포토 다이오드에 의해 수신단에서 감지하며 이를 통해 가시광 통신에서 데이터의 송신이 가능함을 알 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 최근 근거리 무선 통신 기술로 주목 받고 있는 가시광 통신을 위한 LED 드라이버를 제안하였다. 기존 가시광 통신용 LED 드라이버는 스위치 M_D 의 선형 영역 구동으로 인해 LED 드라이버의 전력 변환 효율이 낮아 조명 장치와 같은 대용량 LED 조명에 적용하기 어려운 단점이 있었다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 스위치 M_D 의 스위칭 영역 구동을 통해 전력 변환 효율의 개선이 가능하고 출력 구조에 관계없이 모든 컨버터에 적용할 수 있는 새로운 스위치 모드 LED 드라이버를 제안하였다. 제안 회로는 낮은 대역폭의 출력 인덕터 전류를 제어하므로 DC/DC 단은 일반 전력단과 동일한 수십 kHz대의 낮은 스위칭 주파수로 구동 가능한 동시에 LED 전류의 정밀한 순시값 제어가 가능하다는 장점이 있다. 또한 맨체스터 코딩 방식을 이용하여 송신 데이터를 변조함으로써 LED 전류는 항상 50%의 시비율이 보장되므로 데이터의 종류에 관계없이 항상 일정한 휘도로 조명기능을 수행할 수 있다. 본 논문에서는 제안 가시광 통신용 LED 드라이버의 이론적 해석을 통해 실제 무선 통신 오디오 시스템을 구현하여 제안 회로의 우수성과 이론적 분석의 타당성을 검증하였다.

따라서 본 논문에서 제안된 LED 드라이버는 LED 고유의 조명 기능에 부가적인 근거리 무선 통신을 수행하는 가시광 통신 시스템에 매우 적합하게 적용될 수 있을 것이다.

본 연구는 2010년도 국민대학교 교내 연구비 지원과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.
(NIPA-2011-C1090-1021-0005)

참 고 문 헌

[1] Y. Tanaka, T. Komine, S. Haruyama, M. Nakagawa, "Indoor Visible Light Transmission System Utilizing White LED Lights", *IEICE Trans. on Commun.*, Vol. E86-B, No. 8, pp. 2440-2454, 2003. 8.

[2] T. Komine, M. Kakagawa, "Fundamental Analysis for Visible-Light Communication System using LED lights", *IEEE Trans. on Consumer Electron.*, Vol. 50, No. 1, pp. 100-107, 2004. 2.

[3] 조의주, 이송이, 김주은, "가시광통신(VLC)의 기술 동향 및 이용 활성화 방안 연구", 한국전파진흥원, pp. 36, 42, 59-61, 2009. 1.

[4] Huang-Jen Chiu Yu-Kang Lo, Jun-Ting Chen, Shih-Jen Cheng, Chung-Yi Lin, and Shann-Chyi Mou, "A High-Efficiency Dimmable LED Driver for Low-Power Lighting Applications", *IEEE Trans. on Industrics*, Vol. 57, No. 2, pp. 735, 2010. 2.

[5] N. Kumar, N. Lourenco, M. Spiez, and R. Aguiar, "Visible light communication systems conception and VIDAS", *IETE Journal*, Vol. 25, Issue 6, pp. 359-367. 2008. 11.

[6] H. L. Minh, D. O'Brien, G. Faulkner, L. Zeng, K. Lee, D. Jung, and Y. Oh, "High-speed visible light communication using multiple-resonant equalization", *IEEE Photonics Technology*, Vol. 20, No. 14, pp. 1243-1245, 2008, July.

[7] K. Inoue, "Waveform Distortion in a Gain-Saturated Semiconductor Optical Amplifier for NRZ and Manchester formats", *Optoelectronics, IEE Proceedings*, Vol. 44, Issue 6, pp. 433-437, 1997.

[8] 문공보, 박찬국, 이장규, "CCR 반사경과 Manchester Coding을 이용한 광(光)통신 기법", *대한전기학회 하계 학술대회 논문집*, pp. 1792-1793, 2009. 7.

저 자 소 개



강정민(姜廷旻)

1986년 9월 19일생. 2010년 국민대 전자공학부 졸업. 2010년~현재 동 대학원 전자공학과 석사과정.



조상호(趙相鎬)

1982년 1월 2일생. 2006년 국민대 공과대학 전자공학부 졸업. 2006년~현재 동 대학원 전자공학과 석박사통합과정.



홍성수(洪成洙)

1961년 1월 25일생. 1984년 서울대 전기공학과 졸업. 1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학). 1984년~1999년 현대전자(주) 정보통신 연구소 책임연구원. 1999년~현재 국민대 전자정보통신공학부 교수.



한상규(韓翔圭)

1973년 12월 13일생. 1999년 부산대 전기공학과 졸업. 2001년 한국과학기술원 전자전산학과 졸업(석사). 2005년 동 대학원 전자전산학과 졸업(공학). 2005년 3월~8월 한국과학기술원 정보전자연구소 박사후연구원. 2005년 9월~현재 국민대 전자공학부 조교수.



사공석진(司空石鎭)

1951년 3월 23일생. 1976년 고려대 전자공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1985년 동 대학원 전자공학과(공학). 1977년~1981년 모토롤라 코리아 선임연구원. 1982년~현재 국민대 전자정보통신공학부 교수.