

조명용 LED를 이용한 가시광 통신 시스템 개발

조상호, 강정민, 장병준, 노정욱, 홍성수, 한상규
국민대학교 전력전자 연구소

Development of Visible Light Communication System using Lighting LED

Sang-Ho Cho, Jung-Min Kang, Byung-Jun, JangChung-Wook Roh, Sung-Soo Hong, Sang-Kyoo Han
Kookmin University Power Electronic Center

ABSTRACT

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 반도체 소자로서 정보의 변조 및 인코딩이 가능하기 때문에 통신 소자로서 LED 활용이 가능하다. 본 논문에서는 이러한 LED의 특성을 이용하여 기존 LED의 조명 기능을 활용하면서, 추가적인 근거리 무선 통신이 가능한 시스템을 제안한다. 기존의 전류원 구동 가시광 통신 시스템의 경우 출력 인덕터가 필요한 구조상의 한계로 인해 모든 종류의 컨버터에 가시광 통신용 LED 드라이버를 적용하기 어려운 문제점이 있지만, 제안 LED 드라이버는 출력 구조에 관계 없이 모든 종류의 컨버터에 적용할 수 있어 제안 회로의 응용이 다양한 장점이 있다.

1. 서론

최근 기존 LED의 조명 기능을 활용하면서, 추가적인 근거리 무선 통신이 가능한 가시광 통신이 주목을 받고 있다. 가시광 통신이란 사람의 눈에 보이는 가시광 파장(380~780nm)을 이용한 통신으로, 조명 장치와 PD(Photo Diode)의 접점을 이용한 송수신을 기본 원리로 한다^{[1],[2]}.

일반적인 가시광 통신 시스템의 구성 아래 그림 1과 같으며 크게 송신부와 수신부로 구성된다.

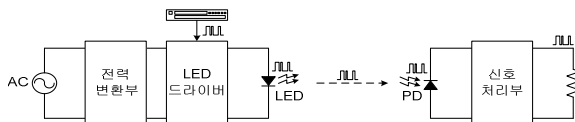


그림 1. 가시광 통신 시스템의 블록도

1.1 가시광 통신 시스템의 송신부

가시광 통신 시스템의 송신부는 전력 변환부와 LED 드라이버로 구성된다. 전력 변환부는 역률 보정 기능을 수행하며, AC 전원의 입력을 LED 구동에 적합한 형태의 DC 전원으로 변환한다. LED 드라이버는 가시광 통신으로 송신할 데이터를 바탕으로 LED를 점멸한다. 이러한 LED 드라이버는 전압원 구동 및 전류원 구동 방식으로 구분된다. 본 논문에서는 새로운 방식의 전류원 구동 LED 드라이버를 제안하고, 이론 및 실험적

으로 검증한다.

1.2 가시광 통신 시스템의 수신부

가시광 통신 시스템의 수신부는 크게 PD(Photo-Detector)와 신호처리부로 구성된다. PD는 LED의 점멸을 통해 수신된 빛을 전기적 신호로 변환하며, 신호처리부는 PD에서 변환된 전기적 신호를 알맞은 형태의 신호로 복조한다.

2. 기존 가시광 통신 LED 드라이버

그림 2.(a)는 기존 전압원 구동 가시광 통신용 LED 드라이버를 나타내고 있다. 기존 회로는 송신 데이터에 따른 LED 전류의 고속 스위칭을 위해 LED와 직렬 연결된 스위치 M_3 를 선형 영역에서 구동한다. 그러나 이와 같은 기존 회로는 스위치 M_3 를 선형 영역에서 구동함에 따라 LED 드라이버의 전력 변환 효율이 저하되며, 이에 따른 발열 등의 문제로 대용량의 조명용 LED에 적용하기 어렵다. 기존 회로의 스위치 M_3 를 수 MHz 이상의 주파수로 스위칭 영역에서 동작시킬 경우 고속으로 스위칭하는 LED 전류의 순시값 제어를 위해서는 전력단을 전송 데이터 대역폭의 3~5배 정도의 고속 스위칭 주파수로 구동해야 하기 때문에 구현상 한계가 존재한다.

그림 2.(b)는 기존 전류원 구동 가시광 통신용 LED 드라이버를 나타내고 있다. 기존 회로는 스위치 M_3 의 스위칭 영역 구동이 가능하지만, 출력단에 큰 인덕터가 구성되어 있는 구조에만 적용할 수 있는 단점이 있다.

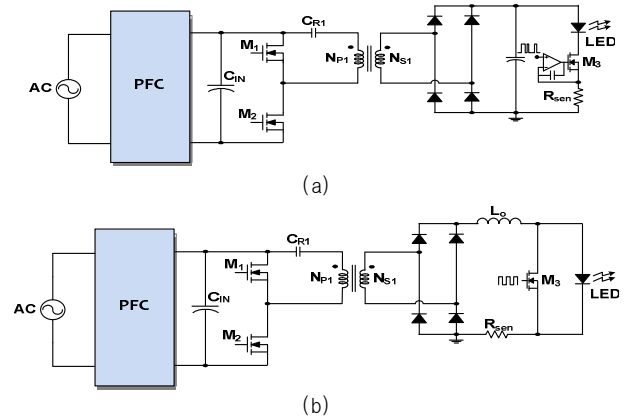


그림 2. 기존 가시광 통신용 LED 드라이버

3. 제안 전류원 구동 가시광 통신 LED 드라이버

상기한 바와 같이 기존의 가시광 통신용 LED 드라이버는 스위치 M_3 의 선형 영역 구동에 따라 전력 변환 효율 저하 및 대용량의 조명용 LED에 적용하기 어렵거나 큰 출력 인덕터가 필요한 구조상의 제약점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 기존 회로의 문제점을 해결하는 새로운 방식의 회로를 제안하고, 이를 이론 및 실험적으로 검증한다.

3.1 제안 LED 드라이버의 동작 원리

본 논문에서 제안하는 전류원 구동 가시광 통신 LED 드라이버를 그림 3에 나타내었으며, LED 드라이버의 전력단은 고효율 및 저가형에 유리한 LLC 공진형 컨버터로 구성하였다.

LED와 병렬 연결된 스위치 M_3 는 스위칭 영역 구동을 통해 LED의 전류를 고속으로 스위칭하며, 저항 R_{sen} 을 통해 전압의 형태로 검출된 LED 전류값은 전류 명령인 I_{ref} 를 추종하도록 LLC 공진형 컨버터를 펄스 주파수 변조(PFM)를 통해 제어한다. 여기에서 제안 회로는 LED 전류의 순시값이 아닌 낮은 대역폭의 인덕터 전류를 제어하기 때문에 기존 회로와 달리 전력단의 저속 스위칭 구동이 가능하다.

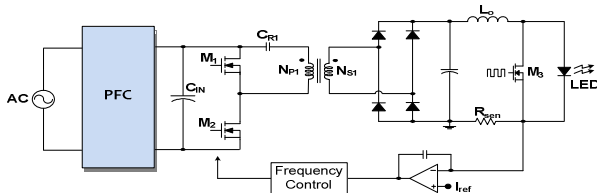


그림 3. 제안 가시광 통신용 LED 드라이버

3.2 제안회로의 조명 및 통신 기능 융합

본 논문에서 제안하는 가시광 통신용 LED 드라이버를 데이터 통신 기능과 더불어 LED 본래의 조명 기능 구현을 위해서는 사용자의 명령에 따른 휘도 조절이 가능해야 한다. 제안 회로의 LED 휘도 조절은 전류 명령인 I_{ref} 전압 가변을 통해 이루어지며, 저항 R_{sen} 을 통해 검출된 LED 전류값이 I_{ref} 를 추종하면서 휘도가 조절된다. 이 때, 송신 데이터를 맨체스터 코딩 기법^[3]을 통해 변조할 경우 항상 50%의 시비율로 변조되기 때문에 데이터의 종류에 관계없이 일정한 휘도를 보장한다.

3.3 제안 LED 드라이버의 특징

제안 전류원 구동 LED 드라이버는 스위치 M_3 를 스위칭 영역에서 구동하기 때문에 전력 변환 효율 및 발열 특성이 크게 개선되어 대용량의 조명용 LED 구동이 가능하고, 전력단의 저속 스위칭 동작이 가능해 실제 구현 가능성 측면에서 매우 유리하다. 또한 기존 전류원 구동 회로의 경우 출력 인덕터가 있는 구조에만 적용될 수 있는 한계가 있지만, 제안 회로는 출력 구조에 관계없이 작은 크기의 인덕터를 추가함으로써 모든 컨버터에 적용할 수 있어 실제 시작품 구성 및 제작에 유리하다.

4. 제안 LED 드라이버의 실험 결과

앞서 실시한 동작 해석을 바탕으로 무선 통신 오디오 시스템을 제작하여 고찰된 실험 결과를 아래 그림 5에 나타내었다.

그림 5의 첫 번째 파형은 오디오 재생을 위한 송신 데이터로써 맨체스터 코딩 변조를 통해 50%의 시비율이 보장되는 것

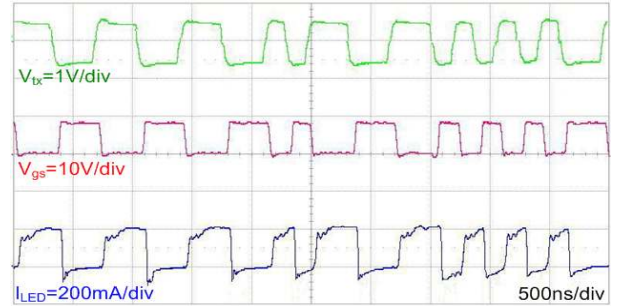


그림 5 제안 가시광 통신 시스템의 주요 동작 파형

을 확인할 수 있다. 두 번째 파형은 송신 데이터에 따라 스위치 M_3 를 구동하는 전압을 나타내었다. 전송 데이터가 반전되어 스위치 M_3 를 구동하는 것을 확인할 수 있다. 세 번째 파형은 송신 데이터에 따라 스위치 M_3 의 스위칭 영역 구동을 통해 도통하는 LED 전류를 나타내어 가시광을 통해 데이터의 송수신이 가능함을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 최근 근거리 무선 통신 기술로 주목 받고 있는 가시광 통신을 위한 LED 드라이버를 제안하였다. 기존 가시광 통신용 LED 드라이버는 스위치 M_3 의 선형 영역 구동으로 인해 LED 드라이버의 전력 변환 효율이 낮아 조명 장치와 같은 대용량 LED 조명에 적용하기 어렵거나 큰 출력 인덕터가 필요한 구조상의 제약점이 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 스위치 M_3 의 스위칭 영역 구동을 통해 전력 변환 효율을 개선하고, 출력 구조에 관계없이 모든 컨버터에 적용할 수 있는 전류원 구동 LED 드라이버를 제안하였다.

제안 가시광 통신용 LED 드라이버의 이론적 해석을 통해 실제 무선 통신 오디오 시스템을 구현하여 제안 회로의 우수성과 이론적 분석의 타당성을 검증하였다.

따라서 본 논문에서 제안하는 LED 드라이버는 LED의 고유 조명 기능에 추가적인 근거리 무선 통신을 수행하는 가시광 통신 시스템에 매우 적합하게 적용될 수 있을 것이다.

지식경제부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C1090-1021-0005)

참고 문헌

- [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, Aug. 2003.
- [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, Feb. 2004.
- [3] 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.