Solar Cell을 응용한 배터리 없는 가시광 통신용 수신기

정유진, 신정민*, 한상규, 사공석진†
국민대학교 POESLA, ㈜인터엠*

Batteryless Receiver using Solar Cells for Visible Light Communication

You Jin Jeong, Jung Min Shin*, Sang Kyoo Han, Suk Chin Sakong†
Power Electronics System Laboratory, Kookmin Univ. InterM Inc.*

ABSTRACT

본 논문은 Solar Cell을 응용하여 통신기능과 함께 전원공급이 가능한 배터리 없는 가시광 통신용 수신기를 제안한다. 기존 포토다이오드(PD : Photo Diode)를 적용한 가시광 통신용 수신기는 수신신호 처리를 위한 PD 드라이버와 신호 처리부를 동작시키기 위하여 별도의 전원 회로와 배터리가 필요하다. 따라서, 체적 및 비용의 증가가 불가피하여 가시광 통신의 큰 문제점으로 대두되고 있다. 하지만 제안회로는 PD를 Solar Cell로 대체하여 기존의 신호를 수신함과 동시에 Solar Cell의 광전효과를 통해 생성된 전력을 사용하여 별도의 부가회로 없이 전원 공급이 가능하며 무선통신 기술의 새로운 패러다임을 제시한다. 제안된 회로의 타당성 검증을 위해 Solar Cell을 응용한 시작품을 제작하여 실험 결과를 제시한다.

1. 서 론

미래 사회의 기술로 대두되고 있는 사물인터넷(IoT : Internet of Things)은 인터넷을 기반으로 사물들을 연결하여 상황에 맞는 상호 작용과 지능화를 통해 자율적인 융합 서비스를 제공하는 인프라를 의미한다. 이러한 IoT의 핵심 기술 중 하나가 무선통신 기술이며 이 중에서도 빛을 이용한 가시광 통신(VLC : Visible Light Communication)이 각광을 받고 있다. 가시광 통신은 380nm~780nm에 해당하는 가시광 파장을 이용한 통신으로, 조명 역할과 동시에 통신이 가능하다.[1] 기존 가시광 통신은 PD를 이용해 신호를 수신하는 방식을 채택하여 통신을 수행하지만 이를 동작시키기 위한 전원공급 방식의 문제점을 가진다. 이와 같은 전원공급 방식의 문제점은 IoT 기술 확산에도 장애가 되고 있어 이를 해결할 수 있는 IoT 기술 개발과 더불어 Energy Harvesting에 대한 연구 또한 활발하게 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 PD 대신 Solar Cell을 응용하여 가시광 신호를 수신하는 기존의 통신기능과 동시에 수광 과정에서 생성된 전력을 이용하여 전원공급이 가능한 배터리 없는 가시광 통신용 수신기를 제안한다.

2. 기존 가시광 통신용 수신기

그림1은 기존 가시광 통신용 수신기의 블록도를 나타내었다. 종래 방식의 경우, 수광 센서인 PD를 적용하여 광원으로부터 송신된 가시광 신호를 전기적 신호로 변환하는 역할을 하고, 이러한 전기적 신호는 복조회로를 통해 Data처리부로 전송된다. 하지만 이러한 방식의 기존 가시광 통신 시스템은 PD의

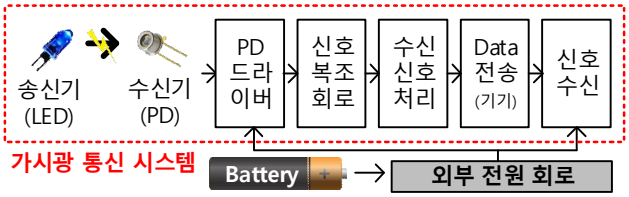

그림 1. 기존 가시광 통신용 수신기 순서도
Fig 1. Block Diagram of Conventional VLC System using PD.

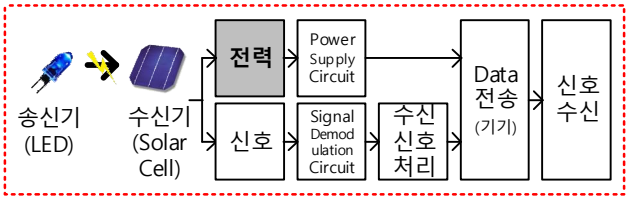

그림 2. 제안 가시광 통신용 수신기 순서도
Fig 2. Block Diagram of Proposed VLC System using Solar Cell.

전력 소모량이 크고 수신기의 구동을 위한 별도의 전원공급 회로와 배터리를 요구하기 때문에 체적 및 비용의 증가가 불가피하다.

3. 제안 가시광 통신용 수신기

제안 방식은 종래방식의 한계점을 극복하기 위하여 가시광 통신용 수신기의 PD 대신 전력생산용으로만 사용되었던 Solar Cell을 응용하여 수신기를 구현하며 그림2에 블록도를 나타내었다. Solar Cell은 빛 에너지를 전기 에너지로 변환하여 전하의 형태로 저장하는 광전 효과를 일으켜 전력을 생산한다. 하지만 Solar Cell의 출력은 광원의 세기와 광원과 수신부의 거리가 변동함에 따라 불안정하기 때문에 전원공급을 위해 추가적인 회로가 요구된다. 또한 Solar Cell로 가시광 송신신호를 수신할 경우, Solar Cell의 느린 동 특성으로 수신신호의 주파수 대역폭이 매우 낮아지기 때문에 통신에 활용하기 적합하지 않다. 하지만 그림3에 나타낸 Solar Cell을 응용한 제안 가시광 통신용 수신기는 통신을 위해 신호를 복조하는 Signal Demodulation Circuit과 전원공급을 위한 Power Supply Circuit으로 구성하여 통신과 전력공급의 문제점을 해결할 수 있다.

3.1 제안 가시광 통신용 수신기의 동작 원리

그림4는 제안 가시광 통신용 수신기의 주요동작 파형을 보

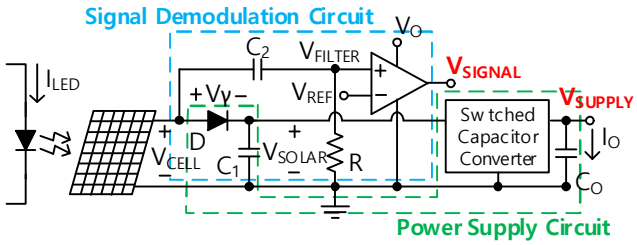

그림 3. Solar Cell을 응용한 제안된 가시광 통신용 수신기
Fig 3. Proposed VLC Receiver using Solar Cell.

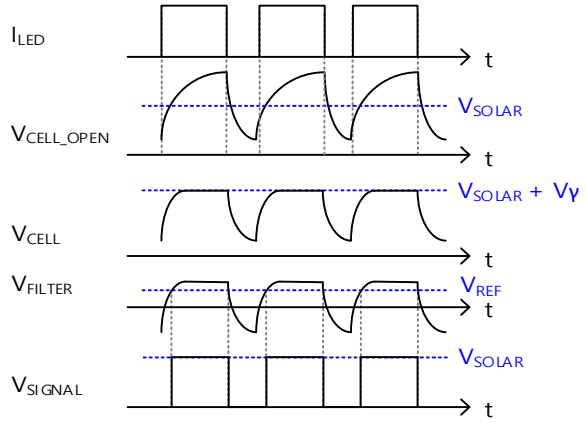

그림 4. 제안 Signal Demodulation Circuit의 동작 파형
Fig 4. Operation of key waveforms of Signal Demodulation Circuit.

이고 있다. Solar Cell 양단을 개방하여 광 신호를 수신할 경우, V_{CELL_OPEN}과 같은 신호를 출력한다. 이 파형은 Power Supply Circuit과 Signal Demodulation Circuit에 각각 사용된다. 이 때 큰 캐패시터 C_1은 Power Supply Circuit의 V_{SOLAR} 값을 갖는 입력 전압원 역할을 하고 다이오드와 클리퍼 회로를 구성하여 V_{CELL_OPEN}을 V_{SOLAR}와 V_γ를 합한 전위만큼 클리핑 시킨다. 이 클리핑 된 신호 V_{CELL}은 캐패시터 C_2를 지나 DC 성분이 제거된 V_{FILTER}로 출력되고 이는 V_{REF}와 함께 OP AMP의 각 단자에 인가되어 최종 Signal 파형인 V_{SIGNAL}을 출력한다.

한편, Solar Cell을 이용한 전원공급은 불안정하므로 이를 해결하기 위해 안정된 전원공급을 위한 레귤레이터 회로를 적용한다. 이 때, 효율이 낮은 Linear Regulator 대신 저전력 고효율에 유리한 Switched Capacitor Converter(SC Converter)를 적용하여 Power Supply Circuit을 구현한다. SC Converter는 인덕터를 포함하지 않고 스위치와 캐패시터로만 이루어져 있어 부피를 상당량 감소할 수 있다.[2]

4. 실험 결과

제안회로의 타당성 검증을 위해 Solar Cell을 응용한 가시광 통신용 수신기를 제작하여 실험을 진행하였으며 주요 파라미터는 $C_1 = 100uF, C_2 = 6.8nF, R = 100k\Omega, C_O = 1uF$이다. 다이오드는 1N4148, SC Converter IC는 MAX1595 (MAXIM社), Solar Cell은 MSCA6075 5R0V100MA (Eleparts社)를 사용하였다. 그림5는 제안회로의 각 부 주요 파형을 나타낸 것으로 Signal Demodulation Circuit를 통하여 최종 수신신호 V_{SIGNAL}이 출력됨을 보인다. 이 때, 송신신호의 주파수가 변화함에 따라 최대 20kHz 주파수 대역에서도 통신이 가능하도록 복조된 신호 V_{SIGNAL}이 출력됨을 확인할 수 있다. 또한 Solar Cell에서 생성되는 전력을 이용하여 안정된 전원을 출력하기 위해 상기 제안

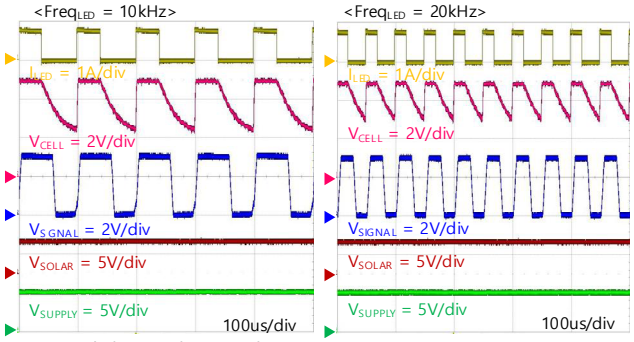

그림 5. 가시광 통신 주요 실험 파형
Fig 5. Experimental key waveforms of VLC operation.

한 Power Supply Circuit은 10mW의 부하 조건에서 실험을 진행하였다. 이는 IT기기를 동작시키는 데 충분한 전력이며 실험결과 5V의 안정적인 전압을 출력함을 확인하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 Solar Cell을 응용하여 통신기능 및 전원공급이 동시에 가능한 배터리 없는 가시광 통신용 수신기를 제안하였다. 기존 PD를 적용한 가시광 통신용 수신기의 경우 전원공급을 위한 별도의 전원 회로와 배터리 또한 필수적으로 요구되는 반면 제안회로는 Solar Cell을 응용하여 부가회로 없이 전원공급이 가능하다. 더불어, 기존의 통신 기능을 활용하여 무선통신 기술의 새로운 패러다임을 제시했다. 특히, 기존 무선통신 기술 중 하나인 RFID (Radio Frequency Identification)는 국가별 사용 주파수가 달라 호환성이 없고 보안 기능이 취약하다. 따라서, 제안회로를 VLID (Visible Light Identification) 기술로 발전시킨다면 RFID가 갖는 단점을 개선할 뿐만 아니라 Solar Cell을 이용한 친 환경 에너지 생산이 가능하므로 배터리가 필요 없고 휴대가 용이하여 IoT 기술 개발로 충분한 가능성을 갖는다. 하지만 현재 Solar Cell은 동 특성과 발전 효율이 낮다는 한계점을 지닌다. 이와 같은 한계점은 재료적인 개선과 계속적인 개발을 통해 극복할 수 있다.

본 논문에서는 제안 가시광 통신용 수신기의 이론적 해석을 통해 실제 시스템을 구현하여 제안회로의 우수성과 이론적 분석의 타당성을 검증하였다.

따라서 본 논문에서 제안된 배터리 없는 가시광 통신용 수신기는 통신 기능 수행과 더불어 기존 IoT의 문제가 되고 있는 전원공급 방식의 문제를 해결하고 친 환경적이므로 앞으로의 무선통신 시스템에 널리 응용될 것으로 기대된다.

이 논문은 2016년도 국민대학교 교내 연구비 지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] 姜廷昊, 趙相鎬, 洪成洙, 韓翔圭, 司空石鎭. (2011). 가시광 통신 시스템을 위한 고효율 스위치모드 LED 구동회로. 전력전자학회논문지, 16(4), 358 365.

[2] Natan Krihely, "Efficiency Optimization of a Step Down Switched Capacitor Converter for Subthreshold Applications", Very Large Scale Integration (VLSI) Systems of the IEEE, Vol. 21, No. 12, pp. 2353 2357, 2013, December.