

# 백색 LED 조명을 이용한 디지털 신호 전송 Digital Signal Transmission through an White LED Lighting

\*#김승택<sup>1</sup>, 조경용, 김형태, 김종석, 진경찬

\*#S. Kim<sup>1</sup>(stkim@kitech.re.kr)<sup>2</sup>, K.Y. Cho, H. Kim, J. Kim, K.C. Jin

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 스마트시스템연구그룹

Key words : an LED lighting, signal transmission, LED communication

## 1. 서론

Light emitting diode(LED)의 효율이 높아짐에 따라, LED 를 이용한 조명이 사무실, 쇼핑몰, 음식점 등의 상업 시설 뿐만 아니라 공장이나 플랜트 같은 산업 분야에도 널리 이용되고 있는 추세이다 [1-3]. LED 는 반도체 소자로 기존의 램프 기반의 조명에 비해서 에너지 효율과 환경문제에 있어서 여러 가지 장점을 가지고 있으며, 또 반도체 소자로 LED 의 켜고 끄는 동작이 고속으로 진행 될 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서, LED 를 이용한 디지털 신호 전송은 휴대 기기를 위한 정보 전송, 사무실 등에서의 네트워크 구성, 지식 정보 교통 신호등, 박물관 등의 관람시설에서의 정보 전달 매체로 활용하는 시도들이 다양하게 전개되고 있다. 하지만, LED 조명은 가시광 파장대역을 기반으로 하고 있기 때문에 주변광의 영향과 특히 태양광의 신호 왜곡 문제를 해결해야 하는 등의 문제를 지니고 있다.

본 연구는 Fig. 1 [4]과 같이 LED 조명을 공장에 적용하여 실내 조명과 신호전송 기능을 동시에 추구하기 위해서, 변조 기능을 갖는 LED 조명과 구동 모듈을 송신장치로, 광 검출기와 증폭기를 수신장치로 활용하여 디지털 신호 전송을 구현하고, 그 전송 신호의 파형을 비교해 공장 네트워크 중 RS-232c 와 같은 시리얼 통신에 적용 가능성을 확인해 보고자 한다.

## 2. 실험셋업

Fig. 2 는 LED 조명을 이용한 실험 셋업으로 LED 조명의 파워는 70W 이고 그 크기는

600x600 mm<sup>2</sup> 이고, 구동 모듈은 400mA 까지의 전류를 공급이 가능하며, PRBS 패턴은 2<sup>-7</sup>-1 부터 2<sup>-13</sup>-1 까지 발생할 수 있다. Photodiode 는 Si 기반의 DET-10A 가 사용되었으며, 이 Photodiode 의 출력 전류를 Transimpedance Amplifier 와 Limiting Amplifier 를 거쳐 디지털 로직 신호로 재구성하여 파형을 비교하였다.

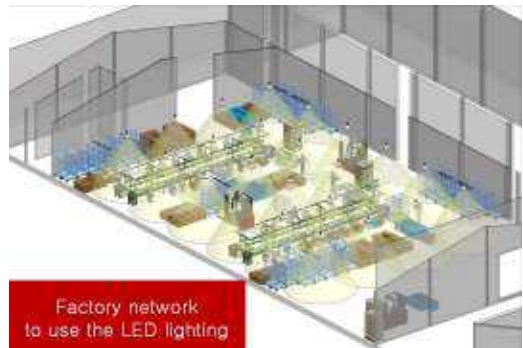


Fig. 1 Conceptual image of the green smart factory through white LED lightings [4].

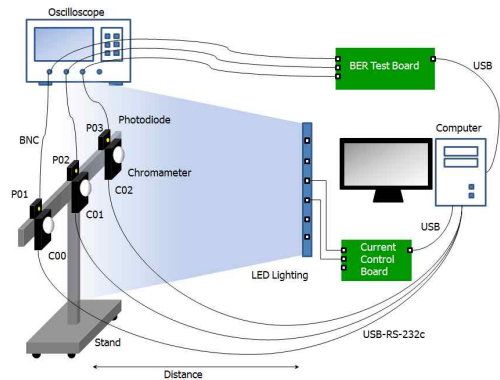


Fig. 2 Experimental Setup for digital signal transmission through a white LED lighting.

### 3. 실험결과

Fig. 3의 상단의 신호파형은 ITU-T의 O.150 규격을 바탕으로 PRBS 테스트 규격을 만족하는 40kHz 주파수를 갖는  $2^{11}-1$ 의 패턴 신호를 LED 모듈 입력전에서 탐침하여 오실로스코프를 통해서 측정한 것이며, 하단의 신호파형은 LED 조명으로부터 3m 떨어진 지점에서 Photodiode에서 오실로스코프로 측정한 신호파형이다.

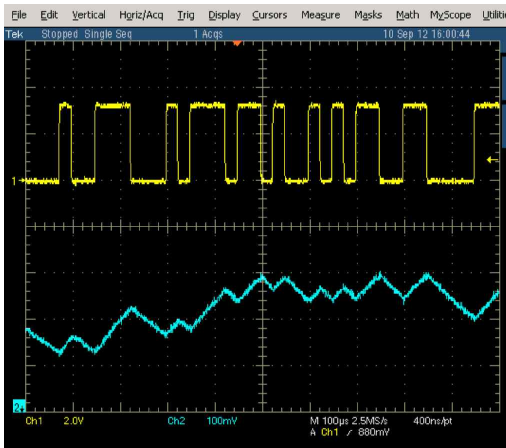


Fig. 3 Waveform of an original electrical signal with 40kHz frequency,  $2^{11}-1$  PRBS pattern (up) and a detected optical signal at a photodiode (down).

Fig. 4의 상단신호는 Fig.3의 상단 신호와 유사하게 측정한 LED 모듈 입력 신호이며, 하단 신호파형은 Fig. 1의 하단의 신호 파형을 바탕으로, Transimpedance Amplifier와 Limiting Amplifier의 증폭율과 임계치 조절을 통해서 재구성된 신호 파형으로 상단 파형과 거의 일치함을 확인 하였으며, 이를 통해서 38400bps 급의 RS-232c의 통신을 LED 조명을 이용한 신호 전송의 가능성을 확인하였다.

### 4. 결론

LED 조명을 이용하여 40kHz의 주파수대의 PRBS  $2^{11}-1$ 의 신호를 개발된 구동 모듈을 이용하여 LED 조명에 여기하고, 출력된 광신호를 조명과 3m 떨어진 곳에서 검출기를 통해 복원된 신호 파형을 검토하여

38400bps 급의 RS-232c 통신에의 접목 가능성을 확인하였으며, 앞으로 RS-232c Transceiver 연결을 통한 시리얼 통신 구현에 대한 연구가 계속 진행 중이다.

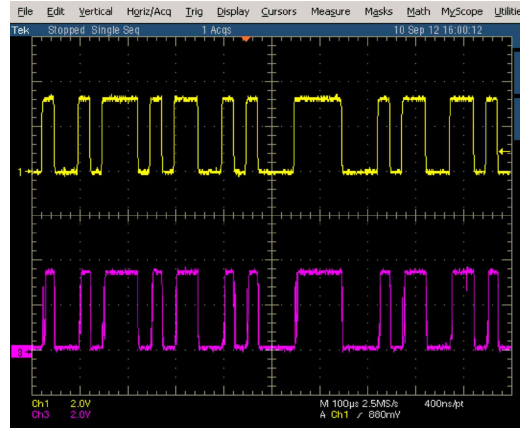


Fig. 4 Waveform of an original electrical signal with 40kHz frequency,  $2^{11}-1$  PRBS pattern (up) and a reconstructed electrical signal through analog and limiting amplifiers (down).

### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원의 SEED형 연구사업을 통해서 이루어졌습니다.

### 참고문헌

1. E. F. Schubert *et al*, "Solid-state light sources getting smart," *SCIENCE*, **308**, 1274-1278, 2011.
2. T. Komine *et al*, "Fundamental analysis for visible-light communication system using LED lights," *IEEE Trans. On Custom. Electron.*, **50**, 100-107, 2004.
3. M. Wada *et al*, "Road-to-vehicle communication using LED traffic light," *IEEE Intelligent vehicle symposium*, 601-606, 2005.
4. 김승택 외, "백색 LED 조명을 이용한 디지털 신호 전송," *한국정밀공학회 추계학술대회*, 547-548, 2012.