
LED조명 디바이스를 접목한 무선통신 인터페이스 시스템 모듈 성능 분석

장태수* · 이준명* · 박건준** · 김용갑***

Performance Analysis of Wireless Communication Interface System Module
Combined LED Light Device

Tae-Soo Jang* · Jun-myung Lee* · Keon-Jun Park** · Yong-Kab Kim**

이 논문은 2011년도 원광대학교 교비지원에 수행됨

요 약

본 논문에서는 LED(Light Emitting Diode)조명을 통해 통신을 접목하여 이용이 간편한 가시광통신 시스템을 구현하고자 한다. LED 가시광 통신을 실현시키고자 송신부에는 1~12개의 LED 발광 소자와 수신부에는 가변 PD(Photo Diode)인 센서를 사용한다. LED가시광통신을 하고자 개발이 이루어진 송·수신부의 초기 거리 값은 0~1.5m 이상으로 하고, 전체 시스템 전송 속도는 수 천 kbps의 가변성을 가지는 가시광 미디어 전송 시스템을 이루었다. LED 모듈의 전체적인 효율 증대를 위해 렌즈 착용시와 미착용시 성능 실험을 하여 효율 측정을 하였으며, 구현된 연구의 성능 분석을 위한 기존 PC 모듈에 LED 및 PD를 구성하여 LED 개수, 전송속도에 따른 최대 송수신의 통신 거리를 실험하고 응용 방법과 가능성에 대해서 확인하고자 한다.

ABSTRACT

This paper is implemented simple visible light communication system by combining the communications through LED lighting. It uses a variable PD sensor to the receiver and 1~12 the LED light-emitting device to the transmitter to realize LED visible light communication. Initial distance value of the developed transmission and receiver is more than 0~1.5m for LED visible light communication, the overall system transmission rate is organized with thousands kbps variability visible light media transmission system. It was measured the performance experiment during lens wearing or not wearing in order to increase the overall efficiency of the LED module, configures the LED and PD to existing PC module for the performance analysis of the implemented research, experiments the maximum communication distance of the transmitter/receiver according to LED count and the transmission rate, check about application methods and the possibility.

키워드

발광다이오드, 가시광통신, 적외선 센서, 미디어

Key word

LED, Visible Light Communication, IR Sensor, Media

* 준회원 : 원광대학교 정보통신공학과
** 정회원 : 원광대학교 정보통신공학과
*** 정회원 : 원광대학교 정보통신공학과(교신저자, ykim@wku.ac.kr)

접수일자 : 2012. 10. 05
심사완료일자 : 2012. 10. 25

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.11.2431>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

현재 급격하게 성장 중인 발광다이오드(LED: Light Emitting Diode)가 이미 우리 주변에 널리 사용되고 있다. 특히 저탄소 녹색 에너지에 대한 인식을 얻고, 고휘도 LED를 이용한 조명 시설에 대한 관심이 높아짐에 따라 LED조명에 대한 연구가 계속적으로 진행되고 있다.

LED는 초기에 기존 단순 표시등 정도의 용도로 사용되었는데, 이러한 LED의 기본 구조 하에서 여러 IT 응용 기술이 발전하게 되었고, 현재 실생활에서 사용하고 있는 백색 전구와 형광등보다 긴 수명을 가지고 있으며, 응답속도가 빠르고 납과 수은이 없고, 최대 80% 까지 에너지를 적게 소비하는 장점을 가지고 있다. 또한 LED 조명은 색온도와 밝기를 소비자의 요구에 다른 감성적인 제어가 가능하다. 이 LED는 지속적인 발전으로 많은 장점을 초래하였다[1-3].

최근 LED 조명과 통신을 융합한 새로운 어플리케이션의 개발이 이루어지고 있는 가운데, 가시광통신(VLC: Visible Light Communication)이 등장하였다. 가시광통신이란 사람의 눈으로 볼 수 있는 가시광 파장(380~780nm)의 통신방식이며, LED의 OFF일 때 데이터는 '0'이고 ON일 경우는 '1'인 On-Off 방식을 이용 점멸함으로써 데이터 전송이 가능한 방식이다[4-7].

PD(Photo Diode)의 광 신호를 전기적 신호로 전환되는 역할을 하는 소자로 LED로부터 스위칭을 빠른 속도로 인식하고 신호 0과 1이라는 데이터 신호를 복원하게 되는데, LED와 PD의 가시광 신호의 송수신 채널은 직접 경로와 수많은 반사 경로들로 구성하게 된다. 참고연구의 결과를 보면 채널 임펄스 응답 $h(t)$ 는 다음과 같다.

$$h_{vlc}(t) = h_{LOS}\delta(t) + h_{Diff}(t - \tau) \quad (1)$$

여기서, h_{LOS} 는 직접파 신호의 채널이득이고, h_{Diff} 는 반사파 신호에 의한 채널 이득이다. $\delta(\cdot)$ 는 임펄스 함수이고, τ 는 가시광 신호가 수신기에 도달 하는 직접파와 반사파의 경로의 신호 시간차이를 나타내는 변수이다. LED에서 발광하는 빛은 직접파(LOS: Line of Sight) 또는 반사파(None Line of Sight)의 경로를 거쳐 수신기인 PD로 수신된다. 이 논문에서는 직접파의 송수신을 고려하여 시스템을 이루었다[8-10].

본 논문에서는 가시광 통신이 많이 적용되고 있는 LED의 조명 광 기반의 제작된 전송환경을 실내에 배치하여, 전송 시에 발생하는 직접파와 간접파의 특성과 FOV(Field of View) 및 송수신기의 사이의 배치를 고정시킨 후 실험을 하고자 하며, PC 모듈에 LED 및 PD를 구성하여 LED 개수, 전송속도에 따른 최대 송수신의 통신 거리를 실험해 보고자 한다. 이를 통해 향후 차량 내 통신, 차량 간 통신, 항공기내 통신, Mobile to Mobile 및 ITS 등에 응용될 수 있다.

II. 가시광 송수신 구동회로 설계

가시광통신 시스템을 구현하기 위한 기본적 송수신 구성도는 그림 1과 같다. 구성된 구동회로를 우선 설계하고, 응답특성을 알아본다. 이때 실험 환경은 1~12개 백색 LED 배열 구동회로에 공급하여 LED조명과 데이터 통신 신호를 발생 시키게 되는데, 이 LED는 점멸을 통한 전류의 '1'과 '0'의 디지털 신호를 변조 하여 디지털 신호를 구현하게 된다. 이후 수신부에서는 수신 소자에서 데이터 신호를 받아 증폭역할 및 수신 역할을 하게 된다.

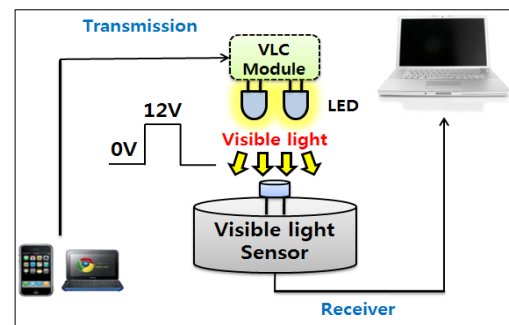


그림 1. 가시광통신의 송·수신 기본 다이어그램
Fig. 1 Visible Light Communication Transmitter · Receiver basic Diagram

2.1. 가시광통신 송신기 모듈

이 실험에 접합한 가시광통신 송신부는 그림 2와 같이 블록도를 나타내었다. 송신부의 PC에서 데이터 신호인 텍스트 및 영상을 입력하게 된다. 이를 디지털 신호로 변환하게 되는 LED로 데이터 신호를 전송하게 되는데,

송신부에 사용된 전체적인 H/W는 모듈은 PCB(CM4 2-Layer), Drive(FET-IR024N), MCU(AT90USB162), 고휘도 White LED로 구성 되었다.

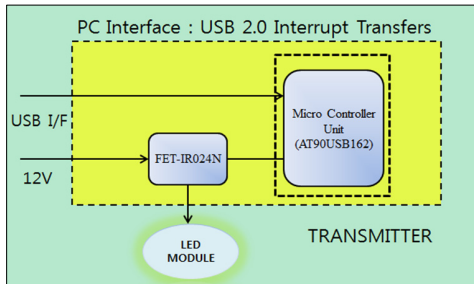


그림 2. 가시광통신의 송신부 접속 흐름도
Fig. 2 VLC transmitter access flow chart

2.2. 가시광통신 수신기 모듈

가시광통신 수신부는 그림 3과 같이 PCB는 송신부와 동일한 USB 형태의 모듈을 사용하였다. 발광부인 LED로부터 데이터 신호를 받기 위한 수신센서(ST-1KB)로 수신하게 되고, 발광부와 같은 메인칩으로 구성하게 되었다. 적외선 센서를 통하여 받은 데이터 신호는 MCU와 OP-AMP(LM311)를 거쳐 PC로 수신하게 된다.

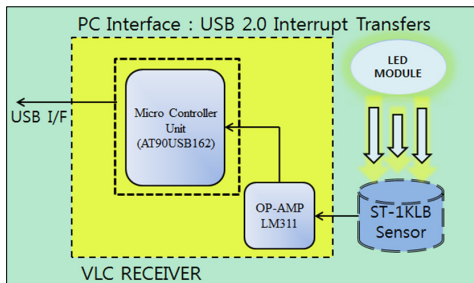
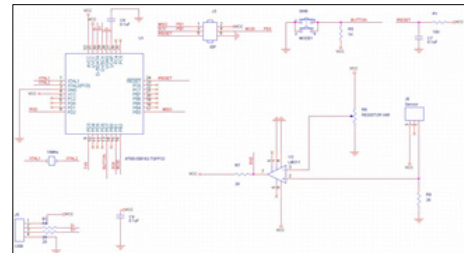


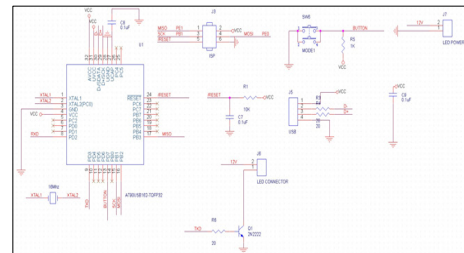
그림 3. 가시광통신의 수신부 접속 흐름도
Fig. 3 VLC receiver access flow chart

2.3. 제작된 H/W 송·수신부

그림 4는 제작된 송신부인 PC기반 LED 가시광통신 회로도이며, 그림 5는 회로도를 바탕으로 조명용 가시광통신 시스템의 수신부를 설계하여 최종적으로 제작된 시스템이다. 송신부에는 고휘도 White LED가 속해져 있으며, 수신부는 데이터 신호를 받기 위한 가시광센서가 장착되어진 회로도이다.



(a)



(b)

그림 4. (a) 가시광통신의 송신부 회로도(상)
(b) 가시광통신의 수신부 회로도(하)

Fig. 4 (a) VLC transmission transmitter schematic(Up)
(b) VLC reception receiver schematic(Down)

그림 4(a)에서는 송신부인 LED는 서울반도체사의 고휘도 18W의 Power LED 12개로 이루어진 모듈을 사용하였다. PC를 이용 송신부에서 데이터 신호를 IR024N을 통해 LED로 발광하여 출력하게 되고, 전송된 광 신호는 수신부에 위치해 있는 적외선센서로 수신 되게 된다.

그림 4(b)는 수신부로써 KODENSHI사의 적외선센서 ST-1KLB칩을 장착하였으며, VLC 송신부에 전송된 데이터 신호는 수신센서로 입사되고, 미약한 전기 신호를 증폭하기 위한 OP-AMP인 LM311칩을 통해 MCU를 거쳐 수신하게 된다.

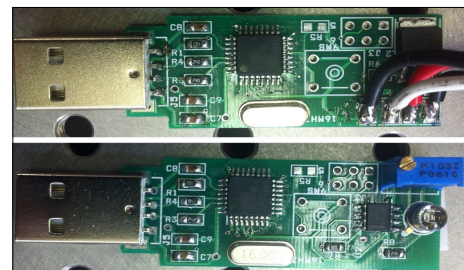


그림 5. 제작된 VLC 송·수신기 H/W
Fig. 5 VLC Manufactured transmitter · receiver H/W

III. 결과 및 검토

본 논문에서 PC 모듈을 접목한 고휘도 White LED 조명을 이용한 미디어 전송 시스템을 구현하였다. 그림 6은 설계된 조명용 가시광통신 시스템의 성능 평가를 하기 위한 연결 그림이다.

송신부인 LED로부터 보내진 데이터 신호는 수신부에서 검출되는 전기신호를 Oscilloscope를 이용하여 가시광 수신센서를 통해 검출된 전압 값을 측정하였다.



그림 6. 가시광통신 성능평가 및 연결 모습
Fig. 6 VLC system performance evaluation and link form

그림 7은 LED는 night에 이용되는 점을 구현하기 위해 Dark Room을 구성하고, 구현된 성능 실험 시스템의 송·수신기를 PC에 직접 연결하여 미디어나 문자를 주고받을 때 전압 값을 거리별로 측정하였다. 1m까지는 전압 값이 거의 일정하였으나 1.1m 이후로는 급격하게 전압이 떨어지는 것을 알 수 있었으며, 30cm에서는 전압 값 9.6[V], 1.9m에서는 약 8.5[V]로서 약 1.1[V]의 전압손실을 나타내었다. 또한 약 1.9m 이상의 거리일 경우는 빛의 세기가 미비하여 정확한 데이터 수신에 어려움이 있었다.

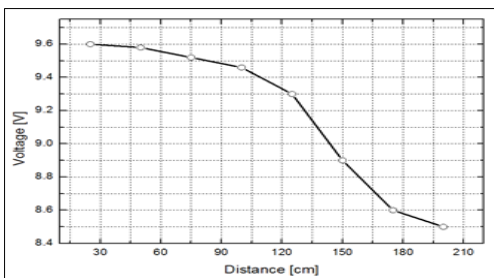


그림 7. 통신 거리에 따른 전압의 변화의 값
Fig. 7 The value of Changing of the voltage by communication distance

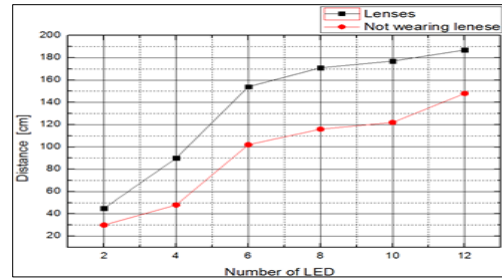


그림 8. LED 모듈에 따른 렌즈 착용시·미착용시
Fig. 8 Lens Wearing · Not wearing by LED module

그림 8은 LED의 각 모듈에 따른 렌즈 착용시와 미착용시를 측정해보았다. 먼저 렌즈를 착용한 이유는 착용하지 않을 시의 LED는 빛이 배광특성이 넓게 나오는 반면, 렌즈 착용시에는 배광특성이 직진성을 가지게 되어 빛을 모아주는 역할을 하게 된다. 렌즈 착용시 통신거리가 외란광의 의한 데이터 손실이 적어 가장 좋은 성능을 보여 렌즈 착용시와 미착용시의 실험을 하게 되었다.

그림 8과 같이 렌즈 착용시 1.87m까지의 통신거리가 측정되었으며, 렌즈 미착용시에는 1.48m로 측정되었다. 이는 렌즈 착용시와 미착용시의 거리는 약 최소 13cm ~ 최대 55cm까지의 통신거리 오차를 보였다. 그리고 렌즈 착용시 전체 약 20% 효율이 증가함을 보였다. 통신거리를 개선하기 위해서는 LED 모듈 개수를 늘려 광출력을 증가 시켜 주어야 한다.

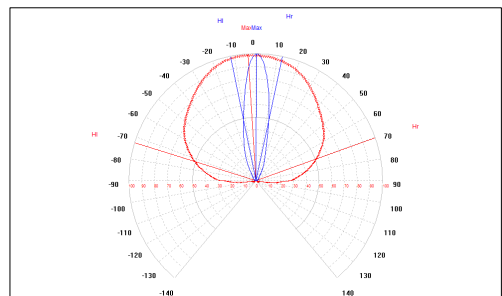


그림 9. 고휘도 White LED의 배광특성 (렌즈 착용·미착용)

Fig. 9 luminous intensity distribution characteristic of High brightness white LED (Lens Wearing · Not wearing)

그림 9는 실제 실험에 사용된 가시광통신 시스템의 발광부인 LED 배광특성을 측정한 실험결과이다. LED

의 측정장비 중 하나인 Goniometer로 배광특성을 측정해본 결과 실험에 사용된 LED는 그림 8과 같이 렌즈 착용시와 미착용시를 측정하였다. 실험결과 렌즈 미착용시의 좌우 대칭 105°의 결과 값이 측정되었고, 렌즈 착용시 좌우대칭 10°로 LED 배광특성을 측정하였다.

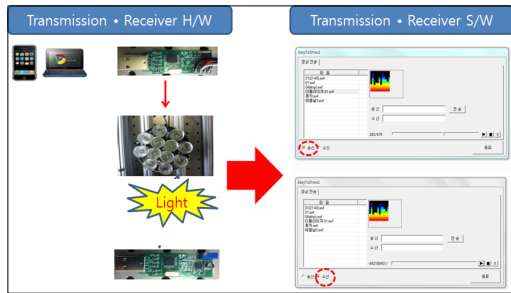


그림 10. 가시광통신의 H/W, S/W 방법
Fig. 10 VLC H/W, S/W method

그림 10은 H/W와 S/W의 최종 순차적인 방법을 나타낸 그림이다. PC에 적용되는 USB형태의 송·수신기 모듈을 설계 제작하여 송신부에 속한 LED 조명을 통해 광을 응용해 무선통신을 이루었으며, LED의 점멸을 통해 수신부에 장착된 센서로 데이터 신호를 받게 되어, 미약한 데이터신호를 증폭을 통해 수신 PC에 텍스트 및 영상이 출력 확인이 가능하게 되는 방법을 확인하였다.

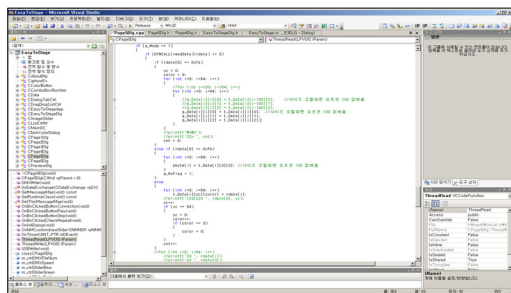


그림 11. Visual Studio 이용한 프로그램 설정
Fig. 11 Program set-up using Visual Studio

그림 11은 컴퓨터 프로그래밍 언어로 작성된 가시광통신 이용하여 데이터의 송·수신 상태를 확인할 수 있는 프로그램이다. PC로 통해 미디어 및 문자를 발광부인 LED로 전송 시켜 수신부인 모듈은 데이터신호를 증폭시키게 되고 그 신호는 수신 PC를 통해 전송되는 방식이다.

이 실험은 가시광통신의 LED와 렌즈에 따른 배광특성 그리고 수신센서에 최고 1.87m 까지 에러 없이 전송이 가능하게 만든 시스템이다. 통신을 개선하기 위해서는 LED개수를 늘리거나 LED를 직접 설계하게 되면, 현재 사용된 LED모듈 보다 가시광통신에 적합한 통신용 LED가 설계 제작되면 통신 개선이 증가할 것이다.

IV. 결 론

본 논문의 LED 가시광통신용 미디어 전송 기술을 통하여 새로 설계 제작한 가시광통신용 VLC 시스템 및 이에 따른 성능 분석을 하였다. LED의 전송속도 따른 최대 송·수신거리를 분석하였고, LED 수가 증가함에 따라 수신부에 비춰지는 조도가 높아져 가시광 송수신 사이의 거리가 증가함을 알 수 있었으며, LED송신부에 전송거리를 더 증가하기 위해 렌즈를 장착하였고 이에 따라 전송거리가 증가함을 알 수 있었다. 그리고 가시광센서가 아닌 기존에 널리 알려진 적외선 센서를 장착한 결과 문자를 포함한 미디어 재생이 실현 가능하였다. 향후 외란 광의 주야간 빛의 정보 및 처리속도, 통신거리를 알아보고 RGB LED모듈을 사용하여 가시광통신 실현가능 여부를 확인 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 원광대학교 교비지원에 의해서 수행됨.

참고문헌

- [1] 강희조, "가시광 무선통신 시스템과 응용에 관한 연구" 디지털콘텐츠 학회 논문지, 제 8권, 제4호 p.425-430, 2007,
- [2] Sang-Kyu Lim, Tae-Gyu Kang, Dae Ho Kim, Ill Soon Jang, "Implementation and Demonstration of 4B6B Line Code for Nonflicker in VLC,"IEEE 802.15.7, IEEE 802.15-10-0059-00-0007, 2010.

- [3] 공인엽, 김호진“LED 조명 기반 가시광 무선 통신을 이용한 실내 위치 인식 실험 및 분석”, 한국정보통신학회 논문지 제 15권, 제 5호, p.1045-1052
- [4] 조상호, 한상규, 노정욱, 홍성수, 장병준, “조명용 LED 의 스위칭 구동 회로로 변조되는 가시광 통신 시스템의 구현”, 한국전자과학회논문지, 제21권, 제8호, p.905-910, 2010.
- [5] 박인환, 김윤현, 김진영, “가시광 통신 시스템의 간섭 완화 성능”, 통신위성우주산업연구회논문지, 제 6권, 제 1호, p.57-62
- [6] 김지형, 김관웅, 김용갑, “전력선 통신 기반 HD급 미디어 전송 시스템 설계 및 성능 분석”, 대한전기학회논문지, 제 59권, 제 1호, p192-196, 2010.
- [7] 김권우, 한동열, 이승호, 광려혜, 김민규, 김정표, 박현덕, 이준탁, “고휘도 LED를 이용한 단거리 가시광 통신 모듈레이터 설계 및 제작”, 대한전기학회 제 41회 하계학술대회, p.2215-2216, 2010.
- [8] 황준호, 이지수, 유명식, “실내 가시광 무선 통신 시스템의 수신 광도 변화 추적 기반 단말기 위치 및 수신각 추정 알고리즘”, 대한전자공학회논문지, 제 49권, 제 3호, p.60-67, 2011.
- [9] Y. Tanaka, T.Komine, S. Haruyama, and M.Nakagawa, “Indoor visible light transmission system utilizing white LED light”, IECE Trans. on Commum. vol. E86-B, no.8, p.2440-2454, 2003
- [10] T. Komine, M.Kakagawa, “Fundamental analysis for visible light communication system using LED light”, IEEE Trans. on Consumer Electron. vol.50, no.1, p.100-107, 2004

저자소개



장태수(Tae-Soo Jang)

2011년 원광대학교
정보통신공학과(공학사)
2011년 원광대학교 대학원
정보통신공학과(석사과정)

※ 관심분야: LED통신, 무선통신, 디지털통신



이준명(Jun-Myung Lee)

2012년 원광대학교
정보통신공학과(공학사)
2012년 원광대학교 대학원
정보통신공학과(석사과정)

※ 관심분야: LED통신, 무선통신, 디지털통신



박건준(Keon-Jun Park)

2003년 원광대학교
전기전자공학부(공학사)
2005년 원광대학교
제어계측공학과(공학석사)

2010년 수원대학교 전기공학과 (공학박사)
2010년~2012년 원광대학교 공과대학 POST-BK21
Post-Doc

2012년~현재 원광대학교 리서치펠로우 연구교수
※ 관심분야: 컴퓨터 및 인공지능, 퍼지추론시스템,
신경망, 유전자 알고리즘 및 최적화이론



김용갑(Yong-Kab Kim)

1988년 아주대 전자공학과(공학사)
1993년 앨라바마 주립대(공학석사)
2000년 노스캐롤라이나 주립대
전기·컴퓨터공학과
(공학박사)

2003년~ 원광대학교 정보통신공학과 정교수
2006년~ 공과대학 POST-BK21 사업단장
2012년~ LED특성화 인력양성사업단장
※ 관심분야: 가시광통신시스템, 전력선통신