

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.4.37>

JIWIT 2012-4-6

LED 통신기반 멀티 홉 무선 전송네트워크시스템

LED Communication-based Multi-hop Wireless Transmission Network System

조승완*, 리데덩**, 안병구***

Seungwan Jo, Le-The Dung, Beongku An

요 약 LED는 빛을 내는 반도체 이다. 최근 친환경적 산업이 발전함에 따라 LED조명의 연구가 활발하게 진행되어 가고 있다. 특히 LED를 이용한 통신기법인 LED 통신에 대한 활발한 연구가 진행 중이다. 본 논문에서는 LED 통신 기반 멀티 홉 무선 전송네트워크시스템을 설계 구현하였다. 설계된 시스템은 LED를 이용한 송신부 회로, PD와 OP-Amp를 이용한 수신부 회로 및 멀티 홉 지원을 위해서 PD, OP-Amp 및 LED로 구성된 릴레이로 시스템이 구성된다. 설계된 시스템의 실험은 다음처럼 진행되었다. 송·수신부 양 끝단에 컴퓨터를 연결하고, 중간 노드로서 두 개의 릴레이를 송·수신 컴퓨터 사이에 연결한다. 그리고 텍스트 전송프로그램을 이용하여 텍스트를 연속적으로 전송하였다. 이때 보드 레이트, 전송거리 등 다양한 변화를 주면서 실험을 진행하였다.

Abstract LED is just a semiconductor which can produce light. Currently, there are active research works on LED lighting technologies according to the growth of energy-saving environmental industry. Especially, LED communication is one of the active research works in these fields. In this paper, we design a LED communication-based multi-hop transmission wireless network system. The designed system consists of a transmission circuit system(transmitter) using LED and a receiving circuit system(receiver) using PD(photo detector) and OP-Amp, and relay system which can support multi-hop wireless network service with PD, OP-Amp, and LED, respectively. The experiments for the designed system are performed as follows. One computer is connected at the end of transmitter and receiver, respectively. There are two relays between transmitter and receiver, and text files are transmitted continuously by using text transmission programming. In this experiment, we test the performance with various baud rates, transmission ranges.

Key Word : LED communication, Multi-hop, Wireless network

1. 서 론

최근에 LED(light emitting diode)는 미래의 에너지 절약 조명 소스로서 각광을 받고 있다^[1]. LED는 긴 수명,

작은 크기와 저 전력 소모 등과 같은 특징을 가지고 있다. 따라서 LED는 큰 사이즈의 칼라 디스플레이들^[2], 교통 조명 등에 많이 사용되고 있을 뿐만 아니라, 점진적으로 전통적인 조명 시스템들이 LED 조명으로 대체되고 있다.

*준회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

**준회원, 홍익대학교 대학원 전자전산공학과

***종신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

접수일자 : 2012년 5월 17일, 수정완료 : 2012년 6월 29일

게재확정일자 : 2012년 8월 10일

Received: 17 May 2012 / Revised: 29 June 2012 /

Accepted: 10 August 2012

***Corresponding Author: beongku@hongik.ac.kr

Dept. of Computer & Information Communications Engineering, Hongik University, Korea

또 하나의 중요한 응용은 LED를 조명과 신호전송을 위한 소자로서 통신에 함께 사용하기 위한 연구가 최근에 활발하게 진행되고 있다. LED 기반 통신 시스템은 기존에 RF(radio frequency) 기술에 의해서 사용되었던 짧은 거리, 실내 무선통신 서비스 등에 효과적으로 적용 가능하다^[3]. 유비쿼터스 기술에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데 주파수 할당 규제가 있는 RF 무선통신에 비해 국제적 규제가 없는 LED 통신 기술은 보안성 또한 보장되어 미래 첨단 기술로 주목을 받고 있다. LED 통신(가시광 통신)은 380nm에서 780nm의 파장(Wavelength)을 갖는다. 이 파장을 주파수로 바꾸면 385 THz에서 789THz에 해당한다. 가청 주파수 대역은 20Hz에서 20,000Hz, Zigbee와 Bluetooth는 2.4 GHz, IEEE 802.15-3C는 60GHz에 해당하므로 가시광 통신의 주파수는 기존의 무선 통신의 주파수와 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 특히, 조명과 동시에 통신을 할 수 있다는 점이 특징이며 장점이라 할 수 있다^[4-7].

현재 무선 네트워크는 RF 기술에 의해서 거의 독점되고 있다. 그러나 LED 기반 네트워크 송수신 시스템들^[3]은 기존의 RF에 비해서 대역폭, 보안, 에너지 절약 등의 장점을 가지고 있기 때문에 조만간에 LED 기반 송수신 시스템이 기존의 RF시스템들을 대체할 것으로 내다보고 있다.

본 논문에서는 LED 통신기반 멀티 홉 무선 전송 네트워크시스템을 설계하고 시스템의 성능을 평가한다. 본 논문은 다음처럼 구성되어 있다. II장에서는 논문에서 제안하는 시스템의 구조와 동작원리에 대해서 설명을 하고, III장에서 제안하는 시스템의 성능평가를 실시한다. 그리고 IV장에서는 결론을 내고 논문을 마무리한다.

II. 시스템 구조 및 동작원리

1. 시스템구조

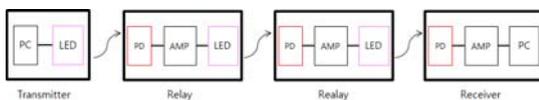


그림 1. LED 통신기반 무선 전송네트워크 시스템
Fig. 1. LED communication-based Wireless Transmission Network System

그림 1은 본 논문에서 제안 구현한 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

가. 전송부

전송부의 경우 컴퓨터의 시리얼포트에서 데이터를 전송하는 부분인 3번 핀(TxD)에 LED의 (+)극을 연결하고 (-)극을 5번 핀(GND)에 연결하여 전송비트가 1인 경우 TxD에 5V가 전압이 걸리기 때문에 LED가 켜지고 전송비트가 0인 경우 0V가 걸리기 때문에 LED가 꺼진다. 송신부 LED에서 on/off의 반복으로 디지털 신호를 만들어 낸다. 그림 2는 송신부 시스템의 회로 구성도를 보여주고 있다.



그림 2. 송신부
Fig. 2. Transmitter

나. 릴레이부분

릴레이(relay) 부분에서는 전송부에서 LED의 깜박거림으로 빛을 수신하여 PD로 보내져 릴레이의 LED을 깜박거리게 만들어 데이터를 목적지로 보낸다. 이때 PD에서는 LED가 켜진 경우에만 반응 하여 전압이 발생한다. 이때 흐르는 전압은 매우 낮다 그래서 릴레이의 LED를 켜기 위해 OP-Amp를 이용하여 릴레이의 역할을 수행한다. 그림 3은 릴레이의 시스템의 회로 구성도를 보여주고 있다.

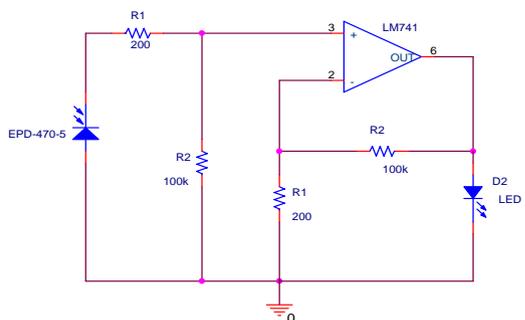


그림 3. 릴레이
Fig. 3. Relay

다. 수신부

릴레이에서 LED의 깜박거림으로 빛을 수신부의 PD로 전송하게 된다. 이때 PD에서는 LED가 켜진 경우 반응을 하여 회로에 전류를 흐르게 하고 LED가 꺼진 경우 반응을 하지 않아 회로에 전압이 흐르지 않게 된다. 이때 흐르는 전압은 매우 낮다. 따라서 컴퓨터에서 인식할 수 있게끔 하기위해 OP-Amp를 이용하여 전압을 컴퓨터가 1과 0을 구분할 수 있는 수준인 5V에 가깝게 증폭을 시켜준다. OP-Amp를 통해 증폭된 신호는 수신부 컴퓨터의 시리얼 포트의 2번 핀(RxD)과 연결되어 컴퓨터로 전송을 하게 된다. 그리고 소자의 그라운드에는 5번 핀(GND)에 연결한다. 그림 4는 수신부 시스템의 회로 구성도를 보여주고 있다.

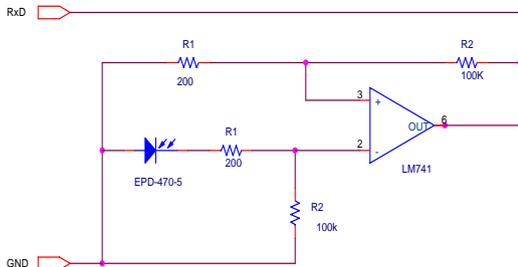


그림 4. 수신부
Fig. 4. Receiver

2. 시스템 동작원리

LED 통신기반 무선 전송네트워크 시스템에서는 앞서 연구된 LED 통신 기반 PC-PC전송 시스템에 대한 내용을 기반으로 하여 네트워크를 구성하였다^[8]. LED통신 기반 PC-PC전송 시스템은 시리얼 라인에서 송신측에서 데이터를 TxD 끝단에 LED를 부착해서 LED를 통해 비트 데이터를 전송한다. 수신측에서는 PD를 이용하여 LED가 비트 데이터를 인식한다. 이때 인식되는 전압 값이 너무 낮기 때문에 OP-Amp를 이용하여 송신측에서 전송하는 전압과 유사한 전압 레벨까지 증폭하게 된다. 이렇게 증폭된 데이터 비트는 시리얼 포트를 통해 컴퓨터로 전달되고 컴퓨터는 비트를 분석하여 텍스트로 변환시켜 결과를 출력한다. 이런 원리를 응용하여 릴레이 역할을 하는 회로를 추가 해 시스템을 구성하였다. 본 논문이 제안하는 릴레이는 전송부의 LED에서 나오는 신호를 PD로 받는다. PD에서 나오는 전압 값이 매우 낮기 때문에 신호를 보내기 위해 설치된 LED를 켤 수가 없어

OP-Amp를 사용하여 이 문제를 해결한다. 본 논문에서 제안하는 OP-Amp의 증폭률(V_{out})은 다음과 같다.

$$V_{out} = (V_2 - V_1)R_2/R_1 \quad (1)$$

여기서 V_2 가 PD에서 받아들이는 전압이 된다.

위 회로(그림 3)의 증폭률을 계산하면 500배가 된다. 하지만 실제 계산결과 498배가 되었다. 오차가 발생한 원인은 저항의 오차범위로 인해 생기는 오류이다.

III. 성능평가

1. 성능평가 환경

표 1은 제안된 시스템의 성능평가를 위한 실험환경을 설명하고 있다.

표 1. 성능평가 환경

Table 1. Environments for Performance Evaluation

	구분	제품
송신부	Program	• RS232 Monitor
	OS	• Microsoft WindowXP Sp3
	LED	• 10ΦLED
릴레이	Photo Diode	• EPD-470-5
	LED	• 10ΦLED
	OP-Amp	• UA741CN
수신부	Program	• RS232 Monitor
	OS	• Microsoft WindowXP Sp3
	Photo Diode	• Osram의 SFH213
	OP-AMP	• UA741CN

송·수신부 양 끝단에 컴퓨터를 연결하고 중간 연결 노드로서 두 개의 릴레이를 송·수신 컴퓨터 사이에 연결한다. 그리고 텍스트 전송프로그램인 RS232 Monitor를 이용하여 'UNCL'라는 텍스트를 연속적으로 전송하였다. 이때 baud rate를 110bps~2400bps_까지 변화를 주면서 실험을 진행하였다. 그림 5는 본 성능평가에서 사용된 시스템 구성도를 보여주고 있다.

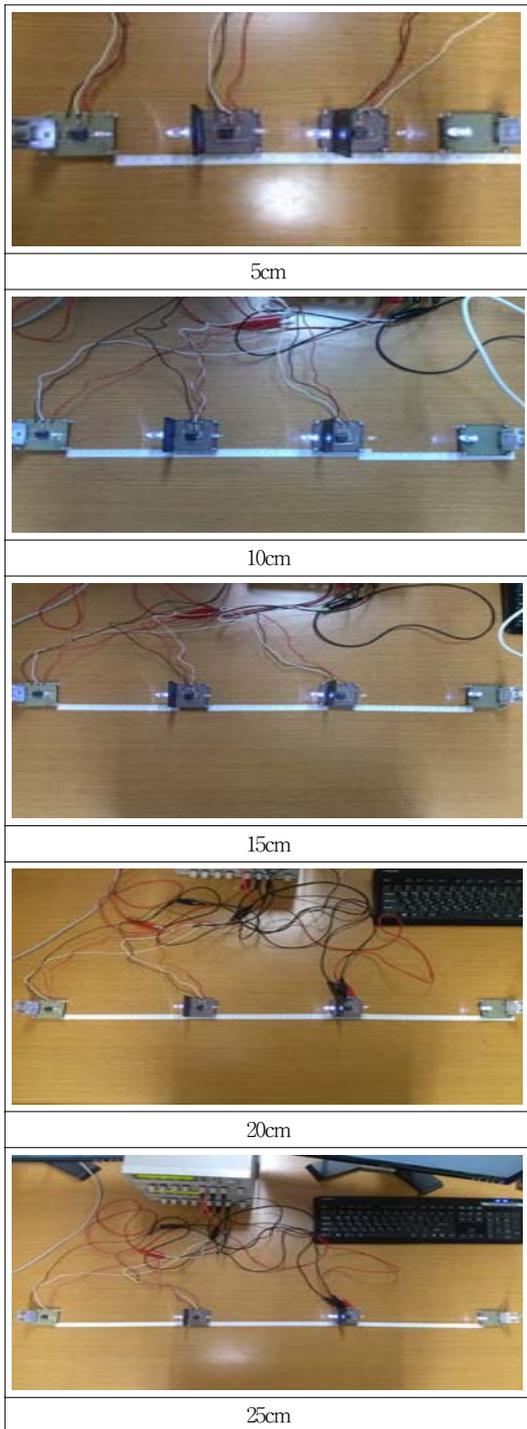


그림 8. 전송거리에 따른 실험결과
 Fig. 8. Experiment results according to transmission range

IV. 결 론

본 논문에서는 LED 통신 기반 멀티 홉 무선 전송네트워크 시스템을 제안 설계한다. 설계된 시스템은 송신부, 릴레이, 수신부로 구성되어 있다. 제안 설계된 시스템의 성능평가는 다음처럼 이루어진다. 첫째, 전송 보드 레이아웃을 변화 시키면서 전송을 테스트 하였다. 둘째, 각 홉 사이의 전송 거리를 변화시키면서 전송을 테스트 하였다. 전송 텍스트 파일은 RS 232 Monitor 텍스트 전송 프로그램을 사용하였다. 그림 6과 표 2에서 보는 것처럼 보드 레이아웃이 2400 bps 이상이면 전송이 되지 않고 있음을 알 수 있다. 그림 8과 표 3에서 설명하고 있는 것처럼 각 홉사이의 거리가 25cm 이상이면 전송이 되지 않고 있음을 알 수 있다. 현재 본 연구진들은 전송 속도의 향상과 거리 증가에 따른 고속전송 및 멀티미디어 전송에 대한 연구를 지속적으로 진행하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] Wang Rui, Duan Jing-yuan, Shi An-cun, Wang Yong-jie, Liu Yu-liang, "Indoor Optical Wireless Communication System Utilizing White LED Lights," Proc. of APCC 2009, October 2009.
- [2] Deng Chunjian, Liu Wei, Zou Kun, Yang Liang, "A solution of LED Large Screen Display Based on Wireless Communication." Proc. of 2010 Asia-Pacific Conference on Wearable Computing Systems, April 2010.
- [3] T.D.C. Little, Senior Member, IEEE, P. Dib, K. Shah, N. Barraford, and B. Gallagher, "Using LED Lighting for Ubiquitous Indoor Wireless Networking," Proc. of IEEE International Conference on Wireless & Mobile Computing, Networking & Communication 2008, October 2008.
- [4] Toshihiko Komine and Masao Nakagawa, "A study of shadowing on indoor visible-light wireless communication utilizing plural white LED lightings," Proc. of ISWCS 2004, pp.36-40, 2004.
- [5] Toshihiko Komine, Masao Nakagawa, "Fundamental Analysis for Visible-Light Communication

- System using LED Lights,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 50, No. 1, February 2004, pp.100-107.
- [6] Toshihiko Komine and Masao Nakagawa, “Performance evaluation of visible-light wireless communication system using white LED lightings,” Proc. of ISCC 2004, pp.258-263, 2004.
- [7] Komiyama, T.; Kobayashi, K.; Watanabe, K.; Ohkubo, T.; Kurihara, Y. “Study of visible light communication system using RGB LED lights,” Proc. of SICE 2011, pp.1926-1928, 2011.
- [8] Kyusung Shim, Le The Dung, Beongku An, “LED Communication-based PC-PC Transmission System,” Journal of IWIT, vol.12, no. 1, pp. 181-187, February 2012.

※ 이 논문은 2012학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

저자 소개

조 승 완(준회원)



- 2011년 ~ 현재 : 홍익대학교 컴퓨터 정보통신공학과 재학
- <관심분야 : Wireless Network, VLC>

리데팅(준회원)



- 2008년 : University of Technology, Ho Chi Minh City (BS)
- 2010년 ~ 현재 : 홍익대학교 대학원 전자전산공학과 재학(박사과정)

<주관심분야 : Mobile Ad-hoc, Multicast Routing, Cooperative Communication, Network Coding,>

안 병 구(중신회원)



- 1988년 : 경북대학교 전자공학과(BS)
- 1996년 : (미)Polytechnic University, Dept. of Computer and Electrical Eng., USA(MS).
- 2002년 : (미)New Jersey Institute of Technology(NJIT), Dept. of Computer and Electrical Eng., USA.(Ph.D)
- 1989년 ~ 1994년 : 포항산업과학기술연구원(RIST), 선임연구원
- 2003년 ~ 현재 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
- 2005년 ~ 2011년 : Marquis Who's Who in Science and Engineering was listed.(세계과학기술인명사전 등재)
- 2006년 ~ 2011년 : Marquis Who's Who in the World was listed.(세계인명사전 등재)
- 2012년 ~ 현재 : 대한전자공학회 컴퓨터소사이터티 회장
- <주관심분야 : Wireless Networks, Ad-hoc & Sensor Networks, Multicast Routing, QoS Routing, Cross-Layer Technology, Cooperative Communication, Network Coding, Bioinformatics, LED Communication>