유비쿼터스 센서 네트워크용 LED 가시광통신 송수신 모듈 및 효율 연구

장태수* · 권재현* · 김용갑* · 박춘배**

A LED Light Communication Transceiver Module for Ubiquitous Sensor Networks

Tae-Su Jang* · Jae-Hyun Kwon* · Yong-Kab Kim* · Choon-Bae Park**

요 약

본 논문에서는 PC모듈 기반으로 LED(Light Emitting Diode)의 White조명을 이용한 VLC(Visible Light Communication) 송·수신기 모듈의 미디어 전송 시스템을 구현하고 전송 기술에 대해 성능 분석을 하기 위한 연구이다. LED가시광통신을 실현시키고자 송신부에는 1~12개의 LED발광소자와 수신부에는 가변 센서를 사용 하고자 한다. LED가시광통신을 하고자 개발이 이루어진 송·수신부의 초기 거리 값은 0~1m이상으로 하고 전체 시스템 전송 속도는 수천 kbps를 가지는 가시광 미디어 전송 시스템을 이루었다. 성능 분석을 위해서, PC 모듈에 LED 및 적외선센서를 구성하여 예측 및 통신 거리에 분석하여 응용 방법과 가능성에 대해서 확인하고자 한다. LED 모듈의 전체적인 효율 증가를 위하여 렌즈 착용시와 미착용시 각 성능을 측정하여 약 20%의 효율이 증가하였음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

This paper is implemented media transmission system of VLC transmitter and receiver module using LED of White lighting that is based on PC module and to transmission technology for performance analysis. To realize LED visible light communication receiver is used 1~12 LED light-emitting device and transmitter is used a variable sensor. Developed initial distance of the tranceiver is more than 0~1m for LED VLC and the overall system transmission speed is achieved on variable having Visible light media transmission system. Composition to PC module with LED module and infrared sensor for performance analysis, predict and analyze the communication distance, check about the possibility of application methods. Measure each performance when the lens wearing and not wearing in order to increase the overall efficiency of the LED module, can know that increase efficiency of approximately 20%.

키워드

Light Emitting Diode. Visible Light Communication, IR Sensor, Media transmission
발광다이오드. 가시광통신, 적외선센서, 미디어 전송

Ⅰ. 서 론

Green IT 기술의 발전으로 오늘날 누구나 사용하고 있는 다양한 통신 기술이 진보되어고 있다. 이는 대용량 데이터 정보를 고속으로 처리하기 위해 진행되어 왔는데, 그 중에 LED(Light Emitting Diode)조

* 원광대학교 정보통신공학과(1stepjan@wku.ac.kr)　** 교신저자 : 원광대학교 정보통신공학과(cbpark@wku.ac.kr)
접수일자 : 2012. 07. 25　심사(수정)일자 : 2012. 11. 19　게재확정일자 : 2012. 12. 10

명이 있는 곳이라면 어디서나 무선통신을 할 수 있는 기술이 국내·외 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 가시광통신(VLC : Visible Light Communication)이 관심을 끌고 있는 데 LED를 사용하는 가시광통신이 그 예이다[1,2].

가시광통신이란 사람의 눈으로 볼 수 있는 가시광 파장을 이용한 통신방식이며, LED의 On-Off을 점멸하면서 데이터 전송이 가능한 방식이다. 발광다오드인 LED 조명으로 교체되는 인프라를 사용하여 정보를 각 객체에 전송하고 이를 재이용하는 새로운 정보통신 기술이다[3,4]. 이러한 가시광통신은 언제 어디서나 이용 가능한 무선 통신으로 보조적인 역할을 수행할 수 있는 RF에 기초한 무선 통신 기술과 비교하여 많은 장점을 가지고 있다. 장점으로는 가시광 통신은 조명과 통신의 기능을 동시에 수행할 수 있어 기존 조명을 대처 할 수 있는 인프라 구조를 추가 비용 없이 무선 통신에 활용 할 수 있다는 점이 있다. 그리고 주파수 자원에 따른 희소성 때문에 사용시 허가를 받아야하는 반면, 가시광통신은 주파수 허가 없이 다른 용도의 간섭 없이 실질적으로 바로 사용 가능할 수 있다. 또한 가시광통신은 통신의 매체로 광을 사용하기 때문에 전자파가 나오질 않아 인체의 무해하여, 오작동이나 기능의 문제로 심각한 문제를 일으킬 수 있는 기내, 병원 내 등에 응용될 수 있다. 이러한 장점들을 기반으로 조명과 통신을 동시에 실현함으로써 융합시스템의 활용방안이 증가 할 것이다[5].

이에 본 논문에는 LED의 광, 통신의 전송환경을 고려한, LED의 조명 광 기반의 제작된 전송환경을 송수신기의 사이의 배치를 이동거리 측정을 하고, PC 모듈에 LED 및 PD를 구성하여 LED 개수, 전송속도에 따른 최대 송・수신의 통신 거리를 실험해 보고자 한다. 그리고 가시광통신에 있어PD(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 직접경로와 수많은 반사 경로들로 구성하게 된다[6,7].

본 논문에서는 가시광 통신이 많이 적용되고 있는 LED의 조명 광 기반의 제작된 전송환경을 실내에 배치하여, 전송시에 발생되는 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, 차량간 통신, 항공기내 통신, Mobile to Mobile 및 ITS등에 응용될 수 있다

II. 가시광통신 송수신 설계

본 논문에서 PC 모듈을 접목한 가시광통신 LED조명 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 시스템의 이용방법은 기존 PC 모듈을 이용하여 입력된 데이터 신호를 VLC 송신부 모듈에 전송하게 되어, LED조명에 의해 전송된 데이터 신호를 수신부에 장착된 센서에 전송된다. 송·수신 모듈에는 각각 AT90USB162 메인칩을 사용하였다. 송신 모듈의 메인칩은 FET DRIVE를 통해 LED 모듈에 전송된다. 수신부에는 전송된 신호를 가시광 수신 센서인 LM311센서로 전달되어 다시 메인칩으로 즉 VLC 수신부측으로 데이터를 수신되는 형태이다.

2.1 가시광통신

가시광통신 시스템에서의 기본 구성도는 그림 1에 나타내었다. 송신부는 데이터 전송에 속한 LED를 바꾸기 위해 펄스 신호로 이루어진다. 광원의 세기 변조(Optical Intensity Moduleation : IM) 방식과 광검출 다이오드(Photodiode : PD)를 이용한 광세기 직접검출 (Direct Detection : DD) 방식으로 신호를 변복조 한다[8].

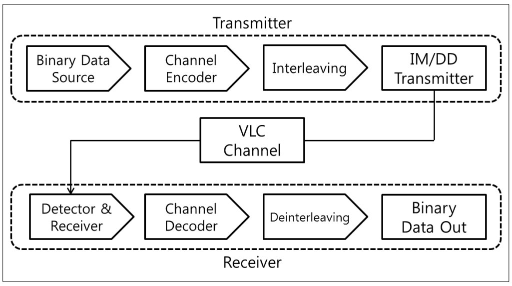

그림 1. 가시광통신의 송・수신 기본 다이어그램
Fig. 1 Visible light communication transmitter・receiver basic diagram

2.2 가시광통신 송신기 모듈

본 논문의 가시광통신 신호를 전송하는 송신부의 접속 구성도는 그림 2와 같다. 송신부 H/W는 크게 PCB(CM4 2-Layer), MCU, 고휘도 LED로 모듈로 구성 되었다. 기존에 사용되는 PC에서 보내어진 데이터 신호는 VLC 송신부인 LED로 데이터 신호를 전송된다.

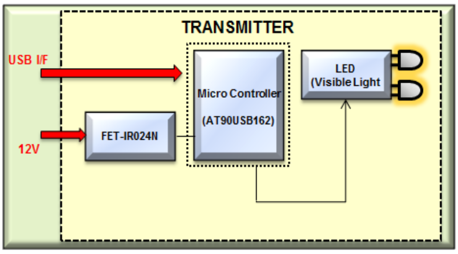

그림 2. 가시광통신의 송신부 접속 구성도
Fig. 2 VLC transmission access block diagram

2.3 가시광통신 수신기 모듈

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

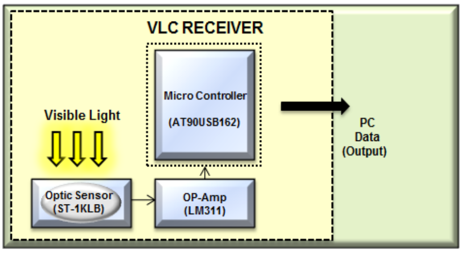

그림 3. 가시광통신의 수신부 접속 구성도
Fig. 3 VLC reception access block diagram

2.4 설계된 H/W 송・수신부

그림 4는 설계된 송신부인 PC기반 LED가시광통신 회로도이며, 그림 5는 회로도를 바탕으로 조명용 가시광통신 시스템의 수신부를 설계하여 최종적으로 설계된 시스템이다. 송신부에는 White Power LED가 속해져있으며, 수신부는 데이터 신호를 받기 위한 수신센서가 장착되어진 회로도이다.

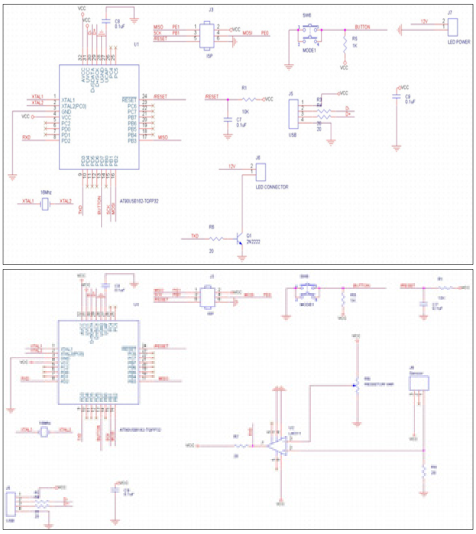

그림 4. 가시광통신의 송신부 회로도(상)
가시광통신의 수신부 회로도(하)
Fig. 4 VLC transmission access schematic(Up)
VLC recepation access schematic(Dowm)

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

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

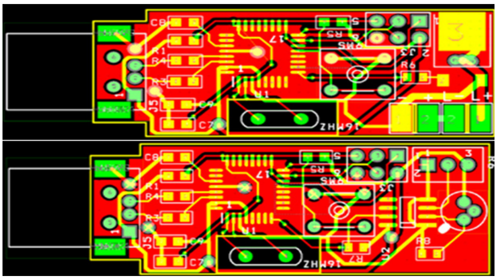

그림 5. 설계된 VLC 송・수신기 H/W
Fig. 5 Manufactured VLC transmitter・receiver H/W

III. 결과 및 검토

본 논문에서 구현된 시스템 성능을 알기위해, 가시광 송신부에 사용되는 White LED 배열, 시스템 전송속도 따른 최대 가시광 송·수신거리 등의 성능을 분석하였다. 성능 분석을 위해 그림 4(a) 가시광 송신회로로 구현된 가시광 시스템과 그림 4(b)의 가시광 수신 회로를 구현한 가시광 수신 시스템을 사용하였고, 18W 전압을 인가하여 LED 점등을 확인하였다.

그림 6은 White LED의 파장을 측정하였다. 평균파장은 548nm이며. 피크 파장은 455nm로 측정되었는데, 약 420nm~697nm 범위내에서 가시광 발생하였고, 발광 효율은 29,72(lm/w)로 측정하였다.

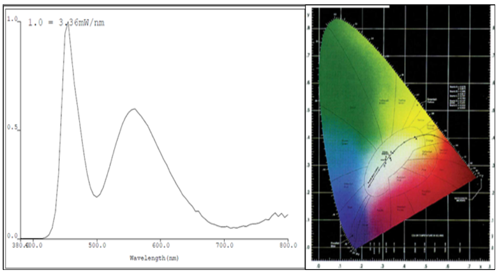

그림 6. LED조명 성능 측정
Fig. 6 VLC system performance evaluation

그림 7은 LED 밤에 이용되는 점을 구현하기 위해 Dark Room을 구성하고 구현된 성능 실험 시스템의 송·수신기를 PC에 직접 연결하여 미디어나 문자를 주고받을 때 전압 값을 거리별로 측정하였다.

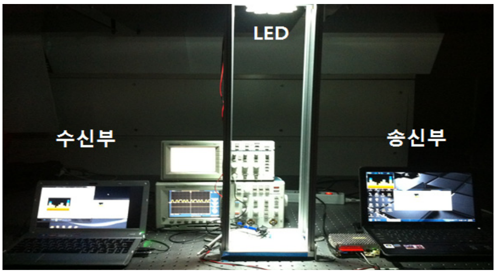

그림 7. 가시광통신 시스템 성능평가
Fig. 7 VLC system performance evaluation

그림 7은 조명은 밤에 이용되는 점을 구현하기 위해 Dark Room을 구성하고 구현된 성능 실험 시스템의 송·수신기를 PC에 직접 연결하여 미디어나 문자를 주고받을 때 전압 값을 거리별로 측정하였다. 1m 까지는 전압 값이 거의 일정하였으나 1.1m 이후로는 급격하게 전압이 떨어지는 것을 알 수 있었다.

초기 값 전압은 9.6[V]로 진행되었으나, 약 2m에서는 약 8.5[V]로서 약 1.1[V]의 전압손실을 나타내었다. 또한 약 1.9m 이상의 거리일 경우는 빛의 세기가 미비하여 정확한 데이터 수신이 어려움이 있었다.

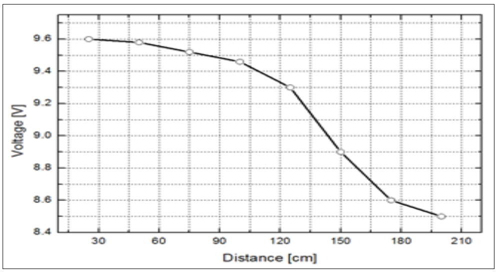

그림 7. 통신 거리에 따른 전압의 변화의 값
Fig. 7 The value of changing of the voltage by communication distance

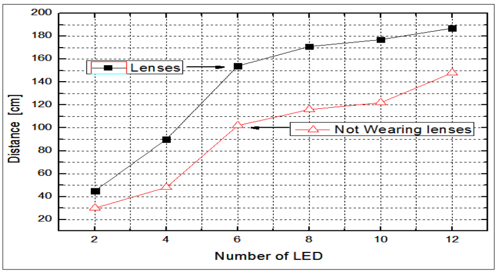

그림 8. LED 모듈에 따른 렌즈 착용 유·무
Fig. 8 Lens Wearing · Not wearing by LED module

그림 8은 LED의 각 모듈에 따른 렌즈 착용시와 미착용시를 측정하였다. 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 하였다.

그림 8과 같이 렌즈 착용시 1.87m 까지의 통신거리가 측정 되었으며, 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. 실제 사용되는 조명용 LED는 이보다 실제 광량이 크므로 전송 가능 거리는 더욱 증가 할 것이다.

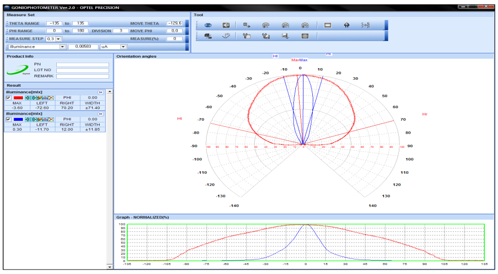

그림 9. 고휘도 White LED의 배광특성
(렌즈 착용・미착용)
Fig. 9 Light distribution of high brightness white LED
(Lens wearing・Not wearing)

그림 9는 가시광 통신 시스템에 관한 발광부의 LED 배광특성을 측정한 실험이다. 그림 8과 같이 LED 발광부의 렌즈 착용시와 미착용시를 측정해본 결과 렌즈 미착용시 빛의 좌우 대칭 105˚의 결과 값이 측정되었고, 렌즈 착용시 좌우대칭 10˚로 LED 배광특성을 측정하였다. 이 실험을 배광특성을 볼 때 가시광통신 시스템의 발광부를 구현하기 위해서는 가장 적합한 렌즈 및 LED라는 것을 확인할 수 있었다.

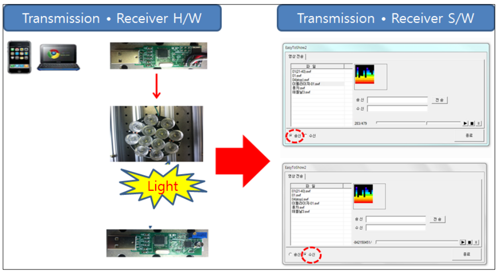

그림 10. VLC 미디어 전송 모니터링
Fig. 10 VLC media transport monitoring

그림 10은 컴퓨터 프로그래밍 언어로 작성된 가시광 통신 이용하여 데이터의 송·수신 상태를 확인할 수 있는 프로그램이다. 미디어 및 문자는 PC를 이용하여 발광부인 LED로 전송되고 수신 모듈은 데이터 신호를 증폭시키며 그 신호는 수신 PC에 전송되는 방식이다.

이 실험은 가시광통신의 LED와 렌즈에 따른 배광특성 그리고 수신센서에 최고 1.87m 까지 에러 없이 전송이 가능하게 만든 시스템이다. LED개수를 늘리거나 현재 사용된 LED모듈 보다 가시광통신에 적합한 통신용 LED가 설계되어지면 통신의 성능이 개선될 것이다. 실제 조명용 LED는 사용되는 실내 광량은 이 보다 크게 사용되므로 데이터 전송에 있어 가능거리는 증가할 것이고 또한 렌즈를 설계 제작하게 되면 발광부의 수신센서에 데이터 수신이 증가하여 통신 개선 및 성능이 증가 할 것이다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 PC모듈 기반으로 LED의 White조명을 이용한 VLC 송·수신기 모듈의 미디어 전송 시스템을 구현하고 전송 기술에 대해 성능 분석을 하기 위한 연구이다. LED가시광통신을 실현시키고자 송신부에는 1~12개의 LED발광소자 개수를 추가하였으며, 수신부에는 가변 센서를 장착 사용 하였다. LED가시광통신을 하고자 이루어진 송·수신부의 초기 거리 값은 0~1m이상으로 하고 전체 시스템 전송 속도는 수천 kbps를 가지는 가시광 미디어 전송 시스템을 이루었다. 성능 분석을 위해서, PC 모듈에 LED 및 PD 센서를 구성하여 예측 및 통신 거리에 분석하여 응용방법과 가능성에 대해서 확인하였으며, LED의 전송속도에 따른 최대 송·수신거리를 분석하였고, LED 수가 증가함에 따라 수신부에 비춰지는 조도가 높아져 가시광 송수신 사이의 거리가 증가함을 알 수 있었다. 그리고 LED송신부에 전송거리를 더 증가하기 위해 렌즈를 장착하였고 이에 따라 전송거리가 약 20%의 향상된 수신 효율을 보였다. 향후 외란광의 주야간 빛의 정보 및 처리속도, 통신거리를 알아보고 RGB LED모듈을 사용하여 가시광통신 실현가능 여부를 확인 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2012학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨.

참고 문헌

[1] 강희조, "가시광 무선통신 시스템과 응용에 관한 연구", 디지털콘텐츠학회 논문지, 8권, 1호 pp. 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] 김성만, “빔포밍 기능을 가진 LED 무선 가시광 LAN 통신을 위한 MAC 프로토콜”, 한국전자통신학회논문지, 6권, 5호, pp. 425-432, 2011.

[4] 이혜미, 류남훈, 김응곤, “증강현실에서 OOK 기법을 이용한 IR LED마커 표현기술”, 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 433-438, 2012.

[5] 조상호, 한상규, 노정욱, 홍성수, 장병준, “조명용 LED 의 스위칭 구동 회로로 변조되는 가시광 통신 시스템의 구현”, 한국전자파학회논문지, 21권. 8호, pp. 905-910, 2010.

[6] 신현용, “SMPS 구동 대형교통 신호용 LED 신호등의 특성”, 한국전자통신학회논문지, 6권, 5호, pp. 643-648, 2011.

[7] 김권우, 한동열, 이승호, 곽려혜, 김민규, 김정표, 박현덕, 이준탁, “고휘도 LED를 이용한 단거리 가시광 통신 모듈레이터 설계 및 제작”, 대한전기학회 하계학술대회, pp. 2215-2216, 2010.

[8] 박인환, 김윤현, 김진영, “가시광 통신 시스템의 간섭 완화 성능”, 통신위성우주산업연구회논문지, 6권, 1호, pp. 57-62, 2011.

[9] Y. Tanaka, T. Komine, S. Haruyama, and M.Nakagawa, "Indoor visible light transmission system utiliaing white LED light", IECE Trans. on Commum. pp. 2440-2454, 2003.

[10] T. Komine, M.Kakagawa, "Fundamental analysis for visible light communication system using LED light", IEEE Trans. on Consumer Electron. pp. 100-107, 2004.

[11] T.D.C. Little, P.Did, K. Shah, N.Barraford, and B. Gallagher, "Using LED Lighting for Ubiquitous Indor Wireless Networking", Proc IEEE WINMOB2008, pp. 373-378, 2008.

[12] J. Grubor, O. C Gaete Jamett, J. W. Walewski, S. Randal, K. -D. Langer. "High-speed wireless indoor communication", IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 198, pp. 1445-1453, 2008.

저자 소개

장태수(Tae-Su Jang)

2011년 원광대학교 정보통신공학과 졸업 (공학사)
2011년 원광대학교 대학원 정보통신공학과 (공학석사과정)
※ 관심분야 : LED통신, 무선통신, 디지털통신

권재현(Jae-Hyun Kwon)

2012년 원광대학교 정보통신공학과 졸업 (공학사)
2012년 원광대학교 대학원 정보통신공학과 (공학석사과정)
※ 관심분야 : LED 의료공학, 무선통신, 디지털통신

김용갑(Yong-Kab Kim)

1988년 아주대 전자공학과(공학사)
1993년 앨라바마 주립대(공학석사)
2000년 노스케롤라이나 주립대 전기・컴퓨터공학과 (공학박사)
2003년∼원광대학교 정보통신공학과 정교수
2006년∼공과대학 POST-BK21 사업단장
2012년∼LED특성화 인력양성사업단장(전북)
※ 관심분야 : 가시광 통신시스템, 전력선통신

박춘배(Choon-Bae Park)

1973년 조선대학교 전기공학과(공학사)
1976년 조선대학교 대학원 전기공학과(공학석사)
1990년 전남대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
1991년 미국 미시시피 주립대학교 교환교수
1992년∼원광대학교 정보통신공학과 정교수
※ 관심분야 : LED소자, LED통신, 가시광통신시스템