

http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.1.181

JIWIT 2012-1-23

## LED통신기반 PC-PC 전송시스템

### LED Communication-based PC-PC Transmission System

심규성\*, 리데딩\*\*, 안병구\*\*\*, 박인정\*\*\*\*

Kyusung Shim, Le The Dung, Beongku An, In-jung Park

**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 통신을 이용한 PC-PC 전송시스템을 구현하였다. LED를 이용한 송신부 회로구성 및 PD와 OP-Amp를 이용한 수신부 회로를 구성하였다. 실험은 다음처럼 진행되었다. 송·수신부 양 끝단에 컴퓨터를 연결한 다음, 텍스트 전송프로그램을 이용하여 텍스트를 전송하였다. 이때 보드 레이트(baud rate), LED 색깔, 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 PC-PC transmission system. A transmission circuit system(transmitter) using LED and a receiving circuit system(receiver) using PD(photo detector) and Op-amp are designed, respectively. The experiments for the designed system are performed as follows. One computer is connected at the end of transmitter and receiver, respectively, and text files are transmitted by using text transmission programming. In this experiment, we test the performance with various baud rates, LED colors, transmission ranges.

**Key Word** : LED communication, VLC, IEEE 802.15,

## 1. 서 론

유무선 음성 통신 및 인터넷 서비스가 일반화되면서 보다 향상된 정보 통신을 위하여 근거리 무선통신(PAN: Personal Area Network) 기술이 다양하게 개발되고 있다. 근거리 무선 통신인 IrDA, UWB, IEEE 802.11x, IEEE 802.15x, 등에 대하여 국제 표준이 진행되고 있고 아직 국제 표준은 시작 단계이지만 PAN의 한 기술

로 가시광 통신(VLC : Visible Light Communication) 기술이 부각되고 있다[1-5].

특히, LED를 조명으로 활용하기 위한 연구 개발이 활발히 이루어지고 있으며 유비쿼터스 기술에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데 주파수 할당 규제가 있는 RF 무선 통신에 비해 국제적 규제가 없는 조명 통신 기술의 VLC는 보안성 또한 보장되어 미래 첨단 기술로 주목을 받고 있다. 가시광 통신은 380nm에서 780nm의 파장(Wavelength)

\*준회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

\*\*준회원, 홍익대학교 대학원 전자전산공학과

\*\*\*중신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

\*\*\*\*중신회원, 단국대학교 전자공학과

접수일자 2011.12.15 수정일자 2012.1.22.

게재확정일자 2012.2.10

Received: 15 December 2011 / Revised: 22 January 2012 /

Accepted: 10 February 2012

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

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

을 갖는다. 이 파장을 주파수로 바꾸면 385THz에서 789THz에 해당한다. 가청 주파수 대역은 20Hz에서 20,000Hz, Zigbee와 Bluetooth는 2.4GHz, IEEE802.15-3c는 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[1-5].

가시광 무선 통신 기술은 백열등과 형광등 같은 조명이 LED 조명으로 교체되는 인프라를 이용하여 통신을 가능하게 하는 기술로써 조명 장치에 통신 기능을 더한 새로운 융합(convergence) 기술이다. 통신 측면에서는 법적 규제가 없고 기존의 통신과 혼선의 우려도 없으며 인체 유해성 시비로부터 자유로울 뿐 아니라 통신 링크를 직접 눈으로 확인할 수 있어 도/감청 여부를 직감 판단 할 수 있는 보안성을 갖추었다. 조명 측면에서는 통신을 하면서 부수적으로 가시광으로부터의 즐거움을 사람이 느낄 수 있기에 가시광 무선 통신 기술은 새로운 엔터테인먼트의 잠재성도 지니고 있다[1-5].

가시광 LED를 이용한 양방향 무선통신 시스템 연구 [6]에서 제시한 시스템은 기존 논문과는 다르게 양방향 통신을 시도하였다. 이 논문의 장점은 양방향 통신과 음성신호(아날로그)와 텍스트 데이터(디지털신호) 모두 전송 할 수 있는 시스템을 구현한 것이다. 단점은 비록 양방향을 구현하기는 했지만 음성과 텍스트 데이터를 동시에 전송할 수 없다. 또, 오디오신호 경우, 단방향 통신만 지원하여 완벽한 양방향통신 시스템이라고 보기에는 무리가 있다.

LED 조명을 이용한 직렬 데이터 전송 시스템[7]에서 제시한 시스템은 serial 포트 끝단에 여러 종류의 LED와 PD를 설치하여 LED의 종류별로 데이터의 전송 속도를 측정하였다. 장점은 많은 LED를 다양한 속도로 실험하였다는 점이다. 하지만 다른 논문의 시스템과 달리 효율이 좋지 못하다는 것이 문제점이다.

CAN 기반 LED 가시광 통신 시스템 구현[8]에서는 이미 자동차와 선박에서 이용되고 있는 CAN Protocol을 LED통신에 적용 시켜서 데이터 전송을 하였다. 기존에 존재하는 Protocol을 LED에서 적용시킨 것이 특징이다. 하지만 시스템역시 단방향 통신만이 가능하기 때문에 우리가 말하는 완벽한 통신이라고 할 수는 없다.

고휘도 LED를 이용한 단거리 가시광 통신 모듈레이터 설계 및 제작[9]에서는 대부분의 논문은 데이터 전송

시 송신측에서 신호를 바로 전송하였다. 하지만 논문에서는 신호를 변조화 과정을 거쳐서 전송하고 수신단측에서 복호화하는 과정을 거치게 된다. 이를 통해 기존의 통신 방법인 변조-복호화 과정을 거쳐 다른 무선통신과 유사성을 갖추게 되었다.

이 연구[10]에서는 무선 가시광 통신에 OFDM이라는 통신기법을 적용하여 데이터를 전송한다. 이 논문에서는 통신기법에 OFDM이라는 무선통신기법을 이용함으로써 무선 가시광통신의 전송 속도를 증가시키는 한가지 방법을 연구 하였다. 만약, OFDM을 이용하면서 양방향통신까지 구현하면 완벽한 VLC회로가 될 것이다.

RGB LED전광관을 이용한 가시광 정보 방송 시스템 [11]에서는 실제 광고에 이용되는 RGB LED전광관을 응용하여 무선 가시광 통신을 실험 한 것이 특징이다. RGB LED전광관을 이용하여 한 가지 LED만을 이용했을 경우, 비트오율 두 가지 색을 조합했을 경우, 비트오율, 단색이 아닌 특정이미지에 대한 실험으로 '삼성로고'를 이용한 경우로 나누어서 체계적인 실험이 이루어졌다. 실험결과 'RED+GREEN'의 조합 경우를 제외하고 색을 조합한 경우가 단색으로 데이터를 전송하는 경우보다 비트오율이나 전송거리적 측면에서 우수하였다. 실험에서 직접 의미있는 데이터를 전송했는지 일반적인 시그널을 전송했는지 알 수 없다.

이처럼 아직까지 표준화 작업이 이루어지지 않아 있는 가시광 무선통신과 앞으로 저탄소 친환경적 조명으로 사용되는 발광다이오드를 이용한다면 지금보다 환경적이고 효율적으로 통신을 할 수 있을 것이라고 생각한다. 따라서 본 논문에서는 가시광 무선통신을 이용하여 PC-PC 통신을 위한 시스템을 제작하고 제작한 시스템의 성능을 평가한다.

본 논문은 다음처럼 구성되어 있다. II장에서는 논문에서 제안하는 통신시스템의 구조와 동작원리에 대해서 설명을 하고, III장에서 제안하는 시스템의 성능평가를 실시한다. 그리고 IV장에서는 결론을 내고 논문을 마무리한다.

## II. 시스템 구조 및 동작원리

### 1. 시스템구조

그림 1은 본 논문에서 제작 구현한 시스템의 구성도를

보여주고 있다.

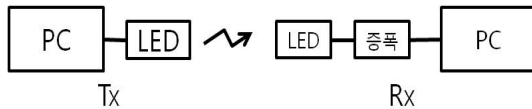


그림 1. LED 통신기반 PC-PC 전송시스템  
Fig. 1. LED communication-based PC-PC Transmission System

### 가. 송신부

송신부의 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 만들어낸다. 그림 2는 송신부 시스템의 회로 구성도를 보여주고 있다.



그림 2. 송신부  
Fig. 2. Transmitter

### 나. 수신부

송신부에서 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 없게끔 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 3번 핀(TxD)과 연결되어 컴퓨터로 전송을 하게 된다. 그리고 소자의 그라운드는 5번 핀(GND)에 연결한다. 그림 3은 수신부 시스템의 회로구성을 보여주고 있다.

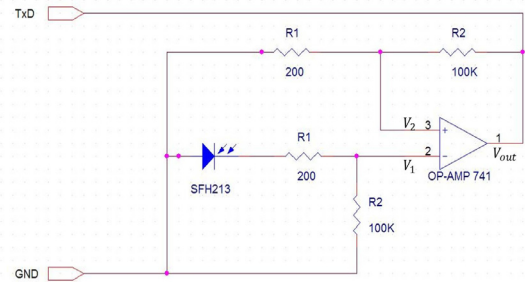


그림 3. 수신부  
Fig. 3. Receiver

## 2. 시스템 동작원리

기존의 PC-PC 시리얼 통신의 경우 송신측에서 전송할 데이터를 입력하면 시리얼 라인 중 TxD를 통해 데이터를 비트 형식으로 전송한다. 수신측 컴퓨터에서는 송신측 컴퓨터에서 받은 수신측 컴퓨터에서 신호를 인식하고 그 신호를 사용자가 알아볼 수 있게 변환하여 보여준다.

본 논문에서 제안하는 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 전압레벨까지 증폭하게 된다. 이때 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 497배가 되었다. 오차가 발생한 원인은 저항의 오차범위로 인해 생기는 오류이다. 이렇게 증폭된 데이터비트는 시리얼 포트를 통해 컴퓨터로 전달되고 컴퓨터는 비트를 분석하여 텍스트로 변환시켜 결과를 출력한다.

## III. 성능평가

### 1. 성능평가 환경

표 1은 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	• 1W 파워 LED White • 1W 파워 LED Blue • 1W 파워 LED Green • 1W 파워 LED Red
수신부	Program	• RS232 Monitor
	OS	• Microsoft WindowXP Sp3
	Photo Diode	• Osram의 SFH213
	OP-AMP	• LM741

송·수신부 양 끝단에 컴퓨터를 연결한 다음, 텍스트 전송프로그램인 RS232 Monitor를 이용하여 'UNC'라는 텍스트를 전송하였다. 이때 baud rate를 110bps~256000bps 까지 변화를 주면서 실험을 진행하였다. 그림 4는 본 성능평가에서 사용된 시스템 구성도를 보여주고 있다.

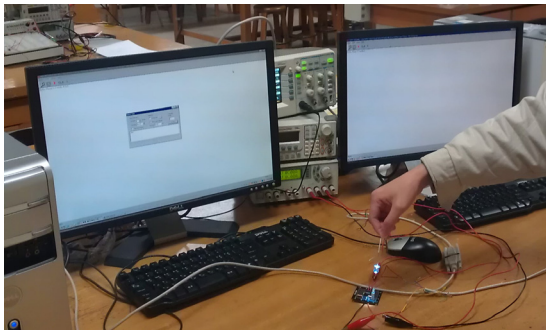


그림 4. 실험장치 시스템  
Fig. 4. Experiment System

## 2. 성능평가 결과

그림 5는 설계된 시스템의 데모 시연 결과를 보여주고 있다. 데모 시연 시 LED를 10ΦLED를 이용하여 송신부 회로를 구성하고 수신부에 PD는 SFH-213, OP-Amp는 LM-741을 이용하여 회로를 구성하였다. 그림 5에서 보여주고 있는 것처럼 텍스트 데이터를 연속적으로 성공적인 전송을 보여주고 있다.



그림 5. 데모 시연결과  
Fig. 5. Results of Demonstration

표 2는 LED 색깔 변화에 따른 baud rate 한계측정 결과를 보여주고 있다. LED변화에 따른 전송속도의 수신 감도 차이를 확인하기 위해 LED색깔과 baud rate를 변화 시켜주면서 실험을 하였다. 실험에 따른 비교 조건은 다음과 같다. 공통조건으로 parity는 NO, stop bit는 1bit, data bit는 8bit, 거리는 5 cm로 설정하였다. LED는 1W 파워, LED로 White, Red, Blue, Green을 사용하였다. 각 LED마다 전송속도는 110bps~256000bps까지 변화를 주었다. 이때, 수신여부를 확인하기 위해 RS232 Monitor라는 프로그램을 이용하여 실험을 진행했다.

실험결과 White과 Blue의 경우 128000bps까지 전송 가능 하였다. Red은 19200bps까지는 정확히 전달되었고, 38400bps ~57600bps 까지는 지정된문자는 전송되었으나 '대신에 '0'이나 '8'과 같은 숫자로 바뀌어서 전송되었다. 57600 bps 이후에는 전송이 되지 않는다. 또한 Green은 57600bps 까지 전송이 가능하다. 따라서 수신감도 및

전송 특성에 있어서 White 와 Blue 가 다른 색깔 보다 우 수함을 알 수 있다.

표2는 실험결과를 표로 나타내었다. 그림 6은 4개의 LED 색깔(흰색, 적색, 청색, 녹색)에 대한 전송 시연 결과를 보여주고 있다. LED 색깔별 수신감도 실험결과 뛰어난 White LED와 Blue LED중 White LED를 이용하고 나머지 조건은 parity는 NO, stop bit는 1bit, Data bit는 8bit, 속도는 9600bps 빛의 집광성을 높이기 위해 LED Lens 4°짜리를 이용하였다. 흰색(white)과 푸른색 (blue)의 LED가 보다 높은 전송률(bps)을 지원할 수 있음을 알 수 있다.

표 2. LED 색깔 변화에 따른 baud rate 한계측정  
Table 2. Baud rate test according to LED color

LED 색깔	Baud Rate(bps)						
	19200	38400	56000	57600	115200	128000	256000
White	○	○	○	○	○	○	×
Red	○	△	△	△	×	×	×
Blue	○	○	○	○	○	○	×
Green	○	○	○	○	×	×	×

조건: parity: NO, stop bit: 1bit, data bit: 8bit, 거리: 5 cm

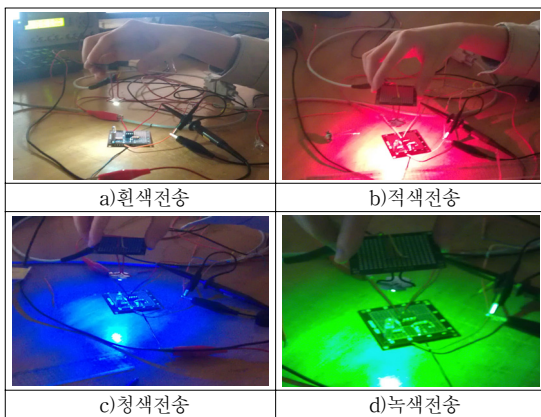


그림 6. LED 색깔 변화에 따른 전송결과  
Fig. 6. Results of transmission according to LED color

표 3은 흰색의 LED를 사용했을 때 전송거리에 따른 전송측정 결과를 보여주고 있으며, 그림 7은 전송거리에 따른 전송실험결과를 보여준다. 실험 결과 13cm 까지는 전송이 가능한 것을 확인하였다.

표 3. 전송거리에 따른 전송 한계측정 (흰색 LED)  
Table 3. Transmission test according to transmission range (white LED)

LED 색깔	전송거리(cm)			
	5	10	13	15
White	○	○	○	×

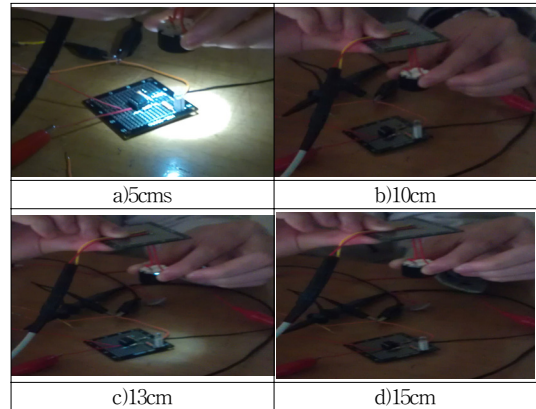


그림 7. 전송거리에 따른 실험결과  
Fig. 7. Experiment results according to transmission range

#### IV. 결론

최근 산업이 발전함에 따라 환경에 대한 인식이 높아지고 있다. 그에 따라 저탄소·녹색 산업이 크게 주목받고 있다. 그 중에서도 조명의 경우 LED가 주목 받고 있다. LED는 기존의 조명과 달리 반도체를 이용하기 때문에 통신매체로서도 사용이 가능하다. 그에 따라 통신매체로서의 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 최근 추세에 따라 LED를 이용하여 간단한 송수신 시스템을 만들고 시스템을 이용하여 텍스트를 전송하는 실험을 진행해보았다. 실험결과 색깔마다 다른 것을 확인하였다. 그리고 그 특징은 밝은 색의 LED가 빠른 속도의 텍스트 전송에 효율적 이었다. 그리고 어두운 색인 RED의 경우 전송속도가 성능이 좋지 못했다. 이를 통해 LED의 수신감도는 전송하는 LED의 색깔이 밝을수록 감도가 뛰어나다는 것을 알 수 있었다. 거리에 따른 수신감도 측정에서는 거리가 멀어짐에 따라 수신감도가 떨어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 거리가 가까울수록 수신감도가 좋다. 이를 통해 논문에서 설계한 시스템은 속도라는 변수에서

는 성능이 좋았으나 거리라는 변수에서는 성능이 좋지 않은 것을 확인하였다. 앞으로 더욱 많은 LED와 PD 그리고 LED렌즈가 발전되어 나온다면 충분히 제안된 시스템의 성능 또한 증가 할 것이라고 생각된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] Deng Chunjian, Liu Wei, Zou Kun, Yang Liang, "A Solution of LED Large Screen Display Based on Wireless Communication," Proc. of APWCS 2010, pp.66-69, 2010.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 강태규, "가시광 무선통신 표준 기술 동향," TTA Journal, no.113, pp.85-90, 2007년 11월.
- [6] 손경락, "가시광 LED를 이용한 양방향 무선통신 시스템연구," 한국마린엔지니어링학회지 제 34권 제 6호, pp. 852-857.
- [7] 조준범, "LED 조명을 이용한 직렬 데이터 전송 시스템," 12월 전자통신기술연구논문지 제12권 1호, pp. 18-23, 2009년 12월.
- [8] 손경락, "CAN 기반 LED 가시광 통신 시스템 구현," 한국마인엔지니어링학회지 제 25권 1호, pp102-107., 2011년 1월.
- [9] 손경락, "고휘도 LED를 이용한 단거리 가시광 통신 모듈레이터 설계 및 제작," 2010년도 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, pp.2215-2216, 2010년 7월.
- [10] Mostafa Z. Afgani, Harald Haas, Hany Elgala, and Dietmar Knipp, "Visible Light Communication Using OFDM," Proc. of TRIDENTCOM 2006, 2006.
- [11] 박성범, "RGB LED전광판을 이용한 가시광 정보 방송시스템," 정보와 통신(Journal of The Korean Institute of Communication Sciences), vol.26, no.5, pp 10-14., 2009.

※ Acknowledgements : 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업 (No.000466630111)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

## 저자 소개

### 심 규 성(준회원)



• 2008년-현재 : 홍익대학교  
컴퓨터정보통신학과 재학

<관심분야 : Ad-hoc & Sensor Networks, Wireless Network, VLC>

### 리 데 령(준회원)



• 2008: University of Technology,  
Ho Chi Minh City (BS)  
• 2010-현재: 홍익대학교 대학원  
전자전산공학과 재학(석/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)

<주관심분야: Wireless Networks, Ad-hoc & Sensor Networks, Multicast Routing, QoS Routing, Cross-Layer Technology, Cooperative Communication, Network Coding, Bioinformatics, LED Communication>

**박 인 정(중신회원)**



- 1974년 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
- 1980년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1986년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1977년~1979년 대한통신주식회사 사원

- 1981년~현재 단국대학교 공학대학 전자공학과 교수
- 1988년~1989년 미국 Bowling Green 주립대학 객원교수
- 2000년~2005년 한국인터넷방송통신TV학회 회장
- 2000년~2003년 한국 xDSL 포럼 의장
- 2006년~2007년 대한전자공학회 부회장, 컴퓨터소사이어티 회장

- 2009년~현재 (사)한국LED응용기술 연구조합 기술고문
- 2011년~현재 LED시스템조명포럼 회장대행

<주 관심 분야: LED 조명 통신, LED 시스템 조명 디스플레이, 가로등 제어 및 네트워크, 멀티미디어 신호 및 정보처리, RFID, USN, 유비쿼터스 시티 기술 등>