

VLC 시스템에서 IR을 통한 사용자 위치에 따른 채널 할당 기법

한두희¹ · 조주필^{2*} · 김균탁¹ · 이계산¹ · 이규진³

Channel allocation scheme according to the user's location via IR from the VLC systems

Han Doohee¹ · Cho Juphil^{2*} · Kim GyunTak¹ · Lee Kyesan¹ · Lee Kyujin³

¹Dept. of Radiocommunication Eng., Kyung Hee Univ., 1Seocheon-Dong, Giheung-Gu, Yongin, Korea

²Dept. of Radiocommunication Eng., Kunsan Nat'l Univ., San 68, Miryong-Dong, Gunsan, Korea

³Dept. of Electronics. Eng., Semyung Univ., 579 Sinwoul-Dong, Jecheon, Korea

요 약

본 논문에서는, Visible Light Communication (VLC) 시스템에서 LED의 Mixture ratio 및 통신 거리에 따른 성능저하를 보상하여 QoS를 만족하는 방법에 대하여 연구하였다. VLC 시스템은 기존 조명의 기능을 수행하는 LED를 사용하여 통신의 기능까지 동시에 구현할 수 있는 새로운 통신 방식이다. LED의 RGB(Red Green Blue)광원을 통하여 신호를 전송하는 방법으로, 각 소자들의 RGB Mixture ratio에 따라서 LED의 색상 및 BER 성능이 결정된다. 그러나 이러한 Mixture ratio에 따라 각각의 채널 상태가 달라지고, 채널별 도달거리가 증감한다. 따라서 기존의 시스템처럼 고정적으로 채널을 할당하여 송신하는 경우 서비스 품질의 한계가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 이 논문에서는 LED의 RGB Mixture ratio에 따른 채널 및 통신 거리에 따른 수신 성능을 분석하고, Infrared(IR)을 이용한 사용자 피드백을 통해 통신 거리에 따른 RGB Channel allocation을 통해 능동적으로 신호를 전송함으로써, 시스템의 성능 향상과 QoS를 만족하는 기법을 연구하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed Channel allocation scheme according to the user's location with IR. In VLC System, LED can generate various colors of light by controlling the mixing ratio of each individual RGB color element. Thus, each RGB channel will have a different signal power, and each channel will have different performance. This proposed system using Visible light(RGB) as way to transmit signals, it depends on the mixture RGB, which decided the color of light, moreover, each things determined their performance. However, if the signal were fixed allocated RGB to transmit such as the original system, the importance of the each signals a different occur the limit on the quality of signals. To solve this problem in this paper, according to the RGB mixture ratios analyze the performance for the LED, which analyzed based on allocating the signal by transmitting to improve the quality was about how researched. In addition, our proposed system is able to improve the performance of BER and satisfied the Qos to desire users.

키워드 : 가시광통신, 적외선통신, RGB Mixture ratio, 거리에 따른 LED 특성, Channel allocation

Key word : VLC, IR, RGB Mixture ratio, LED distance characteristic, Channel allocation

접수일자 : 2014. 10. 24 심사완료일자 : 2014. 11. 16 게재확정일자 : 2014. 11. 29

* **Corresponding Author** Juphil Cho, (E-mail: stefano@kunsan.ac.kr, Tel+82-63-469-4749)

Dept. of Radiocommunication Eng., Kunsan Nat'l Univ., San 68, Miryong-Dong, Gunsan, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.2.443>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 LED관련 시장은 Green 산업 및 차세대 정보통신 기술로 주목 받고 있다. 기존 형광물질 및 가스등을 사용하는 조명등과 비교하여 적은 환경오염 물질을 배출하고 낮은 소비전력과 긴 수명, 인체에 무해한 가시광원을 선택적으로 사용이 가능하여 친환경적인 소자로 주목받고 있다. Visible Light Communication (VLC) 시스템은 LED를 통해 조명 및 데이터 전송을 동시에 제공하는 융합 기술이다. 빛의 파장은 사람의 눈에 보이는 가시 광 영역, 근적외선 영역을 포함하는 빛을 이용하여 정보를 전송 및 교환하는 기술로 기존의 유선광섬유를 통한 광통신 기술과는 차별화 된다. 또한 다양한 색상 구현이 가능하다. 백열전구와 형광등과 같은 조명이 발광 다이오드(LED : Light Emitting Diode)조명으로 교체되는 인프라를 사용하여 정보를 각 객체에 전송하고 이를 재이용 하는 차세대 통신 시스템이라 할 수 있다. 가시광통신은 빛을 이용하기 때문에 인체에 무해하며, 주파수 허가를 받을 필요가 없고, ISM (Industrial Scientific Medical band)대역과의 간섭도 없으며, 물리적으로 높은 보안 수준을 제공한다. 또한 LED 광원의 넓은 대역폭(THz)은 무선 광 통신 시스템을 설계함에 있어서 기존 RF 통신과 비교하여 고속의 데이터 전송이 가능하도록 해준다[1-3, 10].

본 논문에서는 이러한 LED를 이용한 VLC 시스템에서 설치 환경에 따른 조명의 색상 및 다수의 사용자가 존재하는 환경에서 시스템의 채널을 최적화 하는 기법을 제안하였다. LED소자들은 다양한 혼합비율을 가지고 있으며, 각각의 색상 소자들의 혼합비율을 조절하여 다양한 색상의 광원을 발생시킬 수 있다. 이러한 특징은 시스템의 평균 BER 성능에 악영향을 미치게 되고 다수의 유저가 존재하는 환경에서 정보를 안정적으로 전송하기 어렵게 만든다. 따라서 기존의 시스템처럼 고정적으로 채널을 할당하여 송신하는 경우 서비스 품질의 한계가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 이 논문에서는 LED의 RGB Mixture ratio에 따른 채널 및 통신 거리에 따른 수신 성능을 분석하고, Infrared(IR)을 이용한 사용자 피드백을 통해 통신 거리에 따른 RGB Channel allocation을 통해 신호를 적용함으로써, 시스템의 성능 향상과 QoS를 만족하는 기법을 연구하였다.

II. VLC 시스템

2.1. VLC

VLC 기술은 LED 광원을 이용하여 정보를 송수신하는 새로운 차세대 무선 통신 기술이다. VLC 기술은 LED를 사용하여, 조명 기능 이외에 추가적으로 Data 전송 기능을 부여한 새로운 광-무선 기술로서 LED광원이 존재하는 어느 장소에서나 원하는 정보를 획득할 수 있는 신개념 네트워크이다. 그림 1에서 VLC 시스템의 전체 구조도를 나타내었다. VLC 다운링크 시스템에서 송신기와 수신기는 LED 조명광원을 이용하여 정보를 송수신 한다. 송신기는 정보신호를 전기신호에서 광신호로 변환하여 송신하게 되며 수신기에서는 PD를 통하여 정보가 실린 광원을 수신하여 전기신호로 변환하는 직접 변복조 방식을 사용하게 된다. LED에서 전기적 신호를 빛의 신호로 바꾸는 데에 걸리는 속도가 약 30ns에서 250ns 인데, 이렇게 빠른 on-off 스위칭을 통해 데이터 변조를 통한 데이터통신이 가능하다. 송수신기 간의 채널은 Air surface가 되며 신호원은 가시광원을 이용하게 된다. 조명등에 사용되는 백색 LED는 3가지 색상 RGB(Red, Green, Blue)소자의 광원을 혼합하여 조명광원을 생성한다. 3가지 색상소자를 가지고 있는 개별적으로 다양한 혼합비율을 가지고 있으며, 개별 색상 소자인 R, G, B 소자들의 혼합비율을 조절하여 다양한 색상의 광원을 발생시킬 수 있다. 또한 데이터를 각각의 소자로 송신하는 병렬 전송 시스템의 경우 각 채널 별로 서로 다른 성능을 가지게 된다[4].

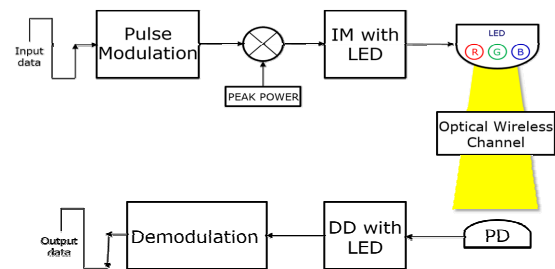


그림 1. VLC 시스템 구조도
Fig. 1 VLC system structure

2.2. 시스템 채널

본 절에서는 VLC 시스템을 위한 Optical Wireless Channel 모델을 분석한다. 벽면에서 반사되어 들어오

는 반사광원은 Lambertian 복사강도패턴으로 모델링한다. VLC 채널은 백색 가우시안 노이즈(AWGN) 모델이라 할 수 있다. 이러한 이유로 인해 수신된 신호는 다음과 같이 표현된다[1,5,6]

$$R(t) = \gamma S(t) * G(t) + N(t) \quad (1)$$

$R(t)$ 는 수신된 신호를 의미하고, $S(t)$ 는 전송된 광 펄스 신호를 나타낸 것이고, N 은 AWGN을 나타내고, $*$ 은 곱셈호이며, γ 은 광학/전기 (O/E) 변환 효율값을 의미한다. 송신기의 위치는 $S = (r_s, n_s, n)$ (위치벡터 r_s , 방향벡터 n_s , 복사로브(radiation lobe)의 모드 수 n) $D = \{r_D, \hat{n}_D, A_D, FOV\}$ (위치벡터 r_D , 방향벡터 \hat{n}_D , 수신 면적 A_D , Field of View(FOV)) 로 표현한다. 반사면을 가진 실내 환경에서 채널 임펄스 응답은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$G(t; S, D) = \sum_{k=0}^{\infty} G^{(k)}(t; S, D) \quad (2)$$

여기서 $G^{(k)}(t)$ 는 k 번 반사되어 들어오는 신호의 임펄스 응답을 나타낸다. LOS 신호를 고려한 채널 임펄스 응답의 고차항(High-order terms)은 다음과 같이 표현된다.

$$G(t; S, D) = \int G^{(0)}(t; S, \left\{r, \hat{n}, \frac{\pi}{2}, dr^2\right\} * G^{(k-1)}(t; \{r, \hat{n}, 1\}, D) \quad (3)$$

여기서 r 은 모든 반사면 S상에 있는 위치벡터를 나타낸다. \hat{n} 은 반사면 S에 있는 위치 r 에서의 단위법선 벡터를 나타내며, dr^2 은 반사면의 위치 r 에서의 미분 면소이다[7-11].

2.3. IR채널

LOS에 의한 디락 펄스 형상으로 인해 확산 반사에 의한 연속 신호가 생긴다. 이들 두 성분은 시간 영역에서 서로 분리된다. IR 채널의 임펄스 응답은 다음과 같다.

$$h_{IR}(t) = IILOS\delta(t) + h_{diff}(t - \Delta T) \quad (4)$$

$IILOS$ 은 LOS 신호의 이득이고, ΔT 는 LOS 신호와 확산 신호의 발생 사이의 지연을 설명한다[8].

III. RGB Mixture ratio 및 수신 거리에 따른 성능 특성

3.1. RGB Mixture ratio

표 1은 LED를 구성하는 RGB 색상 혼합 비율 및 효율을 나타낸다. 이 논문에서는 [2, 3]에서 연구된 네 가지 타입의 RGB 혼합 비율을 사용하였다. 하지만, 통신과 조명을 동시에 사용할 경우, 각 소자의 혼합 비율에 따른 출력전력 차가 발생하여 각 채널의 성능이 다르게 나타나는 문제점이 있다. 이러한 문제로 인해 전체 시스템의 BER 성능이 저하된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 각 채널들의 출력 전력 차에 따른 채널 우선순위를 결정 하고, 각 사용자들에게 최적의 채널을 할당함으로써 시스템의 성능을 향상 및 QoS를 만족 시키는 방법을 제안한다[4].

표 1. RGB 혼합비율
Table. 1 RGB Mixture ratio

Mixing Type	R	G	B	Efficiency (lm/W)
1	1	0.89	2.51	291
2	1	1.43	2.29	317
3	1	2.63	1.96	391
4	1	11.17	7.19	413

3.2. 수신 거리에 따른 성능 특성

그림 2는 수신 거리와 BER 성능의 관계를 나타낸다. 그림에서 보여 지듯이 평균 수신 거리가 증가함에 따라서 시스템의 BER 성능이 저하됨을 알 수 있다. 이로 인한 성능 저하를 보상하기 위해서, 우리는 각각의 유저들의 거리정보를 IR feedback을 통하여 전달하고 이를 통해 최적의 채널을 할당 받는 기법을 제안한다[9].

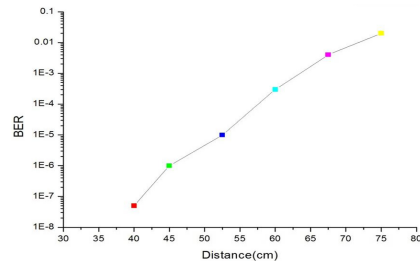


그림 2. 수신 거리에 따른 BER
Fig. 2 BER for distance

IV. IR 피드백을 통한 송수신 거리에 따른 RGB 채널 할당 방법

그림 3은 제안 시스템 모델을 나타낸다. 광원에 근접한 유저와 조명 도달 거리의 끝 부분에 있는 유저의 수신 전력이 서로 다르므로 고정적 채널 할당 시스템의 경우 광원에서 멀리 있는 유저의 성능이 열화 되어 전체 시스템의 평균 BER이 감소한다.

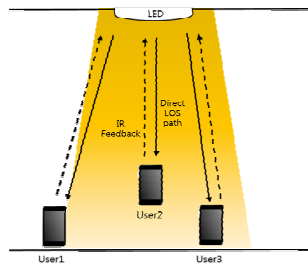


그림 3. 제안 시스템 모델
Fig. 3 Proposed system model

제안 시스템에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 IR을 통해 상태정보를 송신단에 피드백하고 각 채널의 상태에 따라 우선순위를 정한 후에 거리 순으로 가장 좋은 채널을 할당함으로써 전체 시스템의 성능을 향상 시킨다.

다. 제안 시스템의 RGB 채널 할당 방법의 순서는 다음과 같다. 첫째, LED 송신 장치에서 RGB Mixture ratio에 따라서 각 채널의 우선순위를 결정한다. 가장 좋은 채널과 가장 좋지 못한 채널을 찾는다. 둘째, 각 유저들의 IR feedback data를 통해서 유저들의 상태와 거리를 파악하고 각 유저들이 최적의 채널 상태를 유지하는지 결정한다. 셋째, 유저들의 거리와 채널상태에 따라서 각 유저들의 채널 우선순위를 결정하고 최적의 채널을 할당한다. 넷째, 위와 같은 과정을 적용하여 실내에서 LED의 조명에 따른 채널상태 변화와 다수의 사용자들과 조명 간의 거리에 따른 성능 손실을 보상한다. 또한 제안하는 시스템의 송수신 구조는 그림 4와 같이 구성된다. LED 각 소자들의 출력 전력 차에 따른 에너지 손실을 최소화하고 최적의 채널을 할당함으로써 전체 시스템의 성능이 향상 되고, 유저들에게 만족하는 QoS를 제공할 수 있다. 이러한 결과는 다음 V장에서 컴퓨터 시뮬레이션 을 통해 확인 할 수 있다.

V. 시뮬레이션 파라미터 및 결과

표 2는 시뮬레이션에 필요한 매개 변수를 나타낸다. 광원에 관한 변조 기법은 IM-DD 기법을 사용하고 권별

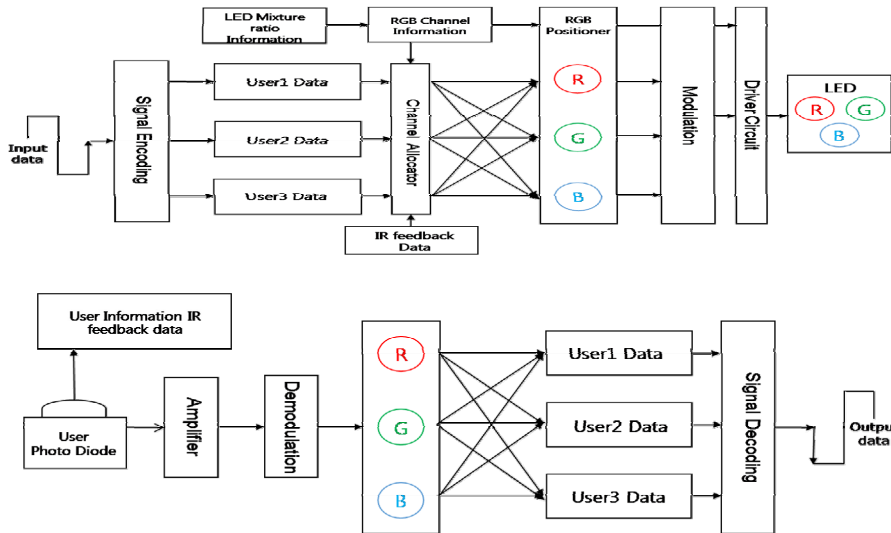


그림 4. IR을 통한 사용자 위치에 따른 채널 할당 기법을 적용한 송수신 시스템 구조
Fig. 4 Structure of transmitter and receiver of VLC with Channel allocation scheme according to the user's location via IR

루션 부호화를 사용하였으며, 부호화율은 1/2 이다. 또한 잡음 모델은 실내에서 가시 광 통신 시스템을 사용하기 때문에 AWGN 모델을 사용하였으며 통신 거리는 1m가 된다. 그림 5는 네 가지 타입 중 LED4의 BER 성능을 나타낸다. Mixing type 4 LED의 Mixture ratio는 R:G:B = 1: 11.17: 7.19 이다. 그림에서 보여 지듯이 각 채널의 혼합 비율이 가장 높은 Green채널의 성능이 가장 좋고, 가장 비율이 적은 Red채널의 성능이 좋지 않음을 알 수 있다. 제안 시스템은 사용자들에게 Mixture ratio에 따른 최적의 채널을 할당 하게 된다. 또한 IR feedback을 통해 우선순위에 따른 능동적 채널 할당을 통해 기존 시스템보다 성능이 향상되고 QoS를 만족할 수 있다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터

Table. 2 Simulation parameter

Modulation Scheme	IM-DD
Pulse Modulation	BPSK
	16QAM
Number of Subcarrier	128
FFT/IFFT Point	128
Multiplexing Method	WDM
Symbol rate	400 Mbps
Guard Interval	25% compared to symbol duration
Noise Model	AWGN
FEC	Convolutional R=1/2
Background light noise	0 dBm
O/E convert efficiency	0.52

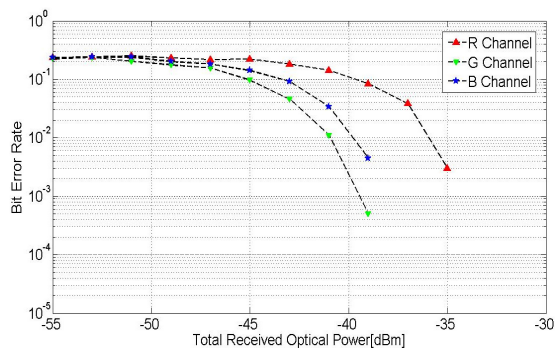


그림 5. Mixture ratio R:G:B = 1: 11.17: 7.19 LED의 BER성능
Fig. 5 BER of LED with Mixture ratio R:G:B = 1: 11.17: 7.19

VI. 결 론

본 논문에서는 VLC 시스템에서 IR 피드백을 통한 사용자 위치에 따른 채널 할당 기법에 대해서 연구하였다. LED의 RGB Mixture ratio에 따른 채널 및 통신 거리에 따른 수신 성능을 분석하고, Infrared(IR)을 이용한 사용자 피드백을 통해 통신 거리에 따른 RGB Channel allocation을 통해 능동적으로 신호를 전송함으로써, 시스템의 성능 향상과 QoS를 만족하는 기법을 제안하였다. 측정 결과를 통해, 기존의 고정적 채널 할당 및 단 방향 전송 시스템보다 유저들의 상태 정보 피드백을 통한 최적화된 채널을 유동적으로 할당함으로써 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다. 따라서 제안 기법을 통해 조명에 따른 채널상태 변화와 다수의 사용자들과 조명간의 거리에 따른 성능 손실을 보상하여 사용자에게 만족하는 QoS를 제공할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 전라북도 TP 신성장산업연구개발사업의 지원으로 수행되었음. 본 연구는 군산대학교 정보통신기술연구소의 부분적인 지원으로 수행되었음.

REFERENCES

- [1] Kyu-Jin Lee, Hyo-Duck Seo, Doo-Hee Han, Kye-san Lee, "Improving the QoS using the Modulation and Coding Selection scheme by temperature characteristic of LED in the LED-ID system", *Applied ITS*, Vol. 12, No. 1, pp. 66-74, 2013.
- [2] Y.Tanaka, T.Komine, S.Haruyama, M. Nakagawa, "Indoor visible light data transmission system utilizing white LED lights", *IEICE TRANS. COMMUN*, Vol.E86B, No.8, pp.2440-2454, 2003.
- [3] Jae Hyuck Choi, Jin Young Kim, "Performance of LED-ID System for Home Networking Application", *Applied IIBC*, Vol. 10, No. 1, pp.169-176, 2010.
- [4] Kyu-jin Lee, Dong-ho Cha, Sun-ha Hwang, Kye-san Lee, "Study on Scalable Video Coding Signals Transmission Scheme using LED-ID System" *KICS* 11-10 Vol.36 No.10.

- [5] Jae-Hyuck Choi, Yoon-Hyun Kim, Jin-Young Kim, "Performance Analysis of LED-ID Communication Systems In an Indoor Environment", *Applied ITS*, Vol. 9, No. 4. pp.43-51, 2010.
- [6] N. Cvijetic, Stephen G. Wilson, R. Zarubica, "Performance Evaluation of a Novel Converged Architecture for Digital-Video Transmission Over Optical Wireless Channels", *Journal Of Lightwave Technology*, Vol.25, No.11, pp.3366-3373, Nov. 2007.
- [7] Volker Jungnickel, Volker Pohl, Stephan Nönnig, Clemens von Helmolt, "A Physical Model of the Wireless Infrared Communication Channel", *IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS*, Vol. 20, No. 3, April 2002.
- [8] In Hwan Park, Yoon Hyun Kim, Jaesang Cha, Kyesan Lee, Yeong Min Jang and Jin Young Kim, "Scalable optical relay for LED-ID system, 2010 International Conference on Information and Communication Technology Convergence" *ICTC*, pp.415-420, 2010.
- [9] Doohee Han, Scalable Video Coding Signals Transmission Scheme using Visible Light Communication with Dimming and Color Control, MS. dissertation, Kyung Hee University. 2013.
- [10] Kyun Tak Kim, An Iterative Layered Interference Cancellation Approach for Improving the Performance of BER in VLC-OFDM system, MS. dissertation, Kyung Hee University. 2013.
- [11] Hyo Duck Seo, Performance Evaluation of the Time Synchronization Delay Diversity in Indoor Optical OFDM system using LEDs, MS. dissertation, Kyung Hee University. 2013.



한두희(Doohee Han)

2011년 : 경기대학교 전자공학과 공학사
 2013년 : 경희대학교 전자전파공학과 공학석사
 2013년 ~ 현재 : 경희대학교 전자전파공학과 박사과정 재학
 ※ 관심분야 : LED-ID, OFDM, SVC



조주필(Juphil Cho)

2001년 : 전북대학교 전자공학과 공학박사
 2000년 ~ 2005년 : ETRI 이동통신연구단 선임연구원
 2006년 ~ 2007년 : ETRI 초빙연구원
 2011년 ~ 2012년 : 미국 USF, 교환교수
 2005년 ~ 현재 : 군산대학교 전파공학과 교수
 ※ 관심분야 : Cognitive-Radio, LED-ID, LTE-A



김균탁(Gyuntak Kim)

2010년 : 전북대학교 전자공학과 공학박사
 2013년 : 경희대학교 전자전파공학과 공학석사
 2013년 ~ 2014년 : KETI 연구원
 2014년 ~ 현재 : 경희대학교 전자전파공학과 박사과정 재학
 ※ 관심분야 : OFDM, VLC, MIMO, LR-WPAN



이계산(Kyesan Lee)

2002년 : 게이오대학교 전자공학과 공학박사
 2002년 ~ 2003년 : 일본 KDDI 연구원
 2003년 ~ 2003년 : 일본 게이오대학 교수
 2003년 ~ 현재 : 경희대학교 전파공학과 교수
 ※ 관심분야 : DS-CDMA, OFDM, LED-ID, LTE-A



이규진(Kyujin Lee)

2005년 : 경희대학교 전자공학과 공학사
2007년 : 경희대학교 전자통신공학과 공학석사
2011년 : 경희대학교 전자전파공학과 공학박사
2011년 ~ 2013년 : 경희대학교 전자전파공학과 학술연구교수
2013년 ~ 현재 : 세명대학교 전자공학과 교수
※관심분야 : MC-CDMA, OFDM, VLC, SC-FDMA