

LED 조명기구에서 LED 칩 배치에 따른 광원 최적화

윤석범*, 장은영**

공주대학교 광공학과*, 공주대학교 전기전자제어공학부**

LED Source Optimization for the LED Chip Array of the LED Luminaires

Seok-Beom Yoon*, Eun-Young Chang**

Kongju National University Dept. of Optical Engineering

Kongju National University Div. of Electrical, Eletronics&Control Engineering

요약 본 논문에서는 광학설계 프로그램을 이용하여 LED 광원의 위치 변화에 따른 배광분포에 대하여 연구하였다. 사용한 LED 조명기구는 엣지형의 LED 배열을 이용하였으며 반사판을 중심으로 도광판 및 확산판을 위와 아래에 배치한 구조이다. LED 칩을 반사판 에지 중심에서 위로 1mm, 2mm 및 3mm로 위치를 바꾸어 시뮬레이션 하였다. LED 칩이 중심에 위치한 경우는 전반 확산 배광분포를 보였으며 2mm 이상에서는 효율 0.56의 반직접 배광 분포를 보였다. 3mm 위에 LED 칩을 위치시키면 0.31 효율을 갖는 직접 배광분포를 갖는 배광특성을 나타내었다. 도광판은 평면형 보다 칩 위치에서 밖으로 작아지는 썸기형의 구조에서 더 좋은 효율을 나타내었다. 그리고 반사면에 반구형의 형상을 0.015mm 씩 증가시키며 방사 형태로 배치한 경우는 파워 1.02W, 효율 0.25, 최대광도 0.104W/sr로서 패턴을 형성하지 않은 경우보다 더 우수한 광 특성을 얻을 수 있었다.

주제어 : 라이트툴, 시뮬레이션, 도광판, 전반 확산, 반직접, 직접, 반구형

Abstract In this paper, we studied a light distribution for the LED chips arrangement using an optical design software. The structures of the edge type LED luminaires are reflector plane, LGP(lighting guide plane) and diffuse plane. The reflector plane is on the middle of the overall structure. We had simulation that placing LED chips on the reflector center of the reflector edge by changing the position of LED chips above the reflector center at 1mm, 2mm, and 3mm respectively. In the case, when LED chips are on the center of the reflector, it shows the light distribution of the general diffuse illumination, the semi-direct distribution with 0.56 efficiency and the direct distribution with 0.31 efficiency. And the wedge type LGP shows more efficiency than the flat type. Gradually increasing shape of semi-spherical type by 0.015mm has power of 1.02W, efficiency of 0.25, and maximum luminous intensity of 0.104W/sr, it also and shows the better optical characteristics than the reflector plane that have no patterns. This semi-spherical type shows the better optical characteristics than the reflector plane that have no patterns.

Key Words : Light tools, Simulation, LGP, Semi-direct, Direct, General diffuse, Semi-spherical type

* 이 논문은 2014 년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구지원에 의하여 연구되었음

Received 3 March 2016, Revised 30 March 2016

Accepted 20 April 2016, Published 28 April 2016

Corresponding Author: Eun-Young Chang

(Kongju National University)

Email: ce yng@kongju.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

1. 서론

2013년 백열등의 생산 및 판매가 전면 중단되고 LED 조명이 대두되면서 기존의 조명들이 LED조명으로 바뀌고 있는 추세이다. 국외의 경우 전체 조명시장에서 LED 비중은 2011년 23.95%에서 2016년 82.86% 까지 가파르게 성장하며 2020년에는 97.3%로서 LED 조명시장으로 전체 조명시장이 재편될 것으로 예상된다. 국내의 경우 2011년 정부에서는 “LED 조명 2060계획”을 발표하였고 이에 따라 LED 조명 보급률 비중을 2010년 2.5%에서 2020년 까지 60%까지 확대하고 공공기관은 100%로 확대하기로 하였다[1]. 또한 기존의 조명 광원이 백열등에서 형광등 그리고 HID 램프 개발로 발광효율이 증가하였으며 LED 조명도 1996년 이후부터 발전을 거듭하여 120lm/W 까지 발전하였으며 미국의 경우 2020년까지 200lm/W의 고효율 파워칩 개발을 목표로 하고 있다[2,3,4]. 이러한 발전에 따라 실내조명 및 유도등에 기존의 조명광원 대신 LED 조명등으로 급속히 대체되고 있다. 또한 광색 변환이 자유롭고 디지털로 제어가 가능하여 다양한 IT 관련 기기와 결합된 디자인이 강조된 조명 시스템의 스마트기술이 용이하여 기존의 조명 광원에서는 불가능한 감성 조명[5,6], 태양전지[7,8]와 연계된 에너지 절감 조명 및 다양한 융복합 조명 등의 지능형 LED 조명[9]시스템으로 발전할 수 있다. LED 조명 광원은 점광원으로서 직하 LED 조명에 의한 글레어 및 좁은 배광 특성을 갖는다. 그러나 직하 LED 방식은 LED의 직진성이 우수하여 직하 조도는 매우 높지만 주위 조도가 낮아 직진성을 필요로 하는 스포트 라이트 등에는 적용이 우수하나 주변의 조도를 포함하는 폭넓은 조도를 얻기는 불리하며 글레어의 특성을 나타내어 확산판의 선정이 매우 중요하다. 이러한 배광특성 및 글레어를 제어하기 위해 에지형 LED 칩 배열 방식에 따른 LED 조명 장치가 개발되고 있다. 에지형 LED 조명 장치는 기존의 LED BLU에서 사용하는 반사판, 도광판, 및 확산판을 이용한다[10]. 조명 기구에 사용되는 반사판은 형태와 재질의 변화에 따라 원하는 형태의 배광을 제어하며 가시광 파장의 높은 반사율과 정반사 특성을 갖도록 요구된다. 또한 반사판의 곡률반경 가변, 반사판과 LED 모듈의 간격 가변에 따른 배광 특성 변화 등이 발표된바 있다[11]. 조명 기구에서 사용되는 확산판은 가능한 확산성이 좋으며

투과율이 높을수록 우수하나 점광원인 LED 광원의 글레어를 최대한 억제시킬 수 있어야 한다. 또한 빛 확산에 의한 우수한 배광 특성[12]을 나타내며 광원이 갖는 색온도 특성을 나타내어야 한다. 그리고 도광판 및 확산판에 다양한 형태의 광학 패턴을 도입하여 사용하는 조명 목적에 맞는 배광 특성을 얻는다.

본 논문에서는 LED TV 에서 사용되는 엣지형 도광판 원리를 이용하여 LED 조명 광원으로 LED칩을 설치하고 LED 칩의 위치를 상하로 이동시켰다. 기존의 일반 조명에서는 5개의 배광 특성 중 한 개의 배광특성을 나타내는 공간 조명 특성을 갖는다. 그러나 LED 칩의 위치 이동과 반사판 및 도광판의 적절한 배열로 다양한 배광 특성을 가질 수 있다. 이러한 배광 분포 및 특성을 나타내는 최적의 위치 선정 및 원하는 배광 곡선을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 그 기능을 확인하였다.

사용된 시뮬레이션 소프트웨어는[13,14] 조명 광학 설계용 라이트 툴[15]을 사용하였다. 3D로 제작된 조명기구의 배광분포를 얻기 위해 사용된 재질의 반사율, 투과율, 흡수율 등의 광학특성과 광원을 설정하여 입력하고 LED 위치를 가변 시켰다. 반사판과 확산판을 고정시키고 가변된 LED 위치에 따른 시뮬레이션을 진행하였으며 이에 따른 배광 분포에 대하여 연구하였다.

2. 광학설계

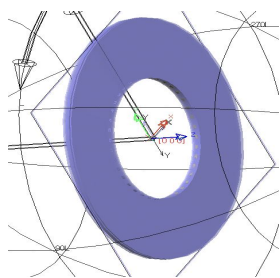
2.1 LED 조명 설계 구조

본 연구의 시뮬레이션에 사용된 LED Package의 크기는 3×5.3mm, SMD 타입이며 광속은 35lm, 순방향 전압은 3.1V, 이고 CRI 값은 82이다. 색온도는 약 5000K로서 많이 사용하는 6500K 보다는 약간 낮으나 편안한 분위기를 갖게 하여 펜던트 등으로 사용되는 LED 조명광원으로 사용하였다. 또한 기존에 V groove 형이나 스크린 기법에 의한 PMMA 도광판을 패턴 형성 없이 사용함으로써 제작의 간편함을 기하였다. 적층 구조는 반사판을 중심으로 상하에 도광판과 확산판을 두었다. 반사판은 PMMA 소재로 두께는 1.5mm, 투과율은 30%이다. 도광판은 폴리카보네이트 소재로 두께는 3.0mm이며 반사는 15%를 갖는다. 또한 확산판은 1.5mm의 두께이며 투과율 80% 제품을 시뮬레이션에 사용하였다. LED는 반지름

87mm의 원에 38개를 배치하였다. 배치된 LED는 상하 방향으로 위치변화를 줌으로서, 직접 조명 방식 및 반간접 조명방식의 배광 특성을 갖게 하고 이를 조명 시뮬레이션 툴을 활용하여 분석하고자 한다. 시뮬레이션에 사용한 소프트웨어는 몬테카를로 광선추적법의 이론을 적용하고[15] 1,000,000개의 추적광선을 사용하였다. 또한 리시버는 Far field receiver로 구성하여 광도, 배광곡선, CIE 색좌표 및 색온도 등을 얻었다.

2.2 시뮬레이션 결과 및 분석

[Fig. 1]은 설계에 사용된 조명기구의 구조를 나타내었다. [Fig. 1]에서 원형의 조명기구에 내측 면에 LED 칩이 장착되어 있고 각층이 적층되어있다. 그리고 원형의 외측은 사용된 재료로 유지한 구조와 100% 반사판으로 마감한 구조로 설계하였다.

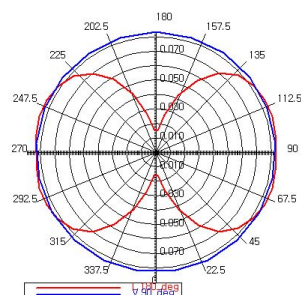


[Fig. 1] Structure of Edge Type Luminaires Fixture

[Fig. 2]는 LED 칩이 반사판 중앙에 위치한 경우에 대한 광도의 선도표로서 90°와 180°에 대한 배광특성 그림을 나타낸다. 파랑색은 90°에 대한 배광 특성이며 빨간색은 180°에 대한 배광특성이다.

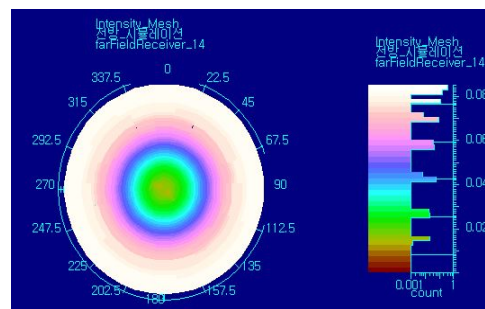
[Fig. 2]의 빨강의 경우처럼 가운데는 복사 광도가 낮고 광원 위치를 중심으로 위와 아래로 모두 배광분포를 나타내는 특성을 보인다 이는 기존의 조명 방식 중 전반 확산조명의 배광 형태를 나타낸다. 측정에 사용한 수신기는 원시야 수신기를 사용하여 광도를 측정하였다. 복사 광도는 수직으로 나타나며 최소 0.014W/sr, 최대 복사 광도는 0.085W/sr이며 평균 복사광도는 0.075W/sr로 나타났다. 수집된 파워는 0.95W, 효율은 0.23이고 최대광도 0.096W/sr이다. 또한 LED를 기준으로 램버시안 형태를 보여주며 90°를 기준으로 상 방향 157° ~ 202°에는 직

은 배광특성을 나타내고 이는 가운데가 비어있는 도넛형상의 조명기구를 채택하였기 때문이다.



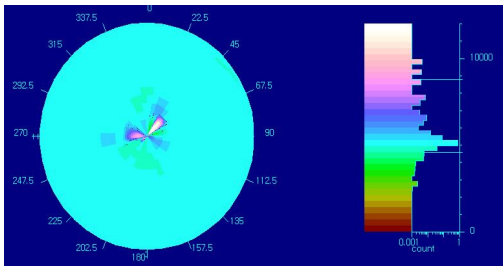
[Fig. 2] Light Distribution of the 90° and 180°

[Fig. 3]는 3D로 나타낸 래스터 도표로써 파란색과 보라색 경계에 LED 칩이 있어 바깥방향으로 광분포가 나타남을 볼 수 있으며 대체로 광의 균일한 분포를 볼 수 있다. 가운데 부분은 LED 칩이 바깥으로 배치되어 있어 낮은 Intensity를 나타내며 전체적으로는 균일한 Intensity를 보여준다.



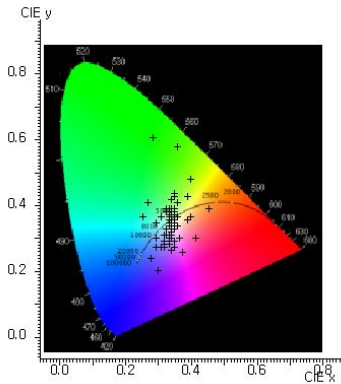
[Fig. 3] 3D Raster Chart

[Fig. 4]는 LED 칩의 높이가 가운데에 위치한 구조의 전 반확산의 조명기구에서 나타난 상관색온도 CCT (correlated color temperature)를 나타낸 그림이다. 채택된 5,000K LED 광원의 전체적인 상관색온도를 왜곡없이 나타남을 알 수 있다. 최소 2,461K에서 최대 2,3540K이며 평균적으로 5,173K로서, 중앙에 반사판을 두고 상하로 도광판을 배치한 이러한 조명기구에서 보여준 상관색온도는 6,000K 이상의 주광형 광등보다는 다소 낮은 뉴트럴 화이트와 쿨 화이트 중간정도의 형상을 나타낸다. 따라서 기존의 광원이 갖는 상관색온도를 왜곡없이 그대로 나타냄을 알 수 있다.



[Fig. 4] Thr CCT diagram for the Middle Position of LEDs

[Fig. 5]는 CIE 1931 색좌표계를 보여준다. 그림에서 보여주는 색좌표계의 + 표시 대부분이 5000K 부근에 다수가 위치되고 있으며 주광색의 모습을 띤다.



[Fig. 5] CIE Diagram for the Middle Position of LEDs

<Table 1>은 LED 칩의 위치를 반사판의 중앙에서 위쪽으로 1mm, 2mm 및 3mm에 위치시킨 경우의 배광분포를 보여준다. 중앙에서 위쪽으로 1mm를 이동시킨 경우 배광분포는 중앙의 경우와 유사하나 수집된 파워는 2.216W, 효율은 0.55 이고 최대광도는 0.24W/sr을 얻었다. 중앙 위 2mm에 위치한 경우에는 배광분포가 위쪽으로 분포하기 시작하며 상방향의 반직접 배광분포의 형태를 띠기 시작한다. 수집된 파워는 2.29W, 효율은 0.56이며 최대 광도는 0.45W/sr이다. 중앙에서 3mm 위쪽에 LED 칩을 배치시킨 경우에는 상방향으로 배광되는 직접 배광분포로 나타나며 수집된 파워는 1.23W, 효율은 0.31 이고 최대 광도는 1.12W/sr을 얻었다. 4mm위에 배치된 경우에는 3mm에 위치한 경우와 같은 결과를 얻었다.

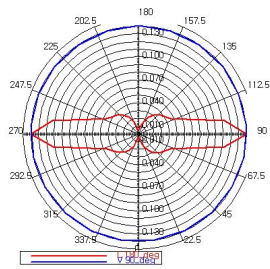
[Table1] Light Distribution for the Chip Position

Chip Position	Light Distribution
1mm above center	
2mm above center	
3mm above center	

광 효율을 고려하면 반사판위 2mm의 경우에서 최적의 효율을 얻을 수 있었으며, 단순히 LED 칩의 위치 변화를 주고 배광분포의 변화를 얻는다면 반사판 중앙을 중심으로 1mm까지는 전반확산 배광을 얻을 수 있으며, 반사판 위 2mm에 칩을 위치시킬 경우에는 반직접 배광 형태를 갖게 되며 3mm 이상의 경우에는 직접배광 분포를 얻을 수 있었다. 이를 이용한다면 한 개의 조명기구에서 칩의 위치를 변화시킴으로써 다양한 배광 분포를 연출함으로써 LED가 갖는 감성조명을 나타낼 수 있을 것이다.

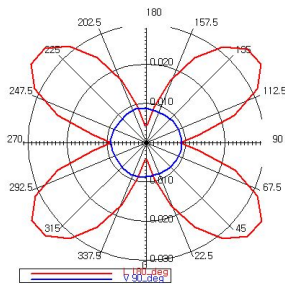
<Table 1>에서 얻은 결과는 반사판의 두께는 일정하며 상하면에 위치한 도광판의 두께는 LED 칩이 위치한 경우에는 3mm에서 바깥 부분에서는 1.5mm로 줄어드는 구조에서 얻은 결과이다.

[Fig. 6]의 배광분포는 도광판이 평행한 경우로서 두께 3mm를 유지하고 LED칩이 반사판의 중앙에 위치한 경우이다. 수집된 파워는 0.73W, 효율은 0.18을 얻었다. [Fig. 2]와 비교하면 반사판 위와 아래에 위치한 도광판이 광선 방향으로 커팅된 구조에서 전반확산의 배광분포가 더욱 우수함을 알 수 있고 효율 및 광특성 등의 및 결과도 우수함을 알 수 있다.



[Fig. 6] Light Distribution for the no-cutting light guide plate

[Fig. 7]은 평행광관 도광관을 사용한 구조에서 LED 칩 배치 반대편 끝 도광관, 반사판 및 확산판에 100% 반사면을 설치하였다. 반사면을 설치한 광도의 선도표의 경우에는 180°에 대한 배광특성은 램버시안 분포가 아닌 90°면에서 베트윅 배광특성을 갖는 조명기구로 사용이 가능하며 도넛형 조명기구의 바깥부분으로 배광이 나타나지 않는다. 또한 효율은 0.076으로 매우 낮고 최대광도는 0.045W/sr로서 전체적으로 광특성은 매우 낮다.



[Fig. 7] Light Distribution for the no-cutting light guide plate light guide plate with reflective surface

또한 반사판에 0.1mm 구면 모양의 패턴을 0.015mm 간격 및 크기로 LED 칩으로부터 방사상으로 증가시키면서 형상화한 경우는 LED 칩이 반사판의 중심에 위치한 경우 결과가 패턴이 없는 배분포 그림 2와 거의 같은 결과를 얻었다. 그러나 수집된 파워는 1.02W, 효율 0.25를 얻었고 최대광도는 0.104W/sr로서 패턴이 없는 경우보다 우수한 광특성을 나타내었다.

3. 결론

본 연구에서는 BLU 도광관 방식을 조명에 적용한 옛 지형 조명 기구에 부착된 LED 칩의 위치 배열에 따른 배광특성을 연구하였다. 가장자리 반사면이 있는 경우 배트위의 특성을 가지나 0.076의 효율, 0.045W/sr의 복사광도를 얻어 반사면이 없는 경우 0.23 효율, 0.085W/sr의 복사 강도가 더 우수하였다. 반사판의 중심에서 LED를 1mm, 2mm, 3mm 등의 배열 위치 변화에 따라 전반 확산 배광 분포, 반직접 배광분포, 및 직접 배광방식 등의 배광 변화를 얻었다. 또한 LGP의 모양이 평면형에서는 0.18 효율을 얻었고 썰기형의 경우에는 0.23을 얻어 썰기형 구조로 만든다면 더 좋은 광특성을 얻을 것으로 사료된다. 또한 반사판에 0.015mm 반구형의 크기를 LED 칩이 위치한 주변으로부터 방사상으로 증가시켜 배치할 때 효율 0.25, 최대광도는 0.104W/sr로서 패턴이 없는 경우보다 우수한 특성을 나타내었다.

이를 바탕으로 LED 조명기구 구조는 가장자리에 반사면을 두지 않고 썰기형의 LGP 판을 갖고 0.015mm로 증가하는 반구형상 구조를 갖도록 설계하고 중심으로부터 LED 위치 배열을 갖는다면 다양한 배광 특성을 나타내는 조명기구가 가능하다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the research grant of the Kongju National University in 2014.

REFERENCES

- [1] Song Won Man, "The Usage Research of Lighting Equipment and The Study of Lighting Power Saving Method", Korea Association for Photoics Industry Development, pp. 1-5, 2014.
- [2] An Sun Young, "LED Lighting Industrial Market Present Situation and Prospect", Journal of KIEEME, Vol. 7, No. 1, pp. 7-17, 2014
- [3] Myung-Gun Hwang, "Chang-Su Hur, Efficiency Improvement Simulation for the LED Lighting According

- to the Lighting Equipment Shape”, Journal of KIEEME, Vol. 18, No. 3, pp. 11-18, 2004
- [4] Yu-Shin Kim, An-Seop Choi, “Analysis of the Change of Intensity Distribution and Luminous Environment by Reflector Shape in Indirect Reflected LED Luminaries”, Journal of KIEEME, Vol. 29, No.1, pp. 9-17, 2011
- [5] Lee, Jin-Sook Kim, Won-Do Kim, So-Yeon, “Sensibility Evaluation of LED Lighting and Fluorescent Lamp based on Color Temperature”, Journal of AIKPD, Vol. 25, No. 4, pp. 263-270, 2009
- [6] Yi, Yon-Soo, Ha, Mi-Kyoung, “A Study on the Psy-chological Responses by the change of Illuminance and Color temperature in LED”, Korean Institute of Interior Design Journal, Vol. 21, No. 6, pp. 129-136, 2012
- [7] Jeabum Park, Byungmok Kim, Jian Shen, Daeseok Rho, “Development of Remote Monitoring and Control Device of 50KW Photovoltaic System”, Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 2, No. 3, pp. 7-14, 2011.
- [8] Jintaek Jeon, Daeseok Rho, Chanhyeok Kim, Yongpeel Wang, “The PV System Modeling Based on the PSCAD/EMTDC”, Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 2, No. 3, pp. 15-23, 2011
- [9] Sung-Kwun Oh, Sung-Joon Lim, Chang-Min Ma, Jin-Yul Kim, “Development of RGBW Dimming Control Sensitivity Lighting System based on the Intelligence Algorithm”, Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 21, No. 3, pp. 359-364, 2011
- [10] Song Sang Bin, “LED Lighting Component Technique Trend and prospect, Journal of KIIEE , Vol. 29, No. 2, pp. 23-34, 2015
- [11] Sung-Gi Chae, Dong-Hwan Jung, Yoon-Chul Lee, “Re-flector Design for LED Pedestrian Lighting Using Indirect Reflectance Type”, Journal of KIIEE, Vol. 26, No. 4, pp. 6-13, 2012
- [12] Yoo, Sook-Chul, Yoo, Kyung-Sun, Hyeon, Dong-Hun, “A Study on Aspheric Optics Research for Improving the Luminous Efficiency of the LED MR16”, Journal of KSMTE, Vol. 22, No. 3, pp. 480-487, 2013
- [13] Nam-Don Hur, Uk-Pyo Han, Ja-Ham Koo, Hoon Kim, “The Development of software for analyzing Intensity Distribution of Luminaire”, KIIEE, Vol. 17, No.5, pp. 1-7, 2003
- [14] Hong, Sung-Dae, “Lighting Simulation using Relux”, Journal of the KDAIA, Vol. 11, No. 1, pp.83-90, 2011
- [15] Jang-Ryeol Ryu, Seok Beom Yoon, “The Performance Analysis According to Array Method of LED Equipping with Medical Instruments, Journal of AITC, Vol. 9, No. 4, pp. 51-56, 2011

윤 석 범(Yoon, Seok Beom)



- 1985년 2월 : 건국대학교 전자공학과(공학사)
- 1993년 2월 : 건국대학교 전자공학과(공학박사)
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 공과대학 광공학과 교수
- 관심분야 : 광소자 및 광응용 시스템

· E-Mail : sbyoon@kongju.ac.kr

장 은 영(Jang, Eun Young)



- 1982년 2월 : 한국항공대학교 항공전자과(공학사)
- 1993년 2월 : 한국항공대학교 항공전자과(공학박사)
- 1991년 10월 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 교수
- 관심분야 : OFDM/MIMO, RFID, 신재생에너지시스템

· E-Mail : ceyng@kongju.ac.kr