

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.6.17>

JIWIT 2012-6-2

최적의 에너지 효율을 위한 새로운 LED 조명기기 점등제어 알고리즘

A New LED Light Device Lighting Control Algorithm for Optimal Energy Saving

인치국*, 홍성일*, 장정욱*, 인치호**

Chi-Goog In, Sung-Il Hong, Jeong-Uk Chang, Chi-Ho Lin

요약 본 논문에서는 최적의 에너지 효율을 위한 새로운 LED 조명기기 점등제어 알고리즘을 제안하였다. 제안된 점등제어 알고리즘은 다중센서를 기반으로 주변 조도를 측정하여 LED 조명기기의 전원부를 제어하여 에너지를 절약하였다. 또한 점등된 시간동안에는 팔각형 패턴으로 점등을 하게 되고, 일정시간 간격으로 패턴을 반전시켜 점등제어를 하다가 모션 센서에 의해 움직임이 감지되면 전체 LED는 점등하도록 설계하였다. 그리고 실시간으로 센서들로부터 측정된 정보를 Zigbee 무선 네트워크에 의하여 중앙관제센터와 통신하여 원격으로 관리제어가 가능하도록 설계하였다. 본 논문에서 제안한 점등제어 알고리즘은 에너지 절감 효과를 입증하기 위하여, 점등제어 프로그램을 이용하여 LED 조명기기의 점등 상태에 대한 전력 소비를 측정하였다. 측정된 결과, 기존의 점등 방식보다 제안한 알고리즘을 적용한 점등방식은 약 40% 이상의 에너지 절감 효과가 있음을 입증하였다.

Abstract In this paper, we were proposed a new LED light device lighting control algorithm for optimal energy saving. The propose lighting control algorithm be to the LED lights devices lighting control by measuring illuminance into multi sensors. And it be to lighting control by inverting of octagon pattern during set-up time. All the LED is lighting when detecting motion by the motion sensor. And, it was designed enable remote management control by communicate with central monitoring center using Zigbee wireless network to measured data from sensors at real time. In this paper, a proposed lighting control algorithm was measured power consumption about the lighting status of LED lighting device using the lighting control program for demonstrate of energy savings effect. The measured result, the lighting method applying proposed algorithm were proved energy savings effect of more 40% more compared to the existing lighting method.

Key Words : LED, Lighting algorithm, Octagon pattern, Energy saving, Streetlight

1. 서론

최근에 전력 소비량의 증가로 인하여 에너지난이 현

실화되고 있는 실정이다. 많은 사람들이 환경 문제와 에너지 절감에 대하여 많은 관심을 가지고 있으며 “저탄소 녹색성장”을 추구하는 한국에서도 에너지의 절감과 환경

*준회원, 세명대학교 컴퓨터학부

**정회원, 세명대학교 컴퓨터학부

접수일자 : 2012년 8월 31일, 수정완료 : 2012년 10월 18일

계재확정일자 : 2012년 12월 14일

Received : 31 August 2012 / Revised: 18 October 2012 /

Accepted : 14 December 2012

**Corresponding Author: ich410@semyung.ac.kr

School of Computer, Semyung University, Korea

규제에 의한 조명으로 광량이 풍부하고 저 전력을 소비하는 LED조명이 각광 받고 있다.^[1-2]

LED는 높은 광 효율을 가지고 있고 장수명이며 생산 과정에서 탄소 배출이 거의 없고 수은이나 납을 포함하지 않기 때문에 에너지 고갈 및 환경오염의 위기에 대응하는 미래 성장 동력산업의 하나이다.^[3] 그러나 온도 상승 시 허용 전류와 광 출력이 감소하고 발열이 높아지는 등 주위온도 및 동작온도 변화에 따라서 매우 민감하게 특성이 변화한다.^[4] 만약 허용치 이상의 전류가 흐를 경우 수명이 대폭 감소하고 성능이 크게 저하되므로 적절한 열처리 장치와 전류를 제어하는 구동장치가 필요하다.^[5] 또한 기존의 LED 조명기기는 다수의 LED들이 모듈로 구성되어 점등되었다. 이러한 점등방식은 발열로 인한 반도체의 특성열화 때문에 전류량이 변화하고 밝기가 변화하며 LED의 수명을 단축하게 된다.^[6-8]

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 다중 센서를 이용하여 제어하는 알고리즘을 설계하고, 에너지 효율을 높이는 LED 조명기기 점등제어 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 본 논문에서 제안하는 LED 점등제어 알고리즘에 대하여 소개한다. 제 3장에서는 패턴 점등에 대한 실험과 제안된 점등제어 알고리즘을 적용하여 얻은 데이터를 분석한다. 마지막으로 제 4장에서 결론을 맺는다.

II. LED 점등제어 알고리즘

1. 조명제어 시스템의 구성

그림 1은 LED 조명 제어 시스템의 전체 구성을 나타낸 것이다.

본 논문에서 제안하는 조명기기 점등제어 알고리즘은 호스트 센터에 설치된 PC에서 인터넷을 통하여 중앙제어와 모니터링을 하도록 하고, LED 조명기기를 제어하기 위해 게이트웨이에서 Zigbee 방식을 이용한다. 조명기기는 무선 컨트롤러를 통해 설치된 조도 센서와 모션 센서의 센싱 데이터를 이용하여 LED 조명기기를 제어할 수 있도록 구성한다.

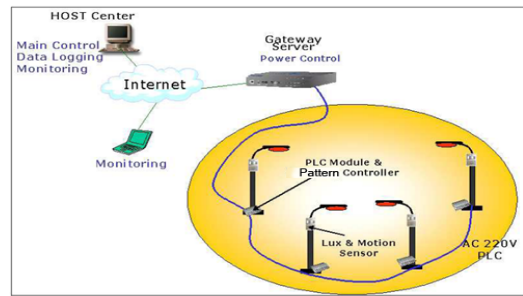


그림 1. LED 조명 제어 시스템의 전체 구성도
Fig 1. The overall configuration of LED lighting control system

2. 팔각형 패턴제어 알고리즘

본 논문에서는 LED의 점등패턴을 팔각형 모양으로 하여 일정 간격을 두고 점진적으로 전개되어 점등되는 패턴제어 알고리즘을 적용한다. 이러한 알고리즘은 점등되는 LED를 최소화하여 에너지를 절감시키고, 내부온도 상승으로 인한 간섭을 최소화하여 LED의 성능을 높일 수 있다. 그림 2는 팔각형 형태의 패턴점등 상태를 나타낸 것이다.

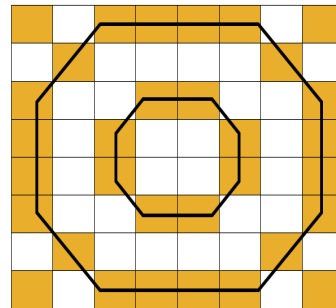


그림 2. 팔각형 형태의 패턴 점등
Fig 2. The pattern lighting of octagon form

팔각형 패턴 점등제어 알고리즘을 적용하면 LDM (LED Dot-matrix Module)은 50%가 점등되기 때문에 LDM은 수명이 최대 2배 향상이 가능하지만, 기존의 전체 점등 방식보다 광속이 저하되기 때문에 고휘도 LED 사용을 필요로 한다. 그리고 모든 LED의 균등한 사용 시간을 위하여 교차 점등 알고리즘을 구현한다. 팔각형 패턴은 완전대칭적인 패턴 형태를 가지며, 패턴을 반전을 시키거나 회전을 시켜도 조도 분포가 균등하다. 본 논문에서는 패턴 점등제어를 하기 위하여 8×8 LDM에 팔각

형 패턴을 적용하고, 점등되는 분포 내각을 조절하여 완전대칭적인 여러 개의 패턴을 생성한다. 그림 3은 본 논문에서 제안하는 팔각형 패턴점등의 동작 상태를 나타낸 것이다.

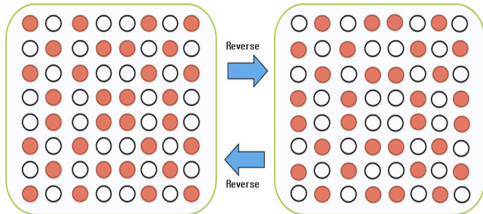


그림 3. 팔각형 패턴점등의 동작 상태
Fig 3. The activity status of octagon pattern lighting

효율적인 에너지 절약을 위하여 조도 센서로부터의 측정된 데이터가 일정수준 이하로 내려갔을 경우에만 자동으로 팔각형 형태의 패턴으로 점등을 하게 되며, 모션 센서를 이용하여 조명기기 근처에 사물의 움직임을 지속적으로 감지를 하게 된다. 평상시에는 팔각형 패턴을 이용한 완전대칭 패턴을 이용하여 점등하고 설정된 시간마다 점등상태를 반전시켜 점등제어를 한다. 이때, 사물의 움직임이 감지되면 조명기기 전체 LED를 점등제어하고 최대 광속을 유지하게 된다. 그림 4는 모션 센서를 이용한 조명기기 동작의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.



그림 4. 가로등의 동작 모듈 시뮬레이션
Fig 4. The streetlight activity module simulation

3. 팔각형 패턴 점등제어 프로그램 설계

그림 5는 본 논문에서 제안하는 패턴제어 알고리즘 순서도를 나타낸 것이다. LED 가로등 시스템의 점등제어를 위하여 Port, ADC, Flag, Internal timer interrupt 초기화 및 LED 점등 패턴을 팔각형패턴으로 초기화한다.

그리고 현재 조도의 센싱 데이터를 ADvalue에 저장하여 ADvalue 값이 일정수준 이하이면 Motion Detector로 움직임을 센싱하여 Flag에 저장하게 된다. 이 때 움직임이 감지레벨이 높으면 설정된 시간 동안 모든 LED 모듈을 전체 점등을 하게 된다. 그러나 움직임이 없으면 팔각형 패턴으로 패턴 점등을 하게 된다. 팔각형패턴으로 점등이 시작되면 일정 시간간격으로 패턴을 반전시켜 점등제어를 하게 된다.

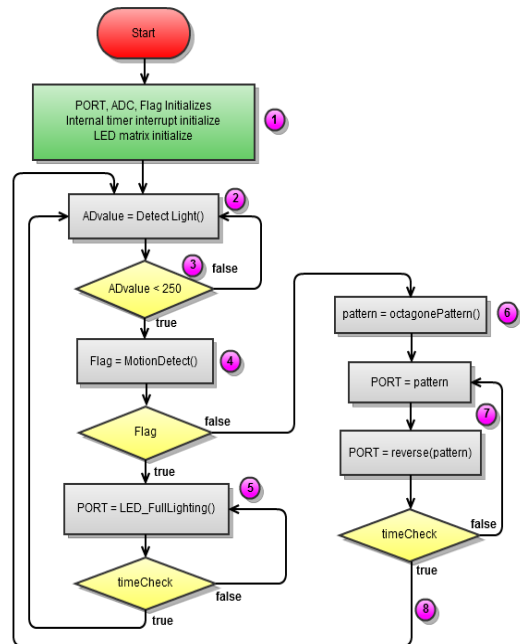


그림 5. 패턴제어 알고리즘 순서도
Fig 5. The pattern control algorithm flowchart

4. 원격제어를 위한 지그비 무선 네트워크 구성

본 논문에서 제안하는 LED 가로등에 중앙 제어와 모니터링이 가능하게 하기 위하여 그림 6과 같이 지그비 기반의 무선 네트워크를 구성한다. LED 가로등에서는 조도, 습도, 온도, 모션 센서들을 포함하는 복합 센서 모듈을 통하여 실시간으로 센싱된 데이터 값들을 가로등 통제센터에 송수신하게 된다. 이 때 수집된 데이터는 관리자가 원하는 조건에 맞게 점등제어를 할 수 있도록 각 가로등에 신호를 전달하여 원격으로 제어가 가능하도록 한다. 이러한 점은 가로등의 효율적인 에너지 절약을 위한 운영을 가능하게 한다.

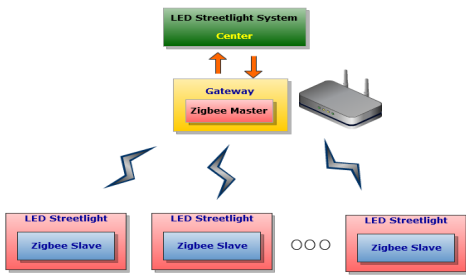
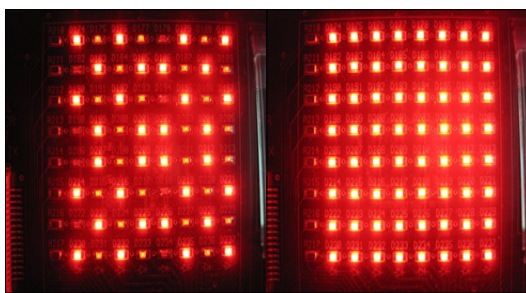


그림 6. 제안된 가로등 네트워크 구성도
Fig 6. The proposed streetlight network configuration

III. 실험 결과 및 분석

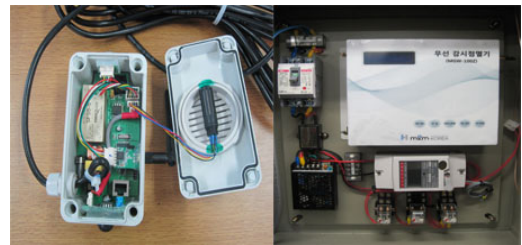
최적의 에너지 효율을 위한 새로운 LED 조명기기 점등제어 알고리즘의 검증을 위해 ATmega128을 사용한 개발 툴킷을 사용하여 패턴 점등에 대한 실험과 제안된 점등제어 알고리즘을 적용하여 얻은 데이터를 분석하였다. 실험환경 구축을 위해 PC에 컴파일러 도구인 WinAVR과 통합개발 프로그램인 AVR Studio 4를 설치하고 JTAG를 통해 앞서 설계한 팔각형 패턴 점등제어 프로그램을 장치에 포팅하였다. 개발툴킷에서의 LDM이 정상적으로 제어가 되는지 테스트한 결과, 주변 조도에 따라서 팔각형 패턴으로 점등이 되었으며, 모션 센서의 데이터의 값에 따라서 LDM 모듈의 모든 LED가 점등되어 프로그램이 정상적으로 동작함을 확인할 수 있었다. 그림 7은 제안한 팔각형 패턴 점등 제어 알고리즘이 적용으로 얻어낸 LDM의 패턴 점등과 전체 점등 제어 상태를 나타낸 것이다.



(a) 패턴 점등 상태 (b) 전체 점등 상태
(a) Pattern lighting state (b) full lighting state

그림 7. LDM 팔각형 패턴점등 상태
Fig 7. The LDM octagon pattern lighting state

그림 8은 본 논문에서 제안한 알고리즘의 구현을 위하여 지그비 무선 네트워크를 구성한 것을 보여주고 있다. 그림 8의 a는 실제 가로등에 설치된 지그비 모듈과 복합 센서를 장착한 모습이고, 그림 8의 b는 가로등으로부터 데이터를 송수신하기 위한 게이트웨이를 설치한 모습이다. 가로등에 설치된 지그비 모듈은 하나의 무선 네트워크로 연결되어 가로등 주변의 온도, 습도, 조도, 그리고 움직임을 감지하여 중앙관제서버에 센싱된 데이터를 송수신할 수 있도록 구현하였다.



(a) LED 가로등 복합모듈 (b) 게이트웨이
(a) LED streetlight complex module (b) The gateway

그림 8. 지그비 네트워크 모듈 구현
Fig 8. Implemented the Zigbee network module

실제 필드에서 제안된 알고리즘이 적용된 LED 가로등의 조도를 측정하기 위하여 그림 9와 같이 다중 센서 플랫폼이 결합되어 있는 센서 노드와 지그비 방식으로 센싱 데이터를 수신하기 위한 싱크노드, 싱크노드와 연결되어 센싱 데이터를 분석하기 위한 호스트 컴퓨터로 구성하였다. 센서 노드에는 다중 센서 프로그램을 포팅을 하였다. 싱크 노드에는 센싱 데이터를 수신할 수 있는 프로그램을 다운로드하여 테스트를 진행 하였다. 싱크 노드로 수신되는 센싱 데이터를 위한 메시지 분석은 랩뷰를 이용하여 분석하였다.

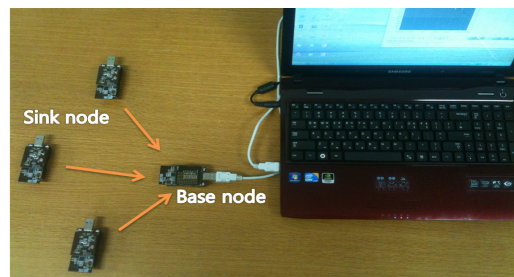
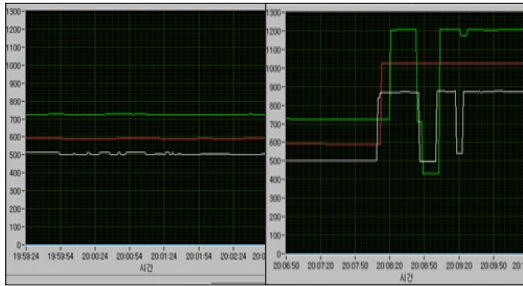


그림 9. 조도 측정을 위한 장치 구성
Fig 9. The device configuration for illuminance measuring

그림 10은 팔각형 패턴으로 점등제어 할 때, 조도와 주변 사물의 움직임 감지시의 조도를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 조도 분포도의 측정을 위하여 센서 노드는 LED 조명기기에서 1.5 M 간격으로 센서 노드를 위치하여 측정하였다.



(a) 패턴 점등시의 조도 (b) 움직임 감지시의 조도
(a) Illuminance of pattern lighting (b) Illuminance of motion detecting
그림 10. LED 가로등의 조도 측정 그래프

Fig 10. The LED streetlight illuminance measuring graph

패턴 점등하였을 경우에는 조도가 723 럭스로 측정되었고, 패턴변화에 따른 조도의 변화가 없었다. 모션 센서에서 주변 사물의 움직임을 감지하였을 경우, 조도가 1203 럭스로 상승하여 조도가 약 40% 증가되었다.

그림 11은 필드에 설치된 LED 조명기기를 통해 검증 모습을 나타내었다. 평소에는 팔각형 패턴으로 점등제어되다가 주변 사물의 움직임이 감지되면 전체 LED가 점등되어 동작 하는 것을 확인 하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 점등제어 알고리즘은 에너지 절감에 효과가 있음을 입증하였다.



(a) 패턴 점등상태 (b) 전체 점등상태
그림 11. LED 가로등의 필드 실험
Fig 11. The field test of LED streetlight

그림 12는 기존 시스템과 제안된 알고리즘을 적용한 시스템을 비교한 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

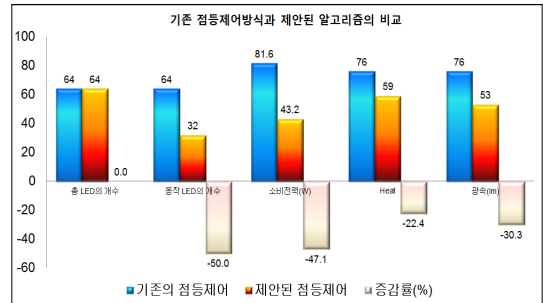


그림 12. 기존 시스템과 제안된 시스템의 비교
Fig 12. The comparison of existing system and proposed system

전체 점등과 제안된 알고리즘을 적용한 팔각형 패턴 점등방식의 차이점을 살펴보면 팔각형 패턴으로 점등하였을 때에는 동작되는 LED가 50 % 감소되어 소비전력이 47.1 % 절감되었고, 내부온도가 22.4 % 감소되어 내부온도 상승으로 인한 LED의 성능저하를 해결하였다. 그러나 발광효율이 30.3 % 떨어진 것으로 확인되었지만 고회도 LED를 사용하여 조도 저하의 문제를 해결할 수 있었으며, 결과적으로 높은 에너지 절감효과와 LED의 내부온도 상승으로 인한 밝기 저하, 수명 저하, 색상 변화 등의 성능저하 요소를 해결할 수 있었다. 따라서 제안된 LED 조명기기 점등제어 알고리즘을 적용한 시스템은 기존의 시스템보다 약 40 % 이상의 에너지 절감 효과를 얻을 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 LED 조명기기에서 최적의 에너지 절약과 효율성을 가지는 점등제어 알고리즘을 제안하였다.

제안된 팔각형 패턴을 이용한 점등제어 알고리즘의 적용으로 균일한 각도로 가지는 완전대칭 패턴을 생성하여 조도분포를 균일하게 할 수 있고, 점등되는 패턴에 교차점등 기법을 적용하여 별도의 히트싱크와 디밍 드라이버의 추가 없이 내부온도 상승을 낮출 수 있다. 센서 제어에 의한 패턴 점등으로 약 40% 이상의 에너지 절감 효과를 얻을 수 있음을 입증하였다. 또한 제안된 점등 제어

알고리즘은 프로그램의 변경에 의해 여러 종류의 패턴 제어가 손쉽게 구성이 가능하였다. 또한 지그비 네트워크를 이용한 가로등과 중앙관제서버와 복합 센서의 데이터 통신으로 원격제어 및 모니터링에 의해 효율적인 에너지 절약을 위한 운영이 가능하였다.

향후 연구 과제로는 친환경과 에너지 절약은 물론 인간중심적으로 감성조명과 복합형 노드제어 기술을 통한 에너지 절감기술 연구와 다중센서 통합보드 기술개발을 통한 실시간 모니터링 및 수집기술 연구, 실시간 모니터링/제어를 통한 안전성 및 지능화된 유지관리기술 연구가 진행되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Kazuto Miyagawa, "Murata Protects LED Lighting Devices from Overheating", Dempa, 2010
- [2] King-Tong Lau, William S. Yerazunis, Roderick L. Shepherd, and Dermot Diamond, "Quantitative colorimetric analysis of dye mixtures using an optical photometer based on LED array", Sensors and Actuator B: Chemical, vol.114, no.2, pp.819-825, 2006.
- [3] Yongxian Song, Yuan Feng, Juanli Ma, and Xianjin Zhang, "Design of LED Display Control System Based on AT89C52 Single Chip Microcomputer", JCP-ISSN, 2011.
- [4] Hany Elgalay and Raed Meslehy, Harald Haasy, "A Study of LED Nonlinearity Effects on Optical Wireless Transmission using OFDM", IEEE, 2009
- [5] Moo Whan Shin, "Thermal design of high-power LED package and system", SPIE, 2006
- [6] R.T. Huang, and P. Holm, "Design and fabrication of AlGaInP LED array with integrated GaAs decode circuits", IEEE Transactions on Electron Devices, vol.45 no.11, pp. 2283-2290, 1998.
- [7] Kaiyun Cui, Gang Chen, Zhengyuan Xu, and Richard D. Roberts, "Line-of-sight Visible Light Communication System Design and Demonstration", IEEE, pp.621-625, 2010
- [8] Jang-Ryeol Ryu, "The Fabrication of Optical Generator using the Stripe type LED Array Method", Journal of Korean Institute of Information Technology, vol.10, no.4, pp. 31-36, Apr 2012.

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업과 지식경제부 출연금으로 ETRI SW-SoC융합R&BD센터에서 수행한 시스템반도체 설계인력양성사업의 연구결과입니다.

저자 소개

인 치 국(준회원)



- 2011년 : 세명대학교 컴퓨터학부 이학사
 - 2011년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 대학원 컴퓨터학과 석사 과정
- <주관심분야 : SOC CAD, ASIC 설계, CAD 알고리즘, SOC 설계, RTOS 및 내장형 시스템>

장 정 욱(준회원)



- 2005년 : 세명대학교 컴퓨터학과 이학사
 - 2007년 : 세명대학교 일반대학원 이학 석사 (전산정보학 전공)
 - 2007년 ~ 현재 : 세명대학교 일반대학원 박사과정 (전산정보학 전공)
- <주관심분야 : CAD, SoC, ASIC, Embedded System, RTOS, USN>

홍 성 일(준회원)



- 2007년 : 세명대학교 컴퓨터학부 이학사
- 2009년 : 세명대학교 교육대학원 교육학석사 (전자계산교육 전공)
- 2009년 ~ 현재 : 세명대학교 일반대학원 박사과정 (전산정보학 전공)

<주관심분야 : CAD, SoC, ASIC, Embedded System, RTOS, USN>

인 치 호 (정회원)



- 1985년 : 한양대학교 공과대학 공학사
- 1987년 : 한양대학교 대학원 공학석사 (CAD 전공)
- 1996년 : 한양대학교 대학원 공학박사 (CAD 전공)
- 1992년 ~ 현재 : 세명대학교 컴퓨터학부 교수

<주관심분야> SOC CAD, ASIC 설계, CAD 알고리즘, SOC 설계, RTOS 및 내장형 시스템