

음향인식기술을 활용한 자동차 인식 조명제어 가로등 개발

최원철¹, 우중재^{*}
¹한서대학교 광전자공학과

A development of Automotive recognition streetlight lighting control with sound recognition technology

Won-Chul Choi¹, Choong-Chae Woo^{*}
¹Division of Optoelectronics, Hanseo University

요약 본 논문에서는 기존 가로등의 소비 전력을 줄이고 자동차의 유무에 따라 지능적으로 조명을 제어하는 효율적인 새로운 조명제어 시스템을 제안한다. 제안된 새로운 조명제어 시스템은 자동차가 이동할 때 발생하는 음향을 수집하고 분석하여 자동차의 유무를 판별한다. 그리고 자동차 감지 정보를 통해 가로등의 조명을 제어하고 다음 가로등에 자동차 감지 정보를 전송하여 순차적으로 가로등을 점등한다. 실험결과, 자동차의 유무에 따라 조명을 제어하고 자동차의 이동방향을 판별하여 순차적으로 가로등이 점등하는 동작을 확인하였다. 이와 같은 시스템은 자동차의 이동이 적은 지방도로나 국도에서 비효율적으로 항상 점등되어 있는 가로등에 적용하여 에너지를 절감할 수 있는 기술로 판단된다.

Abstract In this paper, proposed a new lighting control system which can reduce power consumption compared to conventional street lamps and intelligently control the light efficiently depending on whether there is a vehicle on the street. The new lighting control system proposed by this paper detects the presence of cars by collecting and analyzing sounds generated by the movement of cars. Then, the system controls lighting of street lamps based on the above car detection information, and turns on the street lamps sequentially by transmitting the car detection information. Experimental results showed that lightings were controlled based on the presence of cars and that operations of the lamps were made by turning on the lights sequentially by determining the moving direction of cars. This system is considered a technology that can reduce energies by applying to local roads with a few cars moving or national highways where lights are always turned on with low energy efficiency.

Key Words : automotive recognition, lighting control, sound recognition, streetlight

1. 서론

최근 세계적으로 부각되고 있는 에너지사용의 문제에 대하여 세계의 각국에서는 다양한 에너지 정책을 펼치고 있다. 국내에서도 3대 전략, 10대 정책방향을 제시하여 “저탄소, 녹색성장”을 목표로 에너지 소비를 줄이기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다[1,2]. 이러한 추세와 더불어, 차량의 유무에 상관없이 항상 점등되어 있는 현재의

가로등 시스템은 과도한 에너지를 소비하는 장치 중 하나로 에너지 절감을 위한 조명 제어 기술들에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

현재의 가로등 시스템에서 가로등 제어는 각각의 가로등에 설치된 가로등 제어기에서 분전함 제어기로부터 PLC(Power Line Communication)와 RF(Radio Frequency) 통신 방식으로 제어 신호를 받아 가로등의 점/소등을 제어하고, 누전이나 램프의 소비전력 및 고장

이 논문은 2011년도 한서대학교 교내 연구지원사업에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : ChoongChae-Woo(Hanseo Univ.)

Tel: +82-10-3445-2497 email: woo9@hanseo.ac.kr

Received April 28, 2014

Revised (1st October 31, 2014, 2nd December 16, 2014, 3rd January 26, 2015, 4th March 10, 2015)

Accepted March 12, 2015

Published March 31, 2015

여부를 감시하여 분전함 제어기로 전송하게 된다[1-5]

이와 같이 분전함을 통해 가로등을 제어하는 시스템이 현재 설치되어 있는 대부분의 가로등에 적용되어 있는 시스템이며, 이러한 시스템은 도로의 밝기에 관계없이 시간에 의해서만 가로등이 점/소등되어 에너지 낭비의 원인이 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 광센서를 이용하여 도로 조도를 측정하여 해결하기도 하지만 시간이 지남에 따라 센서에 눈, 먼지와 같은 이물질에 의해 오동작을 일으키는 문제점을 갖고 있다. 이 시스템에서 한 단계 발전된 형태로 적외선 감지를 통해 자동차의 유무를 감지하여 해결하기도 하지만 자동차가 감지된 순간에 해당 가로등이 점등되는 시스템으로 가로등의 주목적인 시야확보 기능을 수행하는 데에는 비효율적인 시스템이다[6].

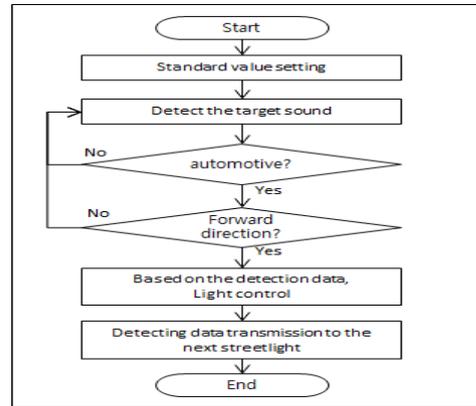
본 논문에서 제안하고 구현한 가로등 시스템은 기존의 가로등 제어 방법에서 발전한 시스템으로 음향인식을 활용하여 자동차가 이동할 때 발생하는 음향을 감지하여 가로등을 점등하고, 무선 네트워크를 구축하여 자동차의 이동 방향에 있는 다음 가로등을 순차적으로 점등하는 가로등 시스템에 대해 설명한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 본론에서 개발된 시스템에 대한 구성 및 컴퓨터 모의실험을 통한 구현방안에 대해 소개하고, 개발된 시스템에 적용된 이론 및 설계 방법에 대하여 기술하고, 실험결과에 대한 내용을 보여준다. 마지막으로 설계된 시스템의 우수성과 결론을 도출한다.

2. 본론

2.1 시스템 구성

개발된 시스템은 자동차가 이동할 때 발생하는 음향을 감지하기 위한 감지 시스템, 감지 시스템의 정보를 기반으로 자동차의 유무와 이동방향을 연산하는 통합 제어 컨트롤러, 통합 제어 컨트롤러의 제어 신호에 따라 조명을 제어하는 조명 제어 시스템, 통합 제어 컨트롤러를 통해 연산된 자동차 감지 정보를 자동차의 진행방향에 있는 다음 가로등에 자동차 감지 정보를 전송하기 위한 무선 통신 시스템으로 구성되어 있다. 상기 개발 시스템에 사용된 부품들을 통하여 도로상에서 자동차의 유무를 판별하고, 이동방향을 감지하여 가로등의 조명을 제어함으로써 가로등에 소모되는 에너지를 절감할 수 있다.

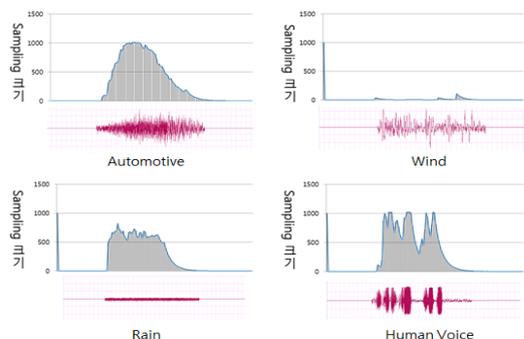


[Fig. 1] system flowchart

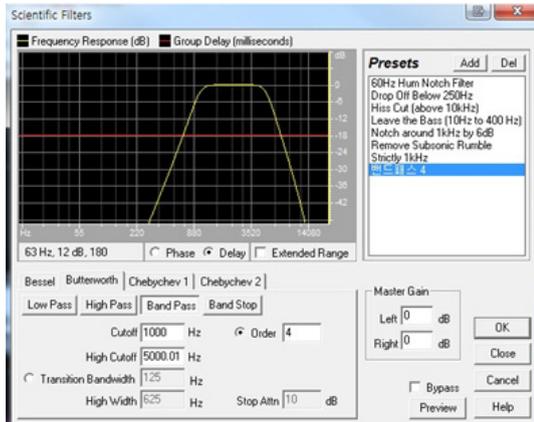
Fig. 1은 개발된 시스템의 순서도를 보여주고 있다. 개발된 시스템은 자동차가 이동할 때 발생하는 음향을 감지하여 자동차의 유무를 판단하기 위해 초기 설정된 기준 값을 통해 수집된 음향을 비교하여 자동차로 판단한다. 또한, 상기 수집된 음향을 바탕으로 자동차의 이동방향을 판단하여 이동방향에 있는 다음 가로등에 감지 정보를 전송함으로써 자동차의 이동방향에 있는 다음 가로등을 제어하는 순서로 동작한다.

이와 같은 가로등 시스템을 통해 실제 도로상에서 자동차가 이동할 때 발생하는 음향을 정확히 추출하기 위해서 자동차의 음향을 수집하고, 도로상에서 잡음으로 판단할 수 있는 음향인 바람소리, 비소리, 목소리를 수집하여 컴퓨터 모의실험을 통한 표본화 크기와 주파수를 분석하였다.

Fig. 2는 실제 도로상에서 자동차가 이동할 때 발생하는 음향과 도로상에서 잡음으로 판단할 수 있는 바람소리, 비소리, 사람의 목소리의 표본화 크기와 스펙트럼 데이터이다.



[Fig. 2] sound sampling data



[Fig. 3] BPF implemented through simulation

상기 데이터들의 표본화 크기와 주파수를 Syntrillium software 사의 Cool edit pro(이하 시뮬레이션 프로그램)라는 프로그램으로 분석한 결과 1kHz ~ 5kHz의 주파수만을 통과시키는 bandpass filter를 구성하여 적용할 경우 자동차의 음향을 추출할 때 잡음을 최소화할 수 있다는 결론을 도출하였다. 이와 같이 도출된 결론을 통해 Fig.3과 같이 시뮬레이션 프로그램으로 bandpass filter를 구성하였다.

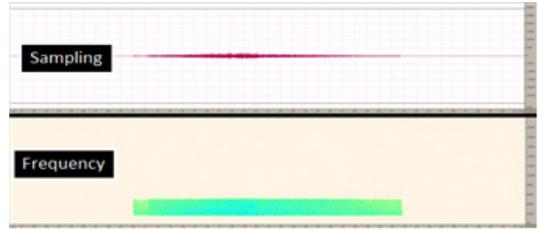
시뮬레이션 프로그램으로 구현된 bandpass filter를 수집된 음향에 적용하여 도출한 결론은 바람소리와 비소리는 자동차의 음향과 확연히 구분할 수 있으나, 사람의 목소리의 경우 자동차의 음향과 구분하기 어려운 문제를 확인하였다.

Fig. 4은 실제 도로상에서 자동차가 이동할 때 발생하는 음향에 bandpass filter를 적용하여 표본화 크기와 스펙트럼 데이터이다.

Fig. 5와 6는 바람소리와 비소리에 bandpass filter를 적용하여 표본화 크기와 스펙트럼 데이터이다.

Fig. 7은 사람의 목소리에 bandpass filter를 적용하여 표본화 크기와 스펙트럼 데이터이다.

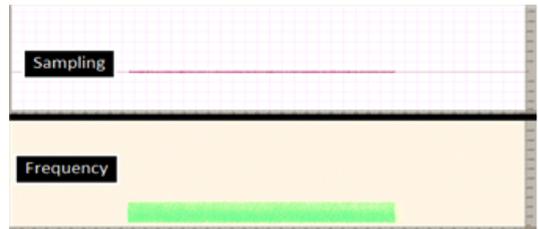
상기 데이터들을 통해 도출된 문제를 해결하기 위해 시스템 설계 시 미리 설정된 특성의 값 이상을 일정시간 동안 유지할 경우 자동차로 판단하고, 이와 같은 조건을 만족하지 못하면 잡음으로 판단하여 제거하는 기능을 포함하여 개발함으로써 상기 문제를 해결할 수 있다는 결론을 도출하였다.



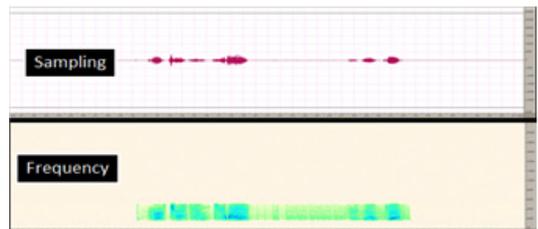
[Fig. 4] The automotive sound data applying the bandpass filter



[Fig. 5] The wind sound data applying the bandpass filter



[Fig. 6] The rain sound data applying the bandpass filter



[Fig. 7] The voice sound data applying the bandpass filter

상기 도출된 결론을 실제 시스템에 적용하기 위해 설계된 Bandpass Filter는 낮은 주파수와 높은 주파수를 갖는 신호를 차단하고 그 사이의 주파수에 해당하는 신호를 통과시키는 필터이다. 신호를 차단하는 낮은 주파수를 하측 차단주파수 $f_{C_{Low}}$ 라 하고 신호를 차단하는 높은

주파수를 상측 차단주파수 $f_{C_{HIGH}}$ 라고 하면 통과대역은 아래식과 같이 상측 차단주파수와 하측 차단주파수의 차이다.

$$BW = f_{C_{HIGH}} - f_{C_{LOW}} \quad (1)$$

이때 하측 차단주파수 $f_{C_{LOW}}$ 와 상측 차단주파수 $f_{C_{HIGH}}$ 는 다음과 같다[3].

$$f_{C_{LOW}} = \frac{1}{2\pi R1 C1} \quad (2)$$

$$f_{C_{HIGH}} = \frac{1}{2\pi R2 C2} \quad (3)$$

상기 식을 통해 자동차가 이동할 때 발생하는 음향을 추출하기 위한 주파수 대역인 1kHz ~ 5kHz 대역의 주파수만을 통과시키는 필터를 구현하기 위한 식은 다음과 같다.

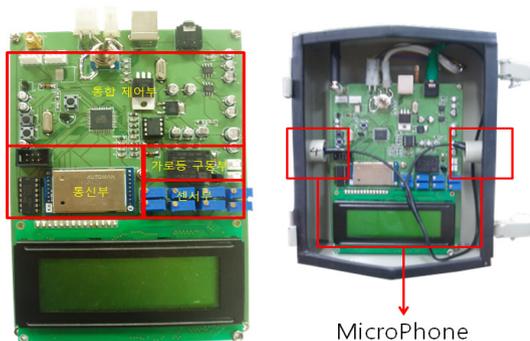
$$f_{C_{LOW}} = \frac{1}{2\pi \times 160k\Omega \times 1nF} = 995.22Hz \quad (4)$$

$$f_{C_{HIGH}} = \frac{1}{2\pi \times 32k\Omega \times 1nF} = 4976.11Hz \quad (5)$$

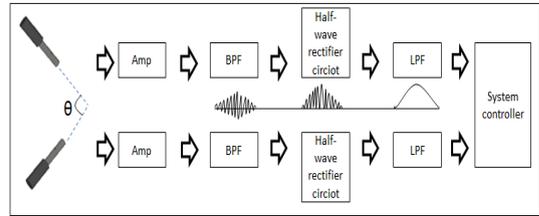
2.2 시스템 설계

컴퓨터 모의실험을 통하여 도출한 결론과 이론을 바탕으로 센서부를 포함한 통신부, 제어부, 가로등 구동부를 Fig. 8과 같이 개발하였다.

Fig. 9는 자동차 유무와 이동방향 검출을 위한 감지 시스템의 동작 순서를 보여주고 있다.



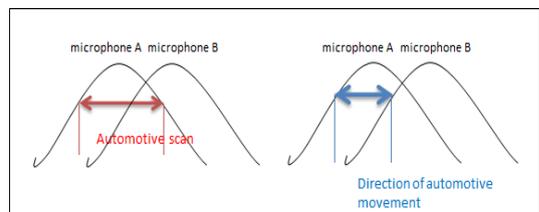
[Fig. 8] System Board



[Fig. 9] automotive sound retrieving system using sensor

센서부는 일정한 각도로 설치된 2개의 마이크로폰으로부터 주변의 음향신호를 수집하여 증폭하고, 대역통과 필터를 활용하여 증폭된 음향신호 중 자동차의 음향신호만을 추출하는 기능을 수행한다. 추출된 자동차의 음향신호는 제어부에서 손쉽게 샘플링하기 위해 반파정류회로와 저역통과필터를 통해 평탄화 시킨 후 제어부로 전송한다.

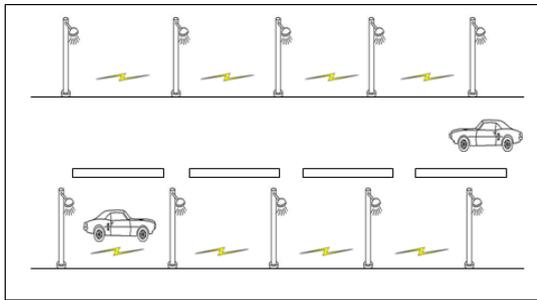
Fig. 10은 감지 시스템으로부터 입력되는 신호를 바탕으로 자동차의 유무와 이동방향을 판단하는 방법에 대하여 보여주고 있다. 자동차의 유무를 판별하는 방법으로는 설치된 1개의 마이크로폰으로부터 수집된 음향신호의 일정 크기 이상의 신호가 일정시간 동안 유지될 경우 자동차로 판별하고, 자동차의 이동방향을 일정한 각도로 설치된 2개의 마이크로폰으로부터 먼저 수집된 마이크로폰의 음향과 후에 수집된 마이크로폰의 음향을 비교하여 자동차의 이동방향을 판별한다.



[Fig. 10] automotive scan and direction of automotive movement detection method

제어부는 수신된 신호를 바탕으로 미리 설정된 특징값 이상의 신호가 특정 시간 이상 지속될 경우 자동차로 인식하고, 2개의 마이크로폰을 통해 수집된 각 신호의 시간차를 확인하여 자동차의 이동방향을 검출한다.

Fig. 11은 자동차의 유무와 이동방향 정보를 다음 가로등에 전송하는 가로등간 정보공유에 대한 예시를 보여주고 있다.



[Fig. 11] information sharing of wireless communication between streetlight

통신부는 주변 장애물에 영향을 최소화하고 전송거리를 충분히 확보하기 위해 400MHz 대역의 주파수를 사용하는 RF 통신 모듈을 사용하였다. 또한, 자동차 인식 정보를 다음 가로등으로 전송하여 자동차가 도착하기 이전에 미리 가로등을 점등할 수 있도록 무선 네트워크를 구축하였다.

3. 실험결과

개발된 시스템은 케이스의 양측에 마이크론을 설치하여 자동차의 음향을 수집하고 수집된 정보를 통해 자동차의 유무와 이동방향을 판단할 수 있도록 설계하였다. 또한, 시간과 경비의 제약성 때문에 실제 가로등을 활용하여 실험하는 대신 실제 환경과 유사하게 Fig. 12와 같이 간이 가로등에 개발 시스템을 장착하여 실제 도로에

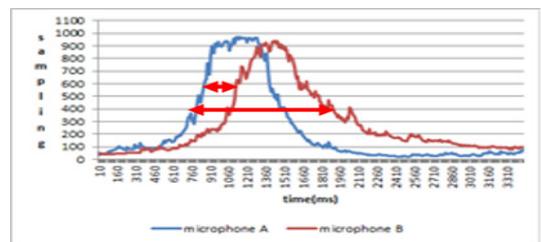


[Fig. 12] Field Test Methods

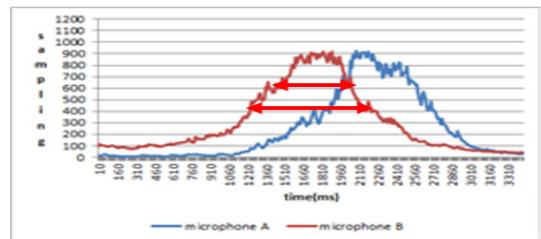
적용하여 실제 자동차가 이동할 때 동작을 확인하였으며 이와 동시에 음향 데이터를 수집하여 제작된 시스템이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

Fig. 13과 14는 실제 도로에서 1대의 자동차가 정방향으로 이동할 때와 역방향으로 이동할 때 발생하는 음향의 크기를 10ms의 시간 지연을 갖고 샘플링한 데이터이다.

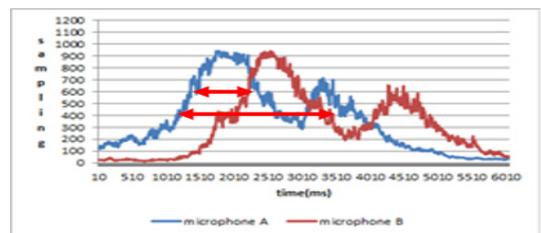
Fig. 15와 16은 실제 도로에서 2대의 자동차가 정방향으로 이동할 때와 역방향으로 이동할 때 발생하는 음향의 크기를 10ms의 시간 지연을 갖고 샘플링한 데이터이다.



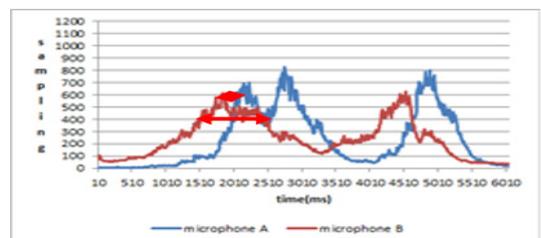
[Fig. 13] one automotive forward direction



[Fig. 14] one automotive reverse direction



[Fig. 15] two automotive forward direction



[Fig. 16] two automotive reverse direction

4. 결론

본 논문에서 구현된 음향인식 가로등 조명 제어 시스템은 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 상시 점등되어 있는 가로등을 차량의 인식을 통해 지능적으로 가로등을 제어함으로써 에너지 절감은 물론 유지 비용을 줄일 수 있는 장점이 있다. 둘째, 음향인식을 활용함으로써 기존의 조도를 측정하여 가로등을 점등하는 시스템에 비해 오동작 위험이 적다. 셋째, 가로등간 제어 정보를 공유함으로써 많은 가로등을 효율적으로 관리하고 각각의 가로등을 효율적으로 제어할 수 있다. 넷째, 기존 가로등에도 손쉽게 설치할 수 있는 시스템으로 구성되어 초기 교체 비용 또는 설치비용의 절감이 가능하다.

따라서 본 논문에서 제안된 음향인식 가로등 조명 제어 시스템은 자동차의 이동이 적은 지방도로나 국도에서 비효율적으로 항상 점등되어 있는 가로등에 적용할 수 있으며, 적용할 경우 효율적으로 에너지를 절감할 수 있는 기술로 판단된다.

본 논문에서 구현된 음향인식 가로등 조명 제어 시스템은 향후 초음파 센서 또는 음향의 크기 등을 활용하여 자동차의 종류를 검출함과 동시에 자동차의 속도를 검출하여 조명의 색을 바꿔줌으로써 운전자에게 과속에 대한 경고를 해줄 수 있는 감성 조명 시스템 개발을 진행 중이며, 다음 가로등과의 효율적인 통신을 위해 USN 기술을 도입할 예정이다.

References

[1] J.D. Lee, K.Y. Nam, S.H. Jeong, S.B. Choi, H.S. Ryoo, D.K. Kim, "Design of Zigbee based Street Light Control System", Journal of The Korean Institute of Electrical Engineers(KIEE), pp. 935-936, July. 2007.

[2] C. M. De Dominicis, A. Flammini, E. Sisinni, L. Fasanotti, and F. Floreani, "On the development of a wireless self localizing streetlight monitoring system", 2011 IEEE Sensor Applications Symposium(SAS), pp. 233-238, Feb. 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/SAS.2011.5739806>

[3] J. Liu, C. Feng, X. Suo, and A. Yun, "Street Lamp Control System Based on Power Carrier Wave", 2008 Intelligent Information Technology Application Workshops (IITAW), pp. 184-188, Dec. 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/IITA.Workshops.2008.163>

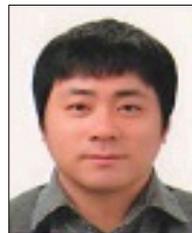
[4] K.D. Lee, S.H. Lee, "Implementation of an Effective Streetlamp Panel Board Controller", Journal of The Korean Institute of Information Technology, Vol.10, No.4, pp. 43-48, April. 2012.

[5] C. G. In, D. H. Yoon, C. H. Lin, "New Lighting Control System for Light Devices", Journal of IKEEE, Vol.15C, No.4, pp. 261-266, 2011.

[6] J. M. Kim, D. N. Lee, TengYuzhao, D. G. Jeong, D. S. Song, "A Light Lamp Control System for Saving Energy", Journal of The Korean Institute of Information Technology, pp 930-933, 2009.

최 원 철(Won-Chul Choi)

[준회원]



• 2014년 8월 : 한서대학교 일반대학원 광전자공학과 (공학석사)

<관심분야>
임베디드 시스템

우 중 재(Choong-Chae Woo)

[정회원]



• 2002년 2월 : 연세대학교 연세대학원 전기전자공학과 (공학석사)
• 2007년 2월 : 연세대학교 연세대학원 전기전자공학과 (공학박사)
• 2007년 3월 ~ 2009년 2월 : 삼성 전자 정보통신총괄통신연구소 책임 연구원
• 2009년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 전자공학과 교수

<관심분야>
셀룰러 시스템, 임베디드 시스템