

그로브 제스처 센서를 활용한 모션 및 음성 인식 스마트 미러에 관한 연구

최희태* · 고창훈* · 정지민* · 신예슬* · 박형근**

A Study on the Motion and Voice Recognition Smart Mirror Using Grove Gesture Sensor

Hui-Tae Choi* · Chang-Hoon Go* · Ji-Min Jeong* · Ye-Seul Shin* · Hyoung-Keun Park**

요약

본 논문에서는 그로브 제스처를 사용하여 스마트 미러의 화면을 제어하고 음성인식 기능을 통해 화면에 웹 브라우저 검색 기능과 거울화면을 제어할 수 있는 스마트 미러를 제안하였다. 스마트 미러의 하드웨어 구성은 LCD모니터에 아크릴 판을 결합하고 반사율 37% 투과율 36%의 하프미러필름을 아크릴판에 부착하여 거울처럼 사용함과 동시에 거울에 디스플레이를 표시하도록 제작하였다. 제안한 스마트 미러는 사용자가 직접 거울을 터치하거나 키보드를 조작하는 등의 번거로운 작업 없이 그로브 제스처 센서를 통해 간단한 손동작만으로 화면을 제어할 수 있는 기능을 구현하였으며 음성인식 기능과 GoogleAssistant를 도입하여 사용자가 내린 음성명령에 일치하는 결과를 화면에 출력하였다.

ABSTRACT

This paper presents the development of a smart mirror that allows control of its display through glove gestures and integrates voice recognition functionality. The hardware configuration of the smart mirror consists of an LCD monitor combined with an acrylic panel, onto which a semi-mirror film with a reflectance of 37% and transmittance of 36% is attached, enabling it to function as both a mirror and a display. The proposed smart mirror eliminates the need for users to physically touch the mirror or operate a keyboard, as it implements gesture control through glove gesture sensors. Additionally, it incorporates voice recognition capabilities and integrates Google Assistant to display results on the screen corresponding to voice commands issued by the user.

키워드

Smart Mirror, Grove Gesture Sensor, Raspberry Pi, Motion recognition, Voice recognition
스마트 미러, 그로브 제스처 센서, 라즈베리 파이, 모션인식, 음성인식

* 남서울대학교 전자공학과 (cmin369@naver.com, mh061207@naver.com, gimin10@naver.com, mydogs2@naver.com) • Received : Oct. 23, 2023, Revised : Nov. 17, 2023, Accepted : Dec. 27, 2023
** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과 • Corresponding Author : Hyoung-Keun Park
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,
Email : phk315@nsu.ac.kr

• 접수일 : 2023. 10. 23
• 수정완료일 : 2023. 11. 17
• 게재확정일 : 2023. 12. 27

I. 서 론

최근 인터넷과 접합된 기기들이 제작, 판매 되며 IoT, 스마트 홈 등의 사용자에게 일상생활 속 편의성을 제공하는 기술들이 많은 발전을 이루고 각광을 받고 있다[1-3]. 이러한 상황 속 평범한 거울에 인터넷을 접합시킨 스마트 미러 또한 IoT 시장의 성장으로 인해 많은 관심을 받고 있는 제품 중 한가지이다. 일반거울과 유사하지만, 유리판을 사용하는 것이 아닌 아크릴 판에 하프미러필름을 부착하며 필름에 따른 반사와 투과율으로 아크릴 판 후면에 위치한 LCD 디스플레이의 화면을 거울에 띄워 사용자에게 정보를 제공할 수 있는 스마트기기이다. 스마트 미러가 사용자에게 제공하는 기능은 편의성에 중점을 두고 있으며 사용자가 거울을 사용하는 잠깐의 시간도 낭비하지 않도록 사용자에게 뉴스, 날씨 등 일상정보들을 제공한다. 대표적으로 스마트 미러 화면에 출력하는 기능으로 날씨, 뉴스, 일정 정보등의 일상적인 정보제공과 유튜브 재생, 스포츠 경기 일정 등 사용자가 설정한 흥미위주의 정보제공 등이 있다.

스마트 미러는 음성인식 기술을 활용하여 웹사이트 검색이 가능하며, 사용자가 마이크를 통해 음성 명령을 내리면, 스마트 미러가 해당 명령을 인식하고 이를 웹사이트를 통해 검색하여 스마트 미러에 띄워 사용자에게 시각, 음성정보를 제공한다[4-8].

또한, 스마트 미러에 부착된 그로브 제스처 센서를 통하여 사용자의 손동작을 인식하여 이에 맞게 화면을 제어할 수 있다. 터치센서를 이용하여 빛이 존재하지 않는 저녁 시간대에도 사용자로 하여금 거울을 사용할 수 있도록 터치센서를 통해 거울을 비출 LED를 제어할 수 있는 기능이 존재한다.

스마트 미러의 이런 기능과 구성으로 매일 아침마다 한번 씩 확인하게 되는 정보들을 거울에서 정보를 제공함으로 특정 정보를 얻기 위해 휴대폰, 컴퓨터를 통한 검색을 하는 등 번거로운 과정을 없애 사용자의 시간을 더욱 효과적으로 관리 할 수 있도록 도움을 주며 사용자의 일상을 편리하게 만들어 준다.

II. 그로브제스처 및 터치 센서를 활용한 시스템 구현

2.1 시스템 구성

본 논문에서는 LCD 모니터와 아크릴 판, 하프 미러 필름 등을 결합하여 기기를 거울처럼 사용 가능하면서도 디스플레이가 보이도록 제작하였다. 그로브 제스처 센서와 Raspberry Pi 4 Model을 사용하여 그림 1과 같이 사용자의 손동작을 인식함으로써 스마트 미러의 달력, 시계, 유튜브 등 화면을 제어할 수 있도록 구성하였다. 또한, 음성인식 기술을 활용하여 웹 브라우저 검색 및 외부 기기 제어가 가능하도록 하였다.

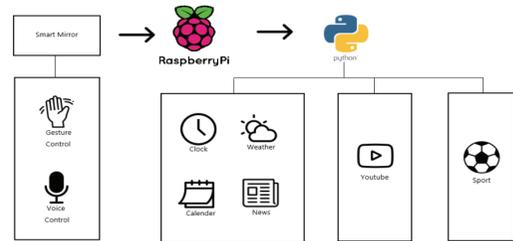


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1 System configuration diagram

2.2 그로브 제스처 센서

그로브 제스처 센서에는 PAJ7620U2 칩이 장착되어 있으며, I2C 통신을 통해 마이크로컨트롤러와 통신한다. 이 센서를 사용하면 9개의 제스처를 인식할 수 있으며, 그 중 8개는 일반적인 제스처이고 나머지 1개는 왼손/오른손 인식을 위한 제스처이다. 제스처는 128개의 레지스터에서 인식하며, 손가락, 손바닥 등의 손동작을 인식한다[9-10].

PAJ7620U2는 내장된 제스처 인식 알고리즘을 사용하여 다양한 손 제스처를 식별하고 인식하며, 그림 2와 같이 그로브 제스처 센서를 사용하여 얻은 정보를 토대로 사용자의 손동작을 인식하는 코드를 작성하고 손을 좌우로 움직이는 제스처는 화면을 전환하여 유튜브를 재생하거나 스포츠 경기 결과, 일정 정보를 확인할 수 있다. 또한, 손을 위아래로 움직이는 제스처는 다음 뉴스나 이전 뉴스로 변경하는 할 수 있도록 프로그래밍 하였다. 손을 시계방향과 반시계 방향으로 회전하는 제스처는 화면의 모듈을 끄고 켜는 제어를 할 수 있도록 하였다.

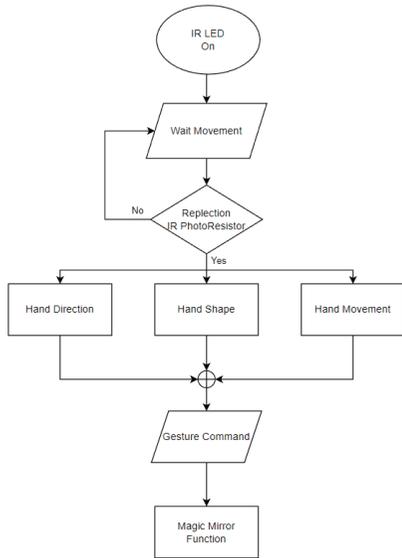


그림 2. 그로브 제스처 센서 알고리즘
Fig. 2 Grove gesture sensor algorithm

기존에는 화면을 제어하기 위해서 터치스크린을 사용해야 했지만 그로브 제스처 센서를 활용하여 사용자가 손가락으로 직접 터치하거나 버튼을 누르지 않아도 화면을 제어할 수 있도록 설계하였다.

2.3 USB 마이크

USB 마이크는 마이크 캡슐, 앰프, ADC(Analog-to-Digital Converter), USB 인터페이스로 구성된다. 마이크 캡슐은 음압 신호를 전기 신호로 변환하고, 앰프를 통해 증폭되며, ADC를 통해 디지털 신호로 변환한다. 이 신호는 USB 인터페이스를 통해 컴퓨터로 전송되어 라즈베리 파이에서 소프트웨어 처리 및 음성 데이터 제공이 가능하며 GoogleAssistant API를 통해 연동된 GoogleAssistant가 실행된다.

'자비스'라는 단어가 인식되면, GoogleAssistant가 동작하며 이후 추가적인 명령에 따라 작업을 수행한다. 예를 들어, "자비스, 오늘 날씨 알려줘"라는 명령어를 입력하면, GoogleAssistant는 해당 명령어를 이해하고, 인터넷에서 날씨 정보를 가져와서 사용자에게 음성으로 알려주고 웹사이트 검색을 통해 시각적인 정보를 사용자에게 제공한다.

2.4 터치 센서

사용자가 원하는 시간대에 스마트 미러를 사용하기 위해서는 빛이 없는 곳에서도 거울을 볼 수 있도록 만들어야 한다. 따라서 본 논문에서는 스마트 미러에 LED를 설치하여 이를 아두이노를 통해 제어하기 위해 터치센서를 활용하였다. 터치센서는 5V의 저 전력으로 동작하며, 입력으로 설정한 아두이노 핀의 상태를 읽어와 터치 인식 여부를 확인하여 터치가 감지되면 핀은 HIGH(1) 상태가 되며, 터치가 감지되지 않으면 LOW(0) 상태로 전환된다. 한 번 터치할 때마다 상태가 전환되도록 설정하였는데 예를 들어, LED를 제어할 때, 처음에는 켜져 있지 않지만, 한 번 터치하면 LED가 점등하고, 다시 한 번 터치하면 LED가 소등하는 동작을 수행하도록 하였다.



그림 3. 터치 센서
Fig. 3 Touch sensor

2.5 Software 구성

개발된 스마트 미러는 Raspbian 운영체제를 사용하며 기본적인 스마트 미러의 GUI는 CSS를 사용하여 그림 4와 같이 개발하였다. 스마트 미러의 기능들을 사용하기 위해서 Google Cloud Platform에서 API를 활용하여 날씨, 미세먼지, 스포츠 경기 등의 자료를 실시간으로 출력 및 갱신한다.

음성인식 기능은 마찬가지로 API를 사용하지만 Google Assistant API를 사용하여 사용자가 입력한 음성을 텍스트로 변환시켜 이 값을 데이터베이스에 저장된 값과 대조 후 알맞은 명령을 실행한다. 뉴스는 API를 제공받는 것이 아닌 Google News Feed 사이트를 통해 RSS주소를 제공받아 Google News RSS 사이트에 Http요청을 처리한 후 설정한 언론사의 뉴스를 검색하여 스마트 미러로 출력한다.

캘린더 기능은 ical 형식의 비공개 주소를 Google 캘린더 사용자 설정에서 제공받아 이 주소를 스마트 미러에 등록하면 스마트 미러와 계정의 캘린더가 실

시간으로 정보가 공유되어 출력한다. 이러한 기능들이 추가된 스마트 미러는 실시간으로 시간, 캘린더, 날씨 등의 정보를 확인 할 수 있으며 음성인식 기술과 제스처 기능을 통해 스마트 미러의 화면을 제어한다.

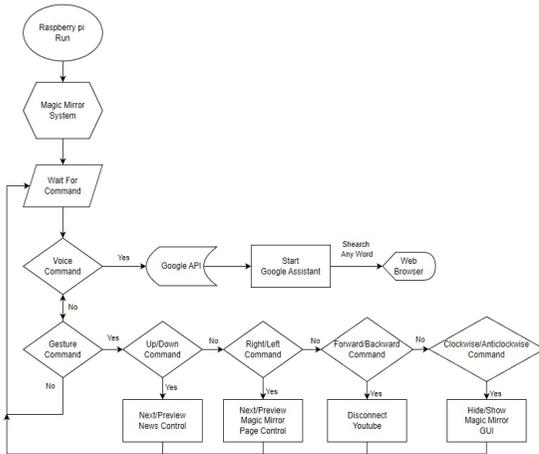


그림 4. 스마트 미러의 소프트웨어 흐름도
Fig. 4 Smart mirror software flow chart

2.6 Hardware 구성

라즈베리 파이를 통해 연산된 정보를 출력하기 위해 24인치 LCD 디스플레이를 사용하였다. LCD 디스플레이의 구성은 크게 상판과 하판으로 나뉘며 하판에 존재하는 TFT(Thin Film Transistor)에 의해 전극이 활성화 되면 전기 쌍극자의 원리에 따라 LC(Liquid Crystal)액의 배열이 변화하고 이에 따라 발광하는 BLU(Back Light Unit)의 빛 투과율이 변화하여 출력 빛의 양이 변화한다. 이렇게 출력된 빛이 상판에 존재하는 Color Filter를 통해 선별 이후 최종적으로 빛을 편광판에 출력하여 디스플레이 역할을 수행한다.

아크릴 판에 하프 미러 필름을 부착하여 거울 기능을 하도록 검은색 절연테이프로 마감했다. 부착한 하프 미러 필름의 빛 투과율은 36%이고, 반사율은 37%이다. 또한 디스플레이에서 출력되는 빛이 정상적으로 투영되기 위해서는 하프 미러 필름을 아크릴판 크기에 맞게 잘라서 필름을 부착하면, 사용자는 스마트 미러를 사용하며 거울기능과 소프트웨어 설계 단계에서 구성한 정보들을 얻을 수 있다.

2.7 시스템 구현

스마트 미러의 그로브 제스처 센서와 USB 마이크를 통해 얻은 정보들을 통해 라즈베리파이에 구성되어 있는 프로그램을 실행한다. 프로그램은 Python으로 구성 하였으며, 구현한 시스템은 제스처센서를 통해 화면을 제어하는 것과 USB 마이크를 통해 검색기능을 사용자에게 제공한다.

제스처 동작은 좌, 우로 손을 움직여 스마트 미러 화면의 페이지를 넘길 수 있으며 첫번째 페이지에는 시계, 날씨, 미세먼지, 공휴일 달력 등의 기본적인 정보들을 사용자에게 제공한다. 두 번째 페이지는 사용자의 휴대폰을 스마트 미러에 연동하여 사용자가 원하는 유튜브 영상을 휴대폰 화면보다 상대적으로 큰 화면으로 시청할 수 있다. 세 번째 페이지는 현재 시점에 해당하는 농구, 스포츠 경기의 경기결과, 경기 일정 등의 정보를 사용자에게 제공한다.



그림 5. 스마트 미러 1 페이지 화면
Fig. 5 Smart mirror page 1 screen



그림 6. 스마트 미러 2 페이지 화면
Fig. 6 Smart mirror page 2 screen

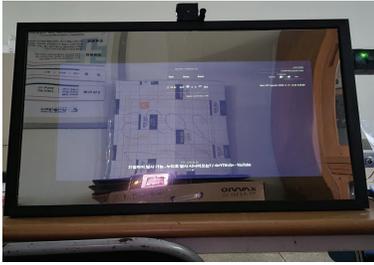


그림 7. 스마트 미러 3 페이지 화면
Fig. 7 Smart mirror page 3 screen

III. 실험 및 고찰

3.1 동작에 따른 제스처 센서 인식 실험

본 실험에서는 제스처에 따라 그로브 제스처 센서의 인식 성공률에 대해 알아보기 위한 것이다. 6개의 제스처를 대상으로 거리는 5cm부터 30cm까지 5cm 간격으로 조절하면서 총 6단계의 거리에서 각각의 제스처를 인식하도록 했다. 제스처 인식률은 각 20회씩 측정하여 그 평균값을 적용하였으며, 결과는 표 1과 같다.

표 1. 거리에 따른 모션 인식 성공률
Table 1. Motion recognition rate by distance

Distance	Recognition Rate [%]				Success Rate [%]
	News Scroll	Move page	Screen On/Off	Youtube Discon.	
5cm	100	100	100	0	75%
10cm	100	100	100	0	75%
15cm	95	100	20	90	76.25%
20cm	90	95	0	60	61.25%
25cm	75	80	0	20	43.75%
30cm	5	5	0	0	2.5%

표 1에서와 같이 유튜브 연결 끊기 동작을 제외하고 나머지 동작들은 대체로 거리가 멀어질수록 인식률이 감소하는 경향을 보였다. 특히, Clockwise 제스처를 사용한 화면 끄고, 켜는 동작은 거리가 15cm 이하일 때만 20% 이상의 인식률을 보이며, 15cm 이상으로 거리가 더 멀어질수록 인식률이 급격히 감소하여 거의 인식하지 못하는 수준이 되었다. 이러한 결과는 제스처 센서의 동작 원리에 기인하는데, 제스처 인

식에 사용되는 센서는 주변 환경의 변화에 따라 감도가 변화하게 된다. 그러므로 거리가 멀어질수록 인식에 필요한 신호의 강도가 감소하여 인식률이 저하되는 것으로 이해할 수 있다. Forward 제스처를 사용한 유튜브 연결 끊기 동작은 사용자가 센서 쪽으로 손을 내미는 동작이므로 10cm 이하의 거리에서는 사용자의 손과 센서 간의 거리가 너무 가까워 센서가 손의 움직임을 정확하게 감지하지 못한다. 또한, 센서의 기술적 한계도 인식률 하락의 원인 중 하나일 수 있다. 이러한 이유로 10cm 이하의 거리에서는 유튜브 연결 끊기 동작은 인식이 어렵다.

실험 결과를 종합적으로 분석해 본 결과, 모든 동작을 인식하기 위한 최적의 거리는 15cm라는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이 실험 결과는 그로브 제스처 센서의 적용 가능한 범위와 한계를 파악하는 데에 매우 유용한 정보를 제공하고 있으며, 이를 토대로 더욱 실용적인 제스처 인식 시스템을 구현하는 데에 활용되었다.

3.2 거리와 음성 데시벨에 따른 음성인식 성공률

음성인식은 주변소음이나 목소리의 데시벨에 따라 음성인식 성공률의 변화가 생길 수 있다. 일반적으로 사람들이 대화하는 데시벨은 60dB에서 70dB 사이이다. 본 실험에서는 거리와 음성 데시벨에 따른 음성인식 성공률에 대해 알아보기 위하여 50cm에서 90cm까지의 거리에서 음성인식을 진행하였고, 각 거리마다 사용자들이 40dB에서 90dB까지의 데시벨로 음성을 측정하였다. 측정된 데이터는 각 거리와 데시벨 조합에서 각 20회씩 측정하였으며, 결과는 표 2와 같다.

표 2. 거리와 데시벨에 따른 음성 인식 성공률
Table 2. Voice recognition rate by distance and decibel

Distance	Recognition rate [%]					
	40dB	50dB	60dB	70dB	80dB	90dB
50cm	75	100	100	100	95	85
60cm	70	90	95	100	90	80
70cm	70	80	100	100	80	70
80cm	60	80	100	90	90	80
90cm	50	70	90	95	95	80

표 2에서 거리가 멀어질수록 인식률이 감소하는 것을 확인할 수 있으며 데시벨이 낮을수록 인식률이 감소한다. 특히, 데시벨이 60dB와 70dB인 경우에는 인식률이 90%에서 100%인 것을 확인할 수 있다. 일반적인 대화 소음 범위인 60dB에서 70dB 사이에서는 거리에 따른 인식률의 차이가 크지 않다.

그러나 데시벨이 50dB이하인 경우에는 인식률이 급격하게 하락하는 것을 확인할 수 있다. 이는 주변 소음이 적은 환경에서는 음성인식 기술이 비교적 정확하게 동작한다는 것을 시사한다.

따라서 음성인식 기술의 구현을 위해 주변 환경의 소음 레벨을 고려하여 음성 입력 장치의 데시벨과 거리 등을 조절하는 것이 중요하다는 부분임을 확인했다. 또한, 인식률을 높이기 위해서는 음성인식 알고리즘의 개선과 함께 주변 환경의 소음을 최소화하는 방법도 고려할 필요가 있다.

IV. 결 론

본 논문에서 연구한 그로브 제스처를 사용한 스마트 미러는 Raspberry Pi를 바탕으로 그로브 제스처 센서, 터치센서, USB마이크를 이용하여 움직임을 통해 스마트 미러를 제어할 수 있도록 구현하였고, USB마이크를 사용하여 입력한 음성에 따른 음성인식 기능과 터치센서를 사용하여 LED를 점등, 소등하는 기능을 구현하였다. 실험결과 그로브 제스처 센서 인식실험에서는 감지는 최대 30cm까지 감지가 가능하였으며, 5cm간격으로 거리가 점차 증가할수록 인식률이 떨어지는 것과 15cm라는 거리에서 모든 제스처 인식기능이 작동하여 스마트 미러를 사용하기 위한 적절한 거리는 15cm라는 것을 판단할 수 있다. 성능이 개선된 USB마이크와 카메라 모듈을 사용한다면 먼 거리에서 정확한 명령을 수행할 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서는 아두이노와 각종 센서들을 사용함으로 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 사용자에게 유용하고 다양한 정보 제공이 가능하도록 구현하였다.

향후 연구과제로는 생활의 편의성을 더해줄 기능들을 추가하여 거울을 통해 단순히 정보를 얻는 것이 아닌 전화, SNS를 통한 타인과의 소통, 영상시청과

동시에 스타일링 등 사용자 편의를 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] J. Kim, "A Smart Home Prototype Implementation using Raspberry Pi," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, 2015, pp. 1139-1144.
- [2] U. Yeo, S. Park, J. Moon, S. An, and Y. Han, "Smart Mirror of Personal Environment using Voice Recognition," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 1, 2019, pp. 199-204.
- [3] S. Kang, S. Kwon, Y. Kim, S. Lee, and Y. Han, "Smart Mirror for Styling," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 6, 2021, pp. 1271-1278.
- [4] C. Yoo, S. Kim, and J. Kim, "A Comparative Study of the Use of Intelligent Personal Assistant Services Experiences: Siri, Google Assistant, Bixby," *J. of The Korean Society for Emotion Sensibility*, vol. 23, no. 1, 2020, pp. 69-78.
- [5] D. Kim, B. Choi, and C. Ban, "Design and Implementation of Order Settlement System Using Artificial Intelligence Speaker," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, 2019, pp. 1181-1186.
- [6] D. Kang, J. Lim, G. Lee, B. Lee, and H. Park, "Personalized Smart Mirror using Voice Recognition," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 6, 2022, pp. 1121-1128.
- [7] W. Son and E. Kim, "Subtitle Automatic Generation System using Speech to Text," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 81-88.
- [8] T. Yun, M. Jeong, G. Choi, W. Yang, and B. Lee, "Smart mirror using speech recognition," In *Proc. KSCIC(KCS International Conference) Summer Conf.*, Jeju, Korea, July 2018, pp. 431-432.
- [9] H. Noh, H. Joo, Y. Moon, and K. Kong, "Smart Mirror to support Hair Styling," *J. of*

The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 20, no. 1, 2020, pp. 127-133.

- [10] Y. Jeong, S. Choi, C. Lee, A. Kim, H. Park, and J. Lee, "Smart Mirror based on interactive and personalized services," In *Proc. KIPS(Korea Information Processing Society) Autumn Conf.*, Yeosu, Korea, Nov. 2019, pp. 1141-1144.

저자 소개



최희태(Hui-Tae Choi)

2020년 3월 ~ 현재 남서울대학교
전자공학과 4학년 재학 중
※ 관심분야 : 논리회로, 센서응
용



고창훈(Chang-Hoon Ko)

2018년 3월 ~ 현재 남서울대학교
전자공학과 4학년 재학 중
※ 관심분야 : 논리회로, 회로설
계



정지민(Ji-Min Jeong)

2020년 3월 ~ 현재 남서울대학교
전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 반도체, 인공지능,
디스플레이 공학, 논리회로



신예슬(Ye-Seul Shin)

2020년 3월 ~ 현재 남서울대학교
전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 시스템 설계



박형근(Hyoun-Keun Park)

1993년 원광대학교 전자공학과
졸업(공학사)
1995년 원광대학교 대학원 전자
학과 졸업(공학석사)

2000년 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학
박사)

2005년 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 전자시스템, 반도체공정제어

