

IoT를 기반한 편의 시스템 설계 및 구현

김의도* · 유승진* · 이재원* · 조석태* · 김재욱**

Design and Implementation of Convenience System Based on IoT

Ui-Do Kim* · Seung-Jin Yu* · Jae-Won Lee* · Seok-Tae Cho* · Jae-Wook Kim**

요약

본 논문에서는 사람들의 안전하고, 편리한 생활을 위한 스마트 홈을 목표로 ESP32와 RFID, 라즈베리 파이를 이용한 구글 클라우드, 네오픽셀 등을 이용해 문이 열릴때 동시에 사용자에게 문자 메시지 전송, 스마트 AI를 이용한 다양한 정보제공 및 일정관리, 네오픽셀을 이용하여 음악 감상 등의 상황에서 분위기에 맞는 조명의 밝기 및 분위기의 제공같이 직관적이고 일상생활에서 간편한 활용이 가능한 스마트 홈 시스템을 설계하였다. 실험결과 전원이 재 연결 되도 Wi-Fi와 연결된 ESP32에서 RFID가 인식될 때 보안문자가 정상적으로 사용자에게 전송되는 것을 확인하였고, 주파수를 계산한 네오픽셀의 조명 및 라즈베리파이와 음성인식을 이용한 스마트 AI또한 거리에 따라 인식률의 변화가 있지만 작동됨을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we designed a smart home system that can be used intuitively and easily in everyday life, such as sending text messages to users, providing various information and scheduling using smart AI, and providing lighting and atmosphere suitable for the atmosphere in situations such as listening to music using neopixels, as well as using ESP32, RFID, and Google Cloud Console using raspberry pie. As a result of the experiment, it was confirmed that security characters were normally sent to users when RFID was recognized on ESP32 connected to Wi-Fi even if the power was reconnected, and smart AI using Neopixel lighting, Raspberry Pie, and voice recognition, which calculated frequency, also changed the recognition rate over distance, but it worked.

키워드

IoT, Neo Pixel, Voice Recognition, RFID, ESP32
IoT, 네오픽셀, 음성 인식, RFID, ESP32

1. 서론

최근 몇 년간, 인터넷의 발전과 함께 사물 인터넷

(Internet of Things, 이하 IoT) 기술이 큰 발전을 이루며 많은 분야에서 적용되고 있다. 이러한 IoT 기술은 가정 내에서도 많은 변화를 가져오고 있다. 스마트

* 남서울대학교 전자공학과 (kimdmleh@naver.com, dbtmdwls29@naver.com, leejaewon4795@naver.com, ko224ss@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2023. 10. 31
• 수정완료일 : 2023. 12. 22
• 게재확정일 : 2024. 02. 17

• Received : Oct. 31, 2023, Revised : Dec. 22, 2023, Accepted : Feb. 17, 2024

• Corresponding Author : Jae-Wook Kim

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,

Email : jwkim@nsu.ac.kr

홈(Smart Home) 시스템은 IoT 기술을 활용하여 물리적 위험과 응급상황에 대한 두려움을 줄여주어 안심하고 생활할 수 있는 물리적 환경을 제공하는 안전성이 확보된다. 또한 자동화 시스템이나 원격제어를 통하여 주거환경을 효율적이고 편리하게 제어하고 관리하게 해주는 편리성을 제공한다[1].

이러한 IoT 기술을 활용한 스마트 홈 시스템은, 가정 내부의 다양한 기기들을 연결하고 이를 제어하는 것만으로도 사용자에게 많은 이점을 제공한다. 예를 들어, 스마트 홈 시스템을 통해 가전제품의 전원을 원격으로 제어할 수 있으며, 가정 내부의 조명을 제어함으로써 에너지 절약 효과를 얻을 수 있다. 또한, 스마트 홈 시스템은 센서 및 카메라 등을 이용하여 가정 내부의 상황을 모니터링하고, 필요에 따라 알림을 보내어 가정의 안전성을 높일 수 있다. 이러한 이점들은 사용자의 생활 편의성을 높이고, 에너지 절약과 안전성 측면에서도 큰 효과를 가져올 수 있다[2].

그러나, 스마트 홈 시스템의 구축과 운영에는 해커들의 공격으로 인한 보안, 높은 가격으로 인한 경제적 어려움, 그리고 정전, 네트워크 문제 또는 기기 자체의 결함으로 인해 시스템이 작동하지 않을 수 있는 신뢰성과 안전성의 문제가 있다. 다양한 제조사에서 출시된 스마트 홈 기기들은 서로 다른 표준과 프로토콜을 사용할 수 있기 때문에 이로 인해 서로 호환되지 않거나 통합이 어려운 경우가 있다. 이에 따라, 이러한 문제점들을 해결하기 위한 다양한 기술과 방법들이 연구되고 있다.

대부분의 연구에서는 문 열림 알림 시스템의 경우 앱을 통해 정보를 전달하며, AI 스피커는 정보력의 제한이 있고 조명 밝기 제어는 노래의 주파수에 영향을 받지 않는다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해, IoT 기술을 활용한 스마트 홈 시스템의 구축에 대한 연구를 진행하였다. 이를 위해, 스마트 홈 시스템에서 필요한 다양한 기술들을 분석하고, 이를 바탕으로 시스템의 구성 및 설계를 수행하였다. 또한, 보안적인 측면에서도 시스템을 보호하기 위한 다양한 방법을 연구하고, 이를 적용하여 보안성을 강화하였다[3].

이러한 연구 결과를 토대로, 본 논문은 IoT 기술을 활용한 스마트 홈 시스템의 구축과 운영에 대한 다양한 문제점들을 해결하기 위한 방안을 제시하며, 이를

통해 더 나은 스마트 홈 시스템의 구축 및 운영을 위한 기술적인 지식과 실용적인 가치를 제공하고자 한다.

II. 시스템 구성

일반적으로 스마트 홈의 중요한 역할들은 보안, 에너지 절약, 편의성, 건강, 엔터테인먼트 등이 있다. 이러한 역할들 중 문열림 알림 서비스를 통한 보안, AI 스피커를 이용한 정보의 제공으로 인한 편의성, 노래의 주파수에 맞게 변하는 조명을 통한 엔터테인먼트 시스템을 구성하였다.

그림 1은 시스템의 구성으로서, 이러한 시스템들을 결합한 (a) 최종 모형도와 (b) 제작된 시스템이다.

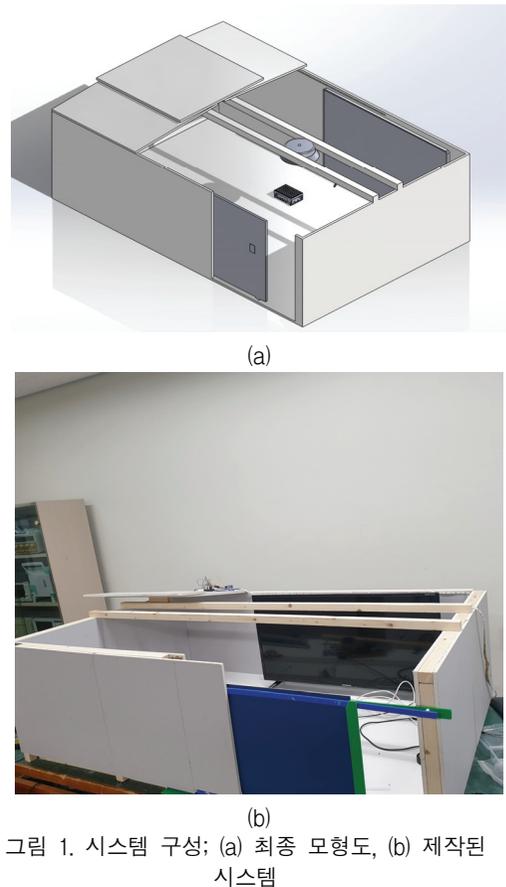


그림 1. 시스템 구성; (a) 최종 모형도, (b) 제작된 시스템

Fig. 1 System configuration: (a) final model diagram, (b) fabricated system

2.1 문 열림 문자 알림 시스템

그림 2는 ESP32 개발보드와 RFID 모듈을 이용하여 RFID에 특정 UID를 태그하면 문자를 전송하는 시스템의 하드웨어를 나타낸 것이다. ESP32 개발보드는 Wi-Fi 모듈을 내장하고 있으며, Wi-Fi 기능을 이용하여 인터넷 연결을 지원한다. RFID 모듈은 RC522 칩을 이용하여 카드의 UID를 읽을 수 있도록 하였다.

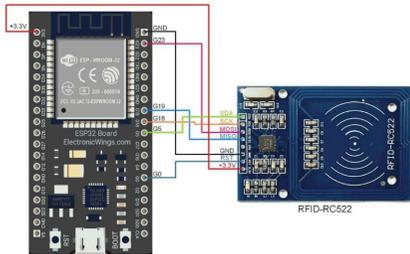


그림 2. 하드웨어 구성
Fig. 2 Hardware configuration

Arduino IDE를 이용하여 소프트웨어를 구현하였다. RC522 라이브러리를 이용하여 RFID 모듈에서 카드의 UID를 읽어오고, 등록된 UID와 일치하는지 비교한다. 일치하는 경우, Twilio API를 이용하여 등록된 핸드폰 번호로 메시지를 전송하도록 구현하였다. 또한, Wi-Fi 모듈을 이용하여 인터넷 연결을 확인하고, 인터넷 연결이 끊겼을 경우 다시 연결을 시도하도록 구현하였다[4].

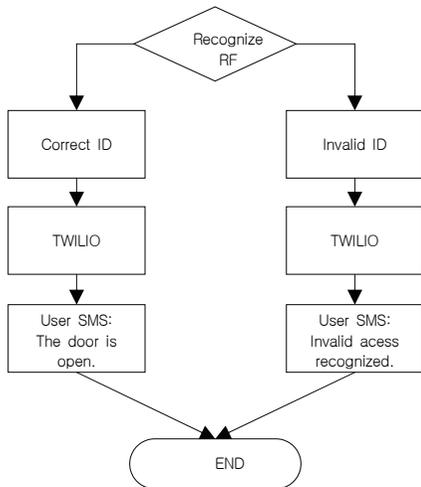


그림 3. 동작 알고리즘
Fig. 3 Operational algorithms

그림 3은 시스템의 동작 알고리즘을 나타낸다. 먼저, ESP32 개발보드와 RFID 모듈, 핸드폰 등록 정보를 미리 설정한다. 그 다음 RFID 모듈을 이용하여 카드의 UID를 읽어오고, 등록된 UID와 일치하는지 비교한다. 일치하는 경우, Twilio API를 이용하여 등록된 핸드폰 번호로 메시지를 전송하도록 구현하였다. 메시지는 해당 UID가 태그된 시간과 장소를 포함하고 있다. 또한, 시스템은 Wi-Fi 모듈을 이용하여 인터넷 연결을 확인하고, 연결이 끊겼을 경우 다시 연결을 시도한다[5].

2.2 Ai Speaker

그림 4는 라즈베리 파이4 보드와 구글 클라우드 중 STT(Speech to Text)를 Chat GPT와 연동 후 Chat GPT의 출력값을 TTS(Text to Speech)을 사용해 음성으로 변환 후 출력하는 AI 시스템의 동작 알고리즘을 나타낸 것이다[6].

사용자의 목소리를 ReSpeaker 2-Mic Hat이 인식을 하여 빔포밍 기술로 사용자의 음성입력을 다듬어 라즈베리 파이4에 전송하고 라즈베리 파이4에 설치된 구글 클라우드의 SST가 입력을 받아 Chat GPT에 보낸 후 Chat GPT의 출력이 TTS로 변환되어 스피커로 출력된다[7].

모니터에는 HTML, CSS, Javascript를 이용해 코딩해 놓은 프로그램을 실행시켜 현재의 날씨, 캘린더, 뉴스를 제공한다.

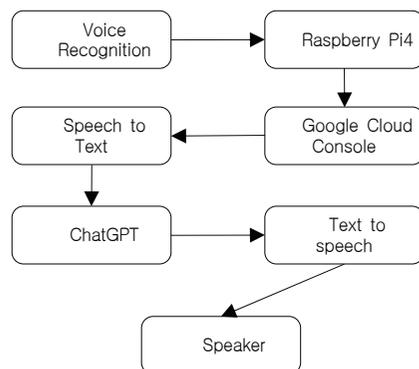


그림 4. 동작 알고리즘
Fig. 4 Operational algorithms

구글 클라우드의 STT는 음성인식, Chat GPT는

자연어처리, 구글 클라우드의 TTS는 텍스트 음성 출력 등의 기능을 이용하여 인공지능 기반 시스템을 구현할 수 있다. Chat GPT는 Open AI가 개발한 인공지능 언어 모델로, 자연어처리 기술을 이용하여 대화형 AI 시스템을 구현할 수 있다. 이러한 라즈베리 파이4 보드, 구글 클라우드, Chat GPT API를 활용하여, 음성인식과 자연어처리 기술을 기반으로 한 AI 시스템을 구현할 수 있다[8].

2.3 네오픽셀을 이용한 조명 밝기 제어

음악은 우리 생활에서 매우 중요한 역할을 하고 있으며, 음악과 함께 즐기는 분위기나 조명은 음악 감상의 질을 높이는 요소 중 하나이다. 네오픽셀의 LED를 통해 조명과 분위기를 제어하기 위해 FFT(Fast Fourier Transform) 기반 네오픽셀 시스템을 활용하였다[9].

FFT는 푸리에 변환을 통해 시간 도메인에서 표현된 신호를 주파수 도메인으로 변환하여 분석하는 알고리즘이다. 이를 이용하여 주파수를 분석하는 식 (1)을 나타낼 수 있으며 FFT 알고리즘을 사용하여 음악 신호를 분석하면 주파수 성분을 추출할 수 있다. 이를 통해 조명의 밝기를 음악에 맞게 조절할 수 있다.

$$\int_0^{\tau} f(t) dt = \int_0^{\tau} a_0 \dots (1)$$

$$\int_0^{\tau} f(t) dt = T \cdot a_0$$

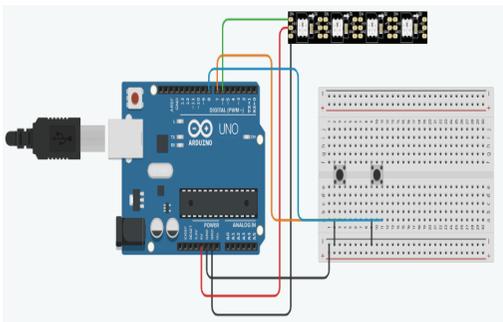


그림 5. 네오픽셀의 보드선도
Fig. 5 Neopixel sidewalk map

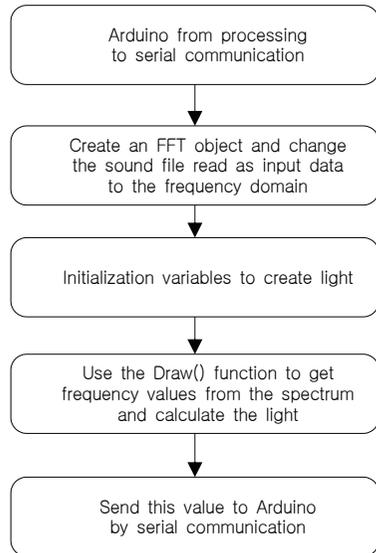


그림 6. 프로세싱 FFT 구동 알고리즘
Fig. 6 Processing FFT drive algorithm

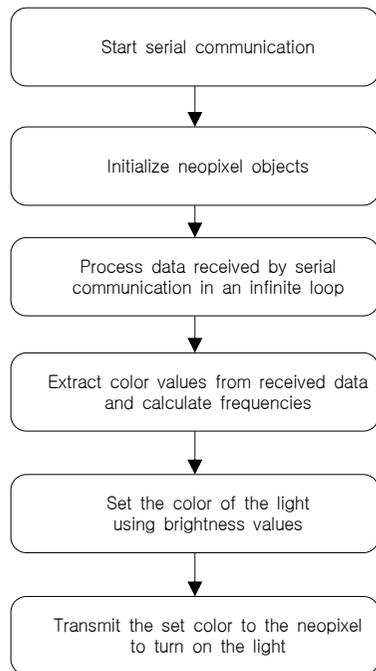


그림 7. 시리얼 통신 FFT 알고리즘
Fig. 7 Serial communication FFT algorithm

그림 5는 네오픽셀과 아두이노의 하드웨어를 보드선도로 나타낸 것이다. 아두이노는 오디오 입력 신호

를 받아 네오피셀의 LED를 제어하고 푸쉬 버튼을 이용해 조명의 ON/OFF를 제어한다[10].

그림 6과 7은 시스템의 구동 알고리즘을 나타낸 것으로 아두이노는 네오피셀과 시리얼 통신을 통해 컴퓨터와 통신하며, FFT를 수행한다. FFT를 수행하기 위해 아두이노에는 오디오 인터페이스가 필요하며 오디오 인터페이스는 아날로그 오디오 신호를 디지털 신호로 변환하여 아두이노에 입력하고 이를 통해 FFT 분석을 수행한다. 그 후 프로세싱에서는 추출된 주파수 성분을 이용하여 네오피셀의 밝기를 제한한다 [11]. 밝기의 경우 주파수 제어를 통해서 낮은 주파수와 높은 주파수에서 밝기가 변화도록 설정하였다. 높은 주파수에서는 밝게 빛나고 낮은 주파수에서는 덜 빛나도록 하였다.

III. 실험 및 결과

본 논문에서는 구현한 시스템을 실제로 테스트하여 성능을 확인하였다. 표 1은 문 열림 문자 알림 시스템의 메시지의 전송 시간, 인터넷 재연결 시간, 메시지 전송 성공 여부에 대한 실험 결과이다. 실험 결과, RFID 모듈에서 UID를 읽어오는 시간은 약 0.5초였으며, 등록된 UID와 일치하는 경우 메시지 전송까지 약 8초가 소요되었다. 또한, 인터넷 연결이 끊겼을 경우 약 10초 이내에 자동으로 재연결되었다.

표 1 .시스템의 전송 시간, 재연결 시간, 성공 여부
Table 1. Transmission time, reconnection time, success or failure of the system

No.	Time Message Transfer Time [sec]	Reconnect Time [sec]	Message Trans Successful
1st	7.8	9.8	○
2nd	8.1	9.6	○
3rd	8.3	9.8	○
4th	7.7	9.5	○
5th	7.8	9.7	○
6th	8.1	9.9	○

표 2는 거리에 따른 음성 인식률을 확인한 실험 결과이다. 각각 20번을 시도하였고 소리의 크기는 일반적인 사람의 목소리 크기인 약 60데시벨을 두고 측정하였다.

표 3은 FFT를 이용한 네오피셀을 음악 장르에 따른 조명의 밝기 변화량을 나타낸 결과로 다양한 음악에 대해 테스트를 진행한 결과, 음악의 분위기에 맞게 네오피셀의 조명이 조절되어 분위기를 조성하는 데에 큰 도움을 주었다. 또한, 음악의 빠르기와 강도에 따라 네오피셀의 색과 밝기가 조절되어 더욱 생동감 있는 분위기를 조성할 수 있었다.

표 2. 거리에 따른 음성 인식률
Table 2. Speech recognition rate over distance

Distance [m]	Recognition rate [%]
2	95
3	85
4	75
5	60

표 3. 음악 장르에 따른 조명의 밝기, 변화량
Table 3. Brightness and variation of lighting according to music genre

Music	Minimum Brightness [lx]	Maximum Brightness [lx]	Variance [lx]
POP	0	255	50
Classic	0	150	30
Hip Hop	50	200	40

IV. 결론

본 논문에서는 ESP32와 RFID를 활용하여, 특정 UID가 태그될 때 사전에 등록된 핸드폰 번호로 메시지를 전송하는 보안 시스템, 구글 어시스턴트를 활용한 Ai Speaker의 편의성, 그리고 네오피셀을 활용한 엔터테인먼트 기능을 소개한다. 문자 알림 시스템의 경우 문자로 알림이 가는 시스템이기 때문에 앱 설치,

기기 호환성의 문제 등 다른 알림 시스템과는 다르기 때문에 보다 사용에 용이하다. AI 스피커는 정보 제공 출처가 Chat GPT이기 때문에 많은 정보량을 제공한다. 조명제어는 FFT를 사용한 주파수 분석은 높은 정확도와 민감도를 제공해서 음악의 세부 주파수 구조를 더욱 정확하게 파악할 수 있고 그로 인하여 더 정교한 빛의 효과를 만들 수 있으며 음악의 감정이나 분위기에 맞게 조명이 실시간으로 변하는 시스템을 제공한다.

향후 문 열림 문자 알림 시스템의 경우 알림을 메시지만 아니라 이메일, 푸시 알림, 음성 메시지 등 다양한 방식으로 알림을 제공할 수 있고 데이터 분석을 통해 어떤 UID가 가장 많이 태그되는지, 어떤 시간대에 가장 많이 태그되는지 등을 분석하여 유용한 정보를 도출할 수 있다. 구글 어시스턴트 Ai 스피커는 현재는 날씨, 캘린더, 뉴스 등 일부 서비스만을 제공하고 있지만, 더 많은 서비스와 기능을 추가하여 사용자가 보다 다양한 정보를 얻을 수 있도록 확장 가능하며, 네오픽셀은 현재 시스템은 FFT를 이용한 주파수 분석만 가능하지만 추가적으로 음악의 BPM, 음색 등 다양한 분석 기능을 추가할 수 있다면 보다 정확한 조명 제어가 가능하다고 판단된다.

References

- [1] Y. Cho, "User-centric smart home services," *2021 Fall Joint Conf. of Association of Families and Better Life*, Cheongju, Korea, Oct. 2021, pp. 102-110.
- [2] Y. Ko, "A study on design methodology of the advanced home automation system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 12, 2013, pp. 1857-1864.
- [3] C. Ao and K. Kim, "Blockchain-based smart home system for access latency and security," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 18, no. 1, Feb. 2023, pp. 157-164.
- [4] K. Kim, D. Wang, and S. Han, "Home security system based on IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, Feb. 2017, pp. 147-154.
- [5] S. Das and V. Suresh, "Configurable intelligent secures - 3FA smart lock," *Int. Research J. of Engineering and Technology*, vol. 06, no. 05, May 2019, pp. 4856-4861.
- [6] M. Kim, M. Moon, and C. Han, "Expiration date notification system based on YOLO and OCR algorithms for visually impaired person," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 6, Dec. 2021, pp. 1329-1337.
- [7] Z. Lin and C. Kim, "Development of smart mirror system based on the raspberry Pi," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 2, Apr. 2021, pp. 379-384.
- [8] 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, Dec. 2022, pp. 1121-1127.
- [9] S. Kwak, "Design and implementation of LED lighting system with adjustable brightness and color capability," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10 no. 5, 2015, pp. 579-586.
- [10] C. Lee, "Utilization of phase information for speech recognition," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 9, 2015, pp. 993-1000.
- [11] S. Hwang, S. Chun, S. Gang, and C. Lee, "Lighting control using frequency analysis of music," *J. of Korea Multimedia Society*, vol. 16, no. 1, Nov. 2013, pp. 1325-1337.

저자 소개



김의도(Seo-Young Moon)

2018년 3월~ 남서울대학교 전자
공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 통신시스템,
시스템 설계



유승진(Seung-Jin Yu)

2018년 3월~ 남서울대학교 전자
공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 논리회로



이재원(Jae-Won Lee)

2017년 3월~ 남서울대학교 전자
공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 센서응용



조석태(Seok-Tae Cho)

2020년 3월~ 남서울대학교 전자
공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 마이크로프로
세서



김재욱(Jae-Wook Kim)

2006년 3월~현재 : 남서울대학교
전자공학과 부교수
※ 주 관심분야 : chip inductor
개발, 자성박막 및 소자 개발

