

무게 감지와 경보시스템을 갖춘 스마트 캐리어 개발

조준수* · 김승겸* · 서동섭* · 곽세영* · 김재욱**

Development of Smart Carrier with Weight Sensing and Alarm System

Jun-Su Cho* · Seung-Kyum Kim* · Dong-Seop Seo* · Se-Young Kwak* · Jae-Wook Kim**

요약

본 논문에서는 일반 캐리어의 기능을 고려하여 캐리어의 단점 및 이용할 때의 불편한 점의 내용을 토대로 보완 및 개선을 위해 다양한 편리성 기능을 가진 스마트 캐리어를 연구하였다. 스마트폰 앱을 통해 캐리어에 LED와 모터잠금장치를 설치하고 on/off로 간단하게 제어하는 블루투스 인식 및 제어기능, 로드셀 센서를 캐리어 내부에 설치하여 물품을 넣었을 때 무게를 감지하여 LCD panel에 측정된 값을 보여주는 무게감지 기능, 블루투스와 경보기를 캐리어에 설치하고, 비콘과 거리를 설정하여 설정 거리 값을 벗어나면 경보시스템이 발생하여 도난 및 분실을 방지하는 기능을 갖춘 스마트 캐리어를 제작 및 실험하였다.

ABSTRACT

In this thesis, in consideration of the functions of general carriers, smart carriers with various convenience functions were studied for supplementation and improvement based on the disadvantages of carriers and inconvenience when using them. Based on the app inventory program, LED and motor locks were installed in carriers through smartphone applications, Bluetooth recognition and control functions that easily control on/off, load cell sensors were installed inside the carriers to detect weight, install Bluetooth and alarms on LCD panels, and prevent theft and loss.

키워드

Lock-Control, Weight, Detection, Anti-Theft, Alarm-System
잠금 장치 제어, 무게, 감지, 도난 방지, 경보 시스템

1. 서론

캐리어는 단순히 짐을 보관하여 직접 끌고 다니는 용도로 많이 사용된다. 2017년 기준으로 캐리어의 수요가 증가함에 따라 캐리어가방 전문회사 뿐만 아니라 명품 브랜드에서도 캐리어를 제작판매 하고 있다.

이에 전문가들은 캐리어가 디자인이 다가 아닌 독보적인 기능성과 기술이 수반되어야 한다고 언급하고 있다. 많은 여행객으로 혼잡한 공항에서 여행객의 부주의로 인해 도난사고가 발생, 또는 수하물 규정을 초과하는 경우가 발생하고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해선 빠른 자동잠금장치로 가능한 스마트 캐리

* 남서울대학교 전자공학과 (js9290@naver.com, tmdrua25@naver.com, tjehdtjq2774@naver.com, kwakseyoung1006@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2021. 12. 28
• 수정완료일 : 2022. 02. 21
• 게재확정일 : 2022. 04. 17

• Received : Dec. 28, 2021, Revised : Feb. 21, 2022, Accepted : Apr. 17, 2022

• Corresponding Author : Jae-Wook Kim
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,
Email : jwkim@nsu.ac.kr

어가 필요하게 되었다[1]. 현재 개발된 제품으로 일정 거리를 벗어나면 스마트폰으로 알려주는 스마트 트랙터, 캐리어의 무게를 측정해 주는 레투 캐리어 등이 있다[2]. 본 연구에서는 스마트폰 앱을 이용하여 블루투스를 활용해 간단한 터치 한 번으로 캐리어를 개폐하는 잠금장치와 어두운 장소나 수하물 수취장소에서 캐리어의 위치 및 식별을 쉽게 할 수 있는 기능, 무게 초과 방지와 도난 및 분실을 방지하기 위한 경보시스템 등의 기능을 가진 스마트 캐리어를 개발하고자 한다[3].

II. 스마트 캐리어 동작 및 설계

2.1 시스템 동작 알고리즘

본 논문에서 제안하는 캐리어의 시스템기능은 크게 3가지로 구분한다. 첫째는 스마트폰 앱을 이용한 LED 점등 및 잠금장치 on/off 제어, 둘째는 비콘과 블루투스를 이용한 경보시스템 알람 기능, 셋째는 로드셀을 이용해 무게를 감지하여 캐리어의 무게를 측정해주는 무게감지 기능으로 구분되어 있다.

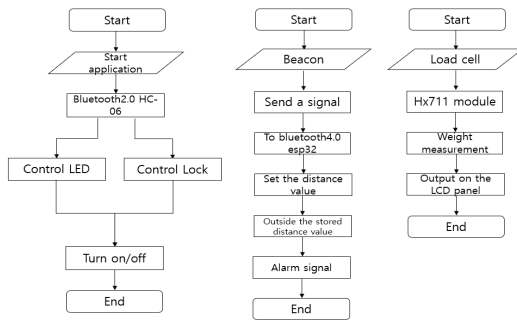


그림 1. 스마트 캐리어의 동작 알고리즘
Fig. 1 The motion algorithm of a smart carrier

첫 번째 기능은 스마트폰을 이용해 블루투스를 연결하고 앱을 통해서 캐리어에 설치된 LED와 잠금장치를 on/off 제어를 한다. 앱을 실행하면 잠금장치와 LED를 제어하는 버튼이 나타나고 LED의 R, G, B 색상 버튼을 누르면 LED에 불빛이 생겨 어두운 곳, 혹은 수하물 수취장소에서 쉽게 캐리어를 식별할 수 있다. 또한 캐리어의 잠금장치도 LED와 같이 어플리케이션

이전으로 on/off 제어를 한다. 두 번째는 비콘이 블루투스로 신호를 보내고 블루투스가 그 신호를 받아서 송수신하여 비콘과 블루투스의 거리 값이 설정된다. 그 설정된 거리를 벗어나면 경보시스템이 발생함으로 도난 및 분실을 방지할 수 있다. 마지막은 로드셀 센서를 이용하여 캐리어의 무게를 측정할 수 있는 기능이다. 로드셀을 캐리어 내부에 설치하고 외부에 설치된 LCD panel을 통해 측정된 무게 값이 나타난다[4,5].

그림 1은 캐리어 기능들의 동작과정으로 LED 및 잠금장치 제어, 비콘과 블루투스를 이용해 경보시스템 발생, 로드셀 센서를 이용한 무게측정 기능을 포함하는 스마트 캐리어의 시스템 동작 알고리즘을 나타낸다[6,7].

2.2 비콘을 이용한 도난, 분실 방지 경보시스템

본 논문에서는 캐리어에 비콘을 활용한 도난 및 분실 방지 기술을 제안한다. 이 기능에는 두 개의 블루투스를 내장하는데, 하나는 데이터 상호 교환용으로 수신 받는 블루투스와 다른 하나는 스마트폰과 캐리어간의 거리를 설정하기 위한 비콘을 사용하여 거리가 멀어질 경우 경보시스템이 울려 스마트폰에 전달된다. 이때 거리 측정은 비콘 RSSI 신호의 수신강도를 활용하고 거리마다 인식여부를 확인하여 도난 방지를 위한 거리측정에 사용한다. 이 기술의 거리 인식 여부를 확인 및 도난 및 분실을 방지하는 기능의 성능을 확인하기 위해 개발한 캐리어와 스마트폰 앱을 이용해 실험을 진행하였다[8].

2.3 비콘 RSSI 값의 의미

RSSI(:Received Signal Strength Indicator)란 수신된 신호강도지표를 의미한다. RSSI를 이용한 거리 측정 방법은 송신 신호의 물리적인 특성상 거리에 따라 신호 세기의 감소가 일어나는 점에 착안하여, 송신신호를 수신기에서 수신할 때, 송신 신호의 강도와 감쇠되는 수신 신호의 세기를 측정하여 송신기와 수신기간의 거리를 측정하는 방법이다.

식(1)은 RSSI와 Path-loss 전달 모델을 사용하면 송신기와 수신기 사이의 거리(d)를 측정할 수 있는 식이다.

$$RSSI = -10n \log_{10}(d) + A \quad (1) \quad \text{벗어나지 않게 대비할 수 있다[9].}$$

여기서 n 은 경로 손실 지수(자유 공간 2에서 실내 환경 4까지 변환)이고, A 는 블루투스4.0으로부터 설정된 거리에서의 RSSI 값이다. 표 1은 거리 d 를 1m에서 4m까지 식 (1)에 대해서 이론값을 계산한 결과이다. 예시로, 1m의 이론 값을 식 (1)에 n 에 경로 손실 지수를 3을 대입하고, A 에는 1m의 기준 RSSI 값인 89를 대입하여, 결과로 실험값과 비슷한 값인 87이 나오는 것을 확인하였다.

2.4 비콘과 블루투스의 거리에 따른 RSSI값 변화 실험

블루투스4.0을 브레드보드에 연결하고 비콘과 송수신하도록 회로를 구성하여 Power(배터리전원)를 연결 비콘과의 거리를 점차 늘려서 RSSI기준 값이 설정되면 정해진 거리에 대해 출력되는 값이 기준 값보다 작으면 경보시스템이 울리고 기준 값보다 크면 경보 알람이 울리지 않는 시스템으로 구현하였다.

표 1은 비콘과 블루투스 거리에 따른 경보시스템 발생 성공률 실험을 나타낸다. 하나의 거리 측정마다 5회 실행하였고 1m를 시작으로 5m까지 진행하였다. 1m부터 4m까지는 100%의 성공률을 보였고 5m부터는 송수신이 이루어지지 않아 측정이 불가하였다.

표 1. 비콘과 블루투스의 거리에 따른 경보시스템 발생 성공률

Table 1. Alarm system occurrence success rate according to the distance between Beacon and Bluetooth

Distance	Count	Theoretical value [dBm]	Experiment [dBm]						Success Rate[%]
				1	2	3	4	5	
1m		-87	-89	○	○	○	○	○	100
2m		-90	-90	○	○	○	○	○	100
3m		-92	-92	○	○	○	○	○	100
4m		-95	-95	○	○	○	○	○	100
5m		-	-	×	×	×	×	×	0

2.5 로드셀 센서의 무게측정 알고리즘

비행할 땐 보통 각 여행사마다 캐리어의 규격 및 무게 규정이 정해져 있다. 캐리어에 무게 측정 기능이 있다면 사전에 여행사마다 정해진 캐리어의 규격에

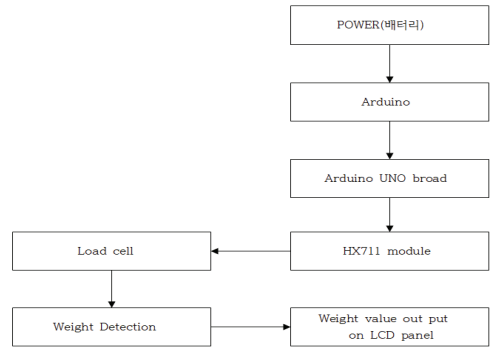


그림 2. 무게 센서 동작 알고리즘
Fig. 2 Weight sensor motion algorithm

그림 2는 로드셀 센서 기능의 동작 및 과정을 보여주는 알고리즘이다. 아두이노 우노 보드와 Hx711 모듈을 이용하여 로드셀과 연결한 뒤, 로드셀 센서 위에 물건이 올라가면, 센서에 올라간 물건의 무게를 감지할 수 있으며, 그 값의 결과를 연결된 LCD panel에 출력시킨다[10].

III. 실험 및 고찰

3.1 캐리어 구상도

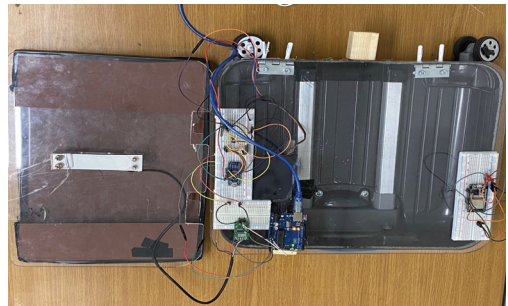


그림 3. 스마트 캐리어 전면 사진
Fig. 3 Front photo of smart carrier

그림 3은 실험을 통해 제작한 스마트 캐리어의 전면부 사진이다. 전면부 왼쪽은 비콘과 블루투스를 이용한 경보시스템 회로이고, 오른쪽은 LED와 잠금장치 회로이다. 아크릴판을 이용해서 캐리어 내부 규격에

에 맞춰 로드셀을 부착하고 블루투스와 비콘, 경보부저, LED와 잠금장치 등으로 구성된다.

3.2 앱을 이용한 LED 점등 및 잠금장치 제어

사용자가 간편하게 앱을 이용하여 어두운 곳이나 수하물 수취장소에서 쉽게 캐리어를 식별하기 위해 LED 불빛을 활용하여 쉽게 찾을 수 있도록 한다. 실험에 사용되는 잠금장치는 LED 제어와 같은 앱을 이용하여 직접 비밀번호를 맞춰서 이용하는 불편한 점을 보완하여 빠르게 잠금장치를 제어하도록 제작했다. 그림 4는 LED와 잠금장치를 제어하기 위한 앱 메인 화면을 나타낸다. 스마트폰으로 LED와 잠금장치를 제어하며 연결은 블루투스2.0(HC-06) 통신을 이용하여 제작하였다[11].

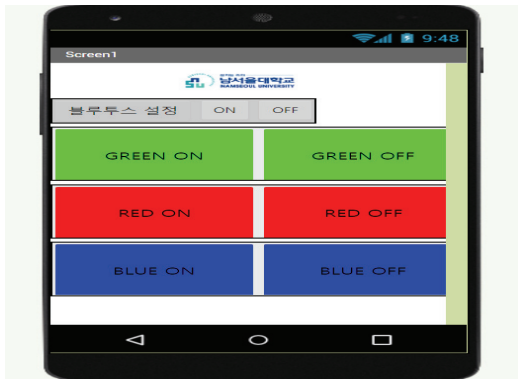


그림 4. LED 및 잠금장치 동작제어 앱 메인화면
Fig. 4 LED and lock operation control map main screen

3.3 LED 점등 동작 여부 결과

3가지 색상들로 구성하여 사용하고 싶은 색상의 ON버튼을 누르면 LED의 불빛이 들어오고 OFF버튼을 누르면 불빛이 꺼지는 구조로 설계하였다. LED 회로의 동작원리는 블루투스2.0 esp32와 R, G, B LED 및 나노 보드를 브레드보드에 연결하고 전원을 연결하면 스마트폰의 블루투스와 통신하여 앱으로 LED 색상을 제어하는 구조이다.

표 2는 LED 점등하는 동작실험을 진행한 결과이다. LED 회로와 스마트폰의 거리를 10m로 두고 앱을 접속해서 제어를 실행하였다. 확실한 동작결과를 확인하기 위해 점등 측정을 5회 진행하였고 실험 결과는

R, G, B 3가지 색상 모두 100% 성공률로 모든 횟수마다 정상 동작하였다.

3.4 잠금장치 동작 여부 결과

하나의 앱으로 LED와 잠금장치의 동시제어가 가능하게 하였으며 ON을 누르면 열리고 OFF를 누르면 잠기는 구조로 제작하였다. 잠금장치의 동작원리는 서보 모터를 사용하였으며, 브레드보드에 블루투스와 서보 모터 및 나노 보드를 연결하고 전원을 연결한다. 그리고 스마트폰의 블루투스와 통신해서 앱으로 잠금장치의 on/off 버튼을 누르면 서보 모터가 동작하여 잠금장치와 연결된 선이 같이 움직여 잠금장치가 개폐되는 구조로 제어된다[12].

표 2는 서보 모터를 이용한 잠금장치 동작실험을 진행한 결과이다. 잠금장치 회로와 스마트폰의 거리를 10m로 두고 앱을 접속해서 제어 진행하였다. 본 실험도 확실한 동작 결과를 확인하기 위해 잠금장치의 동작 측정을 5회 진행하였고 실험 결과는 100%의 성공률로 모든 횟수마다 정상 동작하였다.

표 2. LED 점등 및 서보 모터 잠금장치 동작 결과
Table 2. LED lighting and servomotor lock operation result

Distance	Servo motor Number of lock measurements / LED light number of measurements					Success Rate[%]
	1	2	3	4	5	
10m	○	○	○	○	○	100

3.5. 블루투스 무선통신을 이용한 거리인식 동작 실험

표 3는 블루투스 통신으로 LED 및 잠금장치와 스마트폰의 거리인식 실험 결과를 나타낸다. 스마트폰과 캐리어 사이를 블루투스2.0 HC-06소자를 이용해 연결하였다[11]. 본 실험은 스마트폰 앱 하나로 두 기능을 동시에 제어가 가능하다. 벽이 없는 직선거리 10m를 시작으로 5m씩 늘려 실험하였으며 거리에 따라서 블루투스를 통한 LED 점등 및 잠금장치 제어 거리인식 성공률을 나타낸다.

결과는 10m부터 40m까지는 100%로 블루투스 통

신 인식이 가능하였다. 45m부터는 성공 횟수가 점차 줄어들면서 50m에서는 한 차례의 인식이 가능하였다.

표 3. 블루투스 통신에 따른 스마트폰과 캐리어간의 거리 인식 여부

Table 3. Whether the distance between the smartphone and the carrier is recognized according to Bluetooth communication

Distance	Number of distance recognition measurements					Success Rate[%]
	1	2	3	4	5	
10m	○	○	○	○	○	100
15m	○	○	○	○	○	100
20m	○	○	○	○	○	100
25m	○	○	○	○	○	100
30m	○	○	○	○	○	100
35m	○	○	○	○	○	100
40m	○	○	○	○	○	100
45m	○	○	×	×	○	60
50m	×	×	○	×	×	20

3.6. 로드셀 센서 무게 측정 동작 실험

로드셀의 동작원리는 아두이노 우노보드와 브레드 보드에 로드셀과 HX711 모듈을 같이 연결하여 LCD panel까지 연결되면 물품을 로드셀 위에 올리면 그 무게를 감지하여 LCD panel에 무게 값이 출력된다.

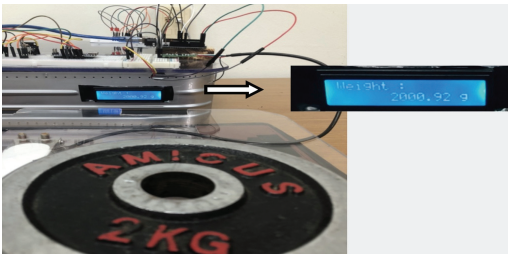


그림 5. 로드셀 무게 측정 실험
Fig. 5 Load cell weight measurement experiment

그림 5는 덤벨을 로드셀 위에 올려 무게를 측정하는 실험을 나타낸다. 덤벨의 원래 무게와 로드셀로 측정했을 때의 무게를 비교하여 값이 동일하게 나오는지 확인하였다[11].

표 4는 원래 덤벨의 무게 값과 로드셀 위에 덤벨을 올려서 측정했을 때의 무게 값을 비교한 결과를 나타낸다. 로드셀 무게 측정 실험은 덤벨 무게를 점차 늘려가면서 무게 값의 정확도를 확인하였다. 결과는 모든 측정 횟수마다 약 100g의 오차가 발생하였지만 거의 근접한 측정값이 출력됨을 확인하였다.

표 4. 덤벨 무게와 로드셀 위에 덤벨을 올려 측정했을 때의 무게 값 비교

Table 4. Comparison of the weight of the dumbbell and the weight when measured by placing the dumbbell on the load cell

Dumbel Weight [g]	Weight value measured by load cell [g]
1500	1499.32
2000	2095.38
3000	3059.75
3500	3548.22
4000	4098.78
5000	5073.23

IV. 결론 및 개선사항

본 논문에서는 캐리어의 보안 및 개선을 위해 스마트 캐리어를 제작하였다. 앱을 이용해서 잠금장치를 on/off로 제어하여 직접 비밀번호를 맞추지 않아도 되고, 3색 LED 제어가 가능하도록 구현하여 어두운 곳이나 수하물 수취장소에서 LED 불빛을 통해 쉽게 사용자의 캐리어를 찾을 수 있도록 하였다. 또한, 비콘과 블루투스를 활용하여 사용자와 캐리어 사이의 거리 기준 값이 정해지면 그 거리를 벗어날 때 캐리어의 설치된 경보시스템이 발생하도록 하여 도난 및 분실을 방지할 수 있도록 하였고, 로드셀 센서를 이용해서 캐리어 내부의 짐을 쌓았을 때 무게를 감지하여 측정된 값이 LCD panel에 출력되면 무게 값을 확인해서 본 연구를 통해 먼저 LED 점등과 잠금장치 제어는 동작여부가 중요하기 때문에 10m 기준으로 측정하여 정확도를 알기 위해 여러 차례로 진행하였으며 이상 없이 동작한 것을 확인하였고, 비콘과 블루투스간의 거리 기준 값을 설정해 RSSI 값이 설정한 값보다 작으면 경보시스템이 발생하여 거의 100%의 성공률을 보였지만 5m부터는 0%로 인식이 불가함을 확인하였다. 여기에 대

한 오차는 비콘을 스마트폰으로 대체함으로써 거리 인식이 크게 측정되지 않는 것으로 확인되었다. 로드셀을 고정하는 아크릴판의 수평이 잘 맞지 않는 것 혹은 아크릴 두께 때문에 오차가 100g정도 발생하는 것을 확인하였다.

References

- [1] J. Lee, C. Jeong, J. Lee, Y. Park, and S. Kwon, "Theft and weight detection carrier system using smart phone," In *Proc. of Symp. of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, Gyeongsangbuk-do, Korea, Nov. 2017, pp. 501-502.
- [2] S Kim, K. Lee, J. Park, M. Park, W. Choi, and K. Kim, "Smart carrier utilizing the fingerprint recognition and bluetooth," In *Proc. of the Korean Society of Mechanical Technology Spring Conference*, Jeollabuk-do, Korea, 2019, pp. 59.
- [3] H. Kim, B. Kim, T. Kim, and G. Hwang, "Implementation of a method to defeat bluetooth beacon based anti-theft," In *Proc. of Symp. of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, Seoul, Korea, Nov. 2019, pp. 461-462.
- [4] J. Lee, H. Kim, J. Kim, J. Bae, and C. Ryu, "Remote control robot arm using leap motion sensor and bluetooth communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences(KIECS)*, vol. 12, no. 6, Dec. 2017, pp. 1127-1134.
- [5] C. Kim, N. Choi, H. Lee, and E. Kim, "A digital LED controller design with constant current," In *Proc. of The Korean Institute of Electrical Engineers*, Jeollabuk-do, Korea, July 2009, pp. 1015-1016.
- [6] Y. Baek, H. Lee, and J. Oh, "Real-time Alert Service for Infant Location Management Using Beacon Technology," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences (KIECS)*, Jeollanam-do, Korea, Feb. 2020, pp. 205-210.
- [7] J. Lee, S. Ryu, J. Lim, T. Chou, and Y. Han, "Smart Harness for Preventing Pet Loss Outdoors," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences(KIECS)*, Chungcheong-nam-do, Korea, Nov. Aug 2021, pp. 709-718.
- [8] H. Lee, S. Yoo, S. Cha, and A. Oh, "Bluetooth beacon-based entry and exit notification system for the prevention of accidents in school vehicles," *The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 24 no. 1, July 2020, pp. 149-151.
- [9] D. Kim and C. Ban, "The design and implementation of a door-lock system using a smart phone on near field communication environments," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 11, 2015, pp. 1217-1224.
- [10] J. Lee, C. Lee, C. Cho, Y. Hwang, and T. Kang, "Development of smart carrier development of goods detection," In *Proc. of The Korean Institute of Electrical Engineers Workshop*, Gangwon-do, Korea, July 2019, pp. 148-149.
- [11] S. Kim and D. Jeong, "Implementation of the height and weight measurement using ultrasonic sensors and load cells-household height and weight measurement," *The Korean IT Marketing Association*, vol. 1, no. 1, 2014, pp. 16-17.
- [12] S. Hong, T. Han, J. Kim, J. Kim, and Y. Song, "Carrier locking system using mobile application," In *Proc. of Kalinga Institute of Industrial Technology Conference*, Busan, Korea, June 2016, pp. 436-437.

저자 소개



조준수(Jun-Su Cho)

2015년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중

※ 주 관심분야 : 전력전자



김승겸(Seung-Kyum Kim)

2015년 3월~ 남서울대학교 전자
공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 디스플레이 공
학



서동섭(Dong-Seop Seo)

2015년 3월~ 남서울대학교 전자
공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 디스플레이 공
학, 제어시스템설계



곽세영(Se-Young Kwak)

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



김재욱(Jae-Wook Kim)

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

