

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.3.163>

IIBC 2015-3-24

IFA 구조를 이용한 433/865MHz 이중대역 안테나의 구현

Implementation of 433/856MHz Dual Band Antenna Using IFA Structure

강상원*, 성지현**, 최광제***

Sang-Won Kang*, Ji-Hyun Sung**, Gwang-Je Choe***

요약 본 논문에서는 PCB 안테나의 일종인 IFA 구조를 이용하여 433/865MHz 이중 대역 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나에서 급전점과 단락스트립 사이의 간격 변화, 복사기와 접지면 사이 간격 변화, 브랜치 라인 추가를 통해 안테나 성능을 개선하였다. 안테나 파라미터 특성을 확인하기 위하여 ANSYS사의 HFSS를 이용하였다. ISO-18000-7의 RFID 주파수대역은 433MHz이고, ISO-18000-6의 유럽 RFID 주파수대역은 865.5-867.5MHz이다. 제작한 안테나의 433MHz 대역폭은 5.2MHz이고, 865MHz대역의 대역폭은 18.2MHz이다. 433MHz의 최대이득은 -5.74dBi이고, 865MHz에서 최대이득은 -3.36dBi임을 확인할 수 있다. 제안한 안테나의 전체 지그 크기는 60×44×1mm이고, 안테나 부분은 44×21mm이다. 안테나의 측정결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 분석한 결과, IFA 구조를 이용한 433/865MHz 이중 대역 안테나의 실용화 가능성을 확인 할 수 있었다.

Abstract In this paper, 433/865MHz dual band antenna is proposed by using IFA structure of a PCB antenna, the performance was improved by changing of the space between the feed point and short strip, varying the gap between the radiator and the ground plane and adding the branch line in the proposed antenna. To confirm the characteristics of the antenna parameters, HFSS from ANSYS Inc. was used for the analysis. RFID frequency band of ISO-18000-7 is 433MHz and EU-RFID frequency band of ISO-18000-6 is from 865.5 to 867.5MHz. Each of the 433/865MHz bandwidth of the proposed antenna is 5.2MHz and 18.2MHz. The maximum 433MHz antenna gain is -5.74dBi, the maximum 865MHz antenna gain is -3.36dBi. The Jig size of the proposed antenna is 60×44×1mm and the size of the antenna area 44×21mm. The results proved the possibility of the practical use on 433/865MHz by using the IFA structure that came from comparing and analyzing the measured and simulated data of the antenna.

Key Words : IFA structure, 433/865MHz, Antenna, Dual band, Return Loss

I. 서 론

무역화물은 크게 항공과 해상을 통해 수송이 되는데,

그 중에서도 해상 화물 컨테이너는 많은 수량의 물건을 저비용으로 운송 할 수 있다. 2012년 한 해 동안 전 세계에 교류된 컨테이너 물동량은 6억 1,623만 TEU(Tw-

*정희원, ㈜페스앤유 기술연구소

**준희원, 한라대학교 전기전자공학과

***정희원, 한라대학교 전기전자공학과(교신저자)

접수일자 2015년 2월 11일, 수정완료 2015년 5월 28일

게재확정일자 2015년 6월 12일

Received: 11 February, 2015 / Revised: 28 May, 2015

Accepted: 12 June, 2015

***Corresponding Author: kjchoi@halla.ac.kr

Dept. Electronics Eng., Halla Univ, 32, Halladae-1gil, Wonju-si, Gangwon-do, Korea

enty foot Equivalent Unit) 로 집계 될 정도로 화물 컨테이너는 국제 물류의 큰 비중을 차지한다. 따라서 컨테이너 보안 장치의 필요성이 대두되었다.^[1]

미국은 2002년 CSI(Container Security Initiative)을 도입하여 컨테이너 내에 위 험 물질 여부를 확인하였고,^[2] 2012년부터 미국으로 반입되는 모든 컨테이너 화물에 대해 운송 도중 컨테이너의 개폐 여부를 확인 할 수 있도록 미국 세관이 인정한 보안장치를 장착해야만 미국 내 반입을 허락하는 법률을 통과시켰다.^{[2],[3]}

ISO/IEC 18000은 국제 표준화 기구로 이것은 특정 주파수 대역을 사용하는 RFID 기술의 시리즈를 나타낸다. 대표적인 RFID는 ISO/IEC에서 ISO-18000-7과 ISO-18000-6 을 통하여 433MHz 대역과 860-960MHz 대역을 사용도록 규정하였다.^[4] 그러나 각국이나 지역에서 할당하는 무선 IC 태그용 주파수대를 하나로 통합하기는 어려워 여러 주파수대에 대응할 수 있는 이중 대역 방식이 도입되고 있다.

RFID 433MHz은 화물 컨테이너 문에 설치되어 컨테이너의 문이 비정상적인 형태로 개폐 되거나 또는 비정상적인 개폐가 시도될 경우 이를 감지하여 주변의 리더에 알려주고, 컨테이너 내부에도 장착되어 화물의 온도, 습도 등을 감지하는 역할을 한다.^{[1],[2]}

물류·유통 분야에서는 능·수동형 RFID 860-960MHz 대역이 사용되며 특히 유럽에서는 물류·유통 분야에 865.5-867.5MHz의 주파수 대역을 사용한다.

433MHz는 화물컨테이너 관리용에 사용되는 것 외에도 주파수 대역 433.87MHz-433.97MHz에서 차량 TPMS(Tire Pressure Monitoring System) 센싱용으로 국내외에서 사용된다.

본 논문에서는 IFA(Inverted F Antenna)에 적용 가능한 433/865MHz 이중 대역 안테나를 구현하였다. 안테나를 소형화시키기 위해 IFA구조를 이용하였고 브랜치 라인을 추가하여 이중 대역을 구현하였다. 제안한 안테나의 433/865MHz 이중대역 안테나 특성을 확인하기 위해 첫 번째 급전 점과 단락스트립(short strip)사이의 간격을 조정하였고, 두 번째는 안테나 복사체와 접지면 사이의 간격을 조정하였다.

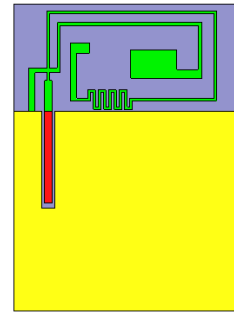
II. 433/865MHz 안테나 특성 분석

선형 IFA(Inverted F Antenna)의 구조를 살펴보면 선

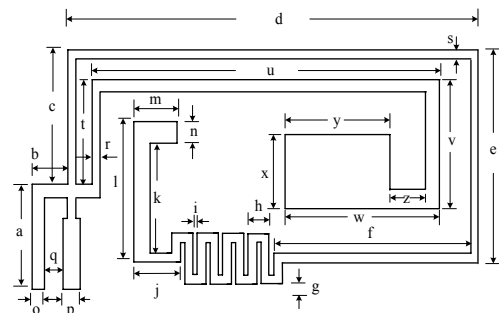
복사기(radiator), 접지면(ground plane), 단락스트립(short strip), 급전부(feed point)로 구성되어진다.^[5]

일반적인 IFA 안테나의 공진길이는 $\lambda/4$ 이고, PIFA 안테나의 공진길이는 $\lambda/2$ 이다.^{[5],[6]}

선형 IFA의 복사체를 판(planar) 형태로 바꿈으로써 대역폭을 증가시키는 효과를 얻을 수 있다. 일반적으로 IFA구조와 PIFA 구조의 안테나가 이동통신 단말기에 가장 많이 사용되어지고 있다.^[5]



(a) 모델링



(b) 안테나 평면도

그림 1. 제안한 안테나 구조

Fig. 1. The proposed antenna structure

선형 IFA의 일반적인 공진주파수 변화는 복사체인 선 평면 소자의 길이를 조절을 통하여 433MHz 공진주파수를 공진시켰고, 브랜치 라인을 추가하여 865MHz 대역을 공진시켜 이중 대역을 구현하였다.

그림 1은 제안한 안테나 구조를 나타낸 것이다. 안테나 모델링은 ANSYS HFSS를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 제안한 안테나의 지그 크기는 60×44×1mm이다. 실제 안테나 부분의 크기는 21×44mm이고, 접지면 크기는 39×44mm이다. 안테나 기판은 FR4 기판 ($\epsilon_r = 4.7, \tan \delta = 0.02$)을 이용하였고, 기판의 윗면에 안테나 소자가 위치한다.

안테나의 급전은 CPW 구조를 이용하였고, CPW 라인 과 접지면 사이 간격은 0.5mm이다. CPW 라인과 직접 급전을 위하여 SMA 커넥터를 모델링하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 한 433MHz 대역의 안테나 총 길이는 141mm이고, 865MHz 대역의 안테나 총 길이는 86.5mm 이다. 이 길이를 공진주파수로 변환하면 각각 531MHz와 867MHz 이다. 표 1은 제안한 안테나 치수를 나타내었다.

표 1. 제안한 안테나 치수, [mm]
 Table 1. The dimensions of proposed antenna, [mm]

a	8.5	n	2.1
b	3.5	o	1
c	11.1	p	1.45
d	33	q	2
e	17.6	r	0.5
f	16.5	s	0.6
g	0.3	t	8.9
h	1.5	u	28.1
i	0.5	v	11
j	4	w	13.9
k	8.8	x	5.6
l	11.4	y	9
m	3.8	z	4.1

IFA 구조를 이용한 433/865MHz 안테나의 특성을 확인하기 위해서 첫 번째로 급전 점과 단락스트립 사이의 간격을 조정하였다. 그림 2.는 급전 점과 단락스트립 사이의 간격 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다.

조정 간격은 1.5mm부터 2.25mm까지이며, 변화 증가 폭은 0.25mm이다. 1.5mm일 경우 공진주파수는 315MHz와 700MHz이고, 반사손실 값은 -19dB와 -8.69dB이다.

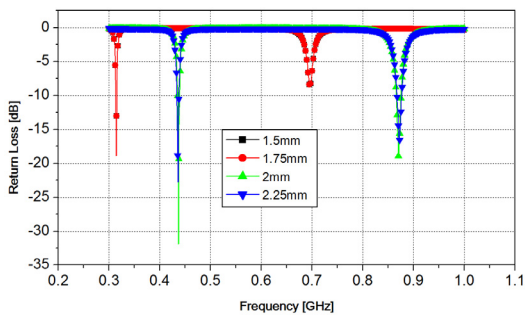


그림 2. 급전 점과 단락스트립 사이의 간격 변화에 따른 반사 손실 특성

Fig. 2. Characteristics of return loss for variation between the feed point and short strip

2mm 일 때, 공진주파수는 435MHz와 865MHz 이고, 반사손실 값은 -31.92dB와 -19.42dB이다. 이때, 첫 번째 공진 주파수대역은 430MHz-440MHz이고, 10MHz의 대역폭을 갖는다. 두 번째 공진의 주파수 대역은 860MHz-870MHz로 10MHz의 대역폭으로 가장 안정적인 특성을 보인다. 2.25mm일 경우 공진주파수는 440MHz와 872MHz이고, 반사손실 값은 -24.88dB와 -16.82dB이다. 급전 점과 단락스트립 사이의 간격이 변화에 따라, 공진주파수와 반사손실 값이 변화함을 알 수 있다.

제안한 433/865MHz 이중대역 안테나의 특성을 확인하기 위한 두 번째는 안테나의 복사기와 접지면 사이의 간격을 변화시켜 특성을 확인 할 수 있다.

복사기와 접지면 사이의 간격은 0.3mm부터 3mm까지 변화시켰다. 1mm일 경우 공진주파수는 448MHz와 870MHz 이고, 반사손실 값은 -24.94dB와 -19dB 이다. 3mm일 경우 공진주파수는 506MHz와 887MHz이고, 반사손실 값은 -33.39dB와 -19.69dB이다. 가장 안정적인 간격은 0.3mm일 경우이다. 복사기와 접지면 사이의 간격이 0.3mm 일 때의 공진주파수는 435MHz와 865MHz이다. 이때, 첫 번째 공진 주파수 대역은 430MHz-440MHz로 10MHz의 대역폭을 갖고, 두 번째 공진 대역은 860MHz-870MHz로 10MHz의 대역폭을 갖는다. 안테나 복사기와 접지면 사이 간격이 증가 될수록 433MHz 공진 주파수가 최대 506MHz까지 상승 되는 것을 알 수 있고, 이때의 간격은 3mm이다. 그러나 865MHz의 공진 주파수는 안테나 복사기와 접지면 사이 간격이 증가에 따른 변화가 미미한 것을 알 수 있다.

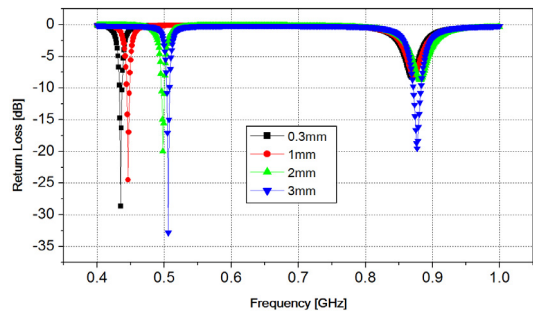


그림 3. 복사기와 접지면 사이의 간격 변화에 따른 반사손실 특성

Fig. 3. Characteristics of return loss for variation between the radiator and ground plane

그림 3은 복사기와 접지면 사이의 간격 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 4는 최적화된 시뮬레이션 결과로 반사손실을 나타내었다.

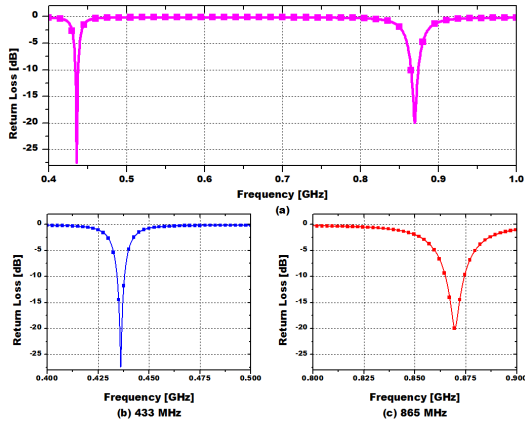


그림 4. 최적화된 시뮬레이션 결과
Fig. 4. Optimized simulation results

그림 4(a)는 시뮬레이션 주파수 대역을 0.4GHz-1GHz이다. 그림 4(b)는 433MHz 대역을 확인하기 위해 주파수 대역을 400MHz-500MHz로 하였고, 그림 4(c)는 865MHz 대역을 확인하기 위해 주파수 대역을 800MHz-900MHz로 하여, 각각의 대역을 확인 하였다.

IFA 구조를 이용한 433/865MHz 이중대역 안테나의 최적화된 시뮬레이션 결과를 나타내면, 급전 점과 단락 스트립 사이 간격이 2mm이고 안테나 복사기와 접지면 사이의 간격은 0.3mm일 때 나타난다. 이 때의 공진 주파수는 435MHz와 865MHz이고, 반사손실 값은 -31.82dB와 -21.37dB이다. 이때 첫 번째 공진대역은 430MHz-440MHz로, 10MHz의 대역폭을 갖고, 두 번째 공진 대역은 860MHz-870MHz로, 10MHz의 대역폭을 갖는 것을 알 수 있다.

III. 3장 안테나 제작 및 측정

제안한 안테나의 제작은 최적화된 시뮬레이션 결과를 이용하여 안테나를 제작하였다. 안테나 기판 재질은 비유전율 $\epsilon_r = 4.7$ 인 FR4를 사용하였고, 안테나와 접지면 재질은 1온스의 동(copper)을 사용하여 제작하였다. 안테나 특성 파라미터인 반사손실 측정은 에질런트사의

8753ES Vector Network Analyzer를 이용하여 측정하였다. 복사패턴 측정은 대전 테크노파크의 Antenna Far Field Chamber를 이용하여 측정하였다. 제안한 433/865MHz 이중대역 안테나의 반사손실 측정 결과는 그림 5에 나타내었다.

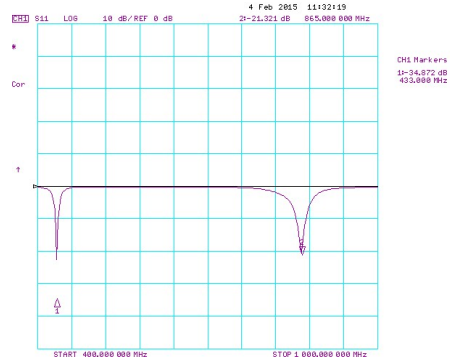


그림 5. 측정된 반사손실 (0.4-1GHz)
Fig. 5. Measured return loss result (0.4-1GHz)

측정 주파수 대역은 0.4GHz-1GHz이다. RFID 공진주파수인 433MHz의 공진주파수에서 반사손실 값은 -34.872dB이다. 유럽 RFID 주파수인 865MHz의 반사손실 값은 -21.321dB이다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교해 매우 유사한 특성을 확인 할 수 있다. 각각의 공진주파수 대역폭을 확인하기 위하여 433MHz 대역의 주파수 범위를 420MHz-450MHz로 변경시켰다. 측정 결과는 그림 6에 나타내었다.

433MHz 대역의 공진주파수는 433.621MHz이고, 반사손실 값은 -25.781dB이다. -10dB 주파수 대역은 430.764MHz-435.945MHz이고, 주파수 대역폭은 5.181MHz이다.

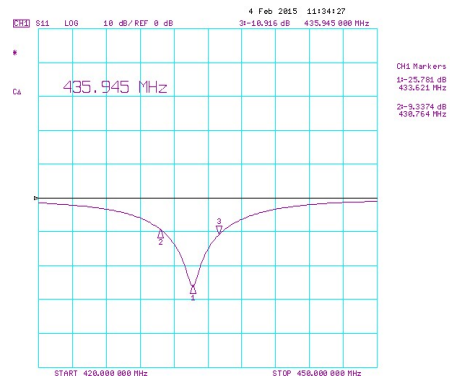


그림 6. 측정된 반사손실 (420-450MHz)
Fig. 6. Measured return loss result (420-450MHz)

865MHz 대역을 확인하기 위해서 주파수 범위를 840MHz-890MHz로 변경시켰다. 측정 결과는 그림 7에 나타내었다.

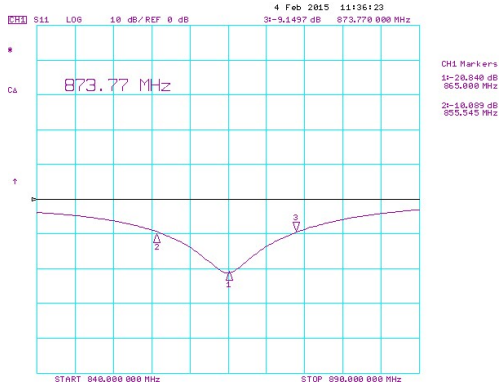


그림 7. 측정된 반사손실 (840-890MHz)
 Fig. 7. Measured return loss result (840-890MHz)

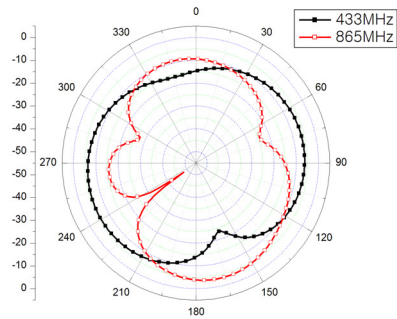
유럽 RFID 대역의 공진주파수를 865MHz 고정시켰을 때, 반사손실 값은 -20.840dB이다. -10dB 주파수 대역은 855.545MHz-873.770MHz이고, 주파수 대역폭은 18.225MHz이다. 433MHz 능동형 RFID 주파수 대역은 433.67-434.17MHz이고, 필요한 대역폭은 500KHz이다. ISO-18000-6의 유럽 RFID 주파수대역은 865.5-867.5

MHz이고, 필요한 대역폭은 2MHz이다. 측정된 반사손실을 보면 이중 대역에서 대역폭을 만족하는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션결과와 측정 결과를 분석하여 보면 두 대역(433/865MHz)에서 제안한 안테나가 동작하는 것을 알 수 있다. 표 2에 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교하여 나타내었다.

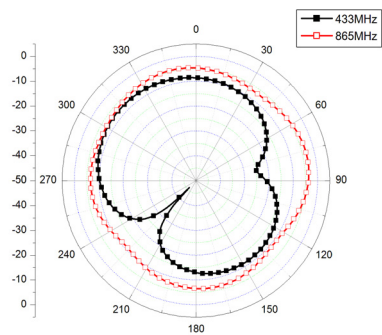
표 2. 시뮬레이션 결과와 측정결과 비교
 Table 2. Comparing simulation and measurement results

구분	시뮬레이션		측정	
	433	866	433	865
공진주파수 [MHz]	435	865	433.621	865
주파수대역 [MHz]	430-440	860-870	430.7-435.9	855.5-873.7
대역폭 [MHz]	10	10	5.2	18.2

그림 8은 제안된 안테나의 복사패턴을 나타내었다. 안테나 복사 패턴 측정 주파수는 433MHz와 865MHz이다.



(a) X-Z plane



(b) Y-Z plane

그림 8. 제안된 안테나의 복사패턴
 Fig. 8. The radiation patterns of the proposed antenna

복사 평면은 X-Z plane와 Y-Z plane을 측정하였다. 433MHz의 최대 이득은 -5.74dBi이고, 865MHz의 최대이득은 -3.36dBi임을 확인 할 수 있다. 제안한 안테나의 이중공진(433/865MHz) 주파수를 얻기 위하여, 제작된 안테나 복사기 끝부분과 급전점과 단락스트립 사이를 튜닝을 통해 원하는 공진주파수를 측정하였다. 그림 9는 제작된 안테나 사진을 나타내었다.

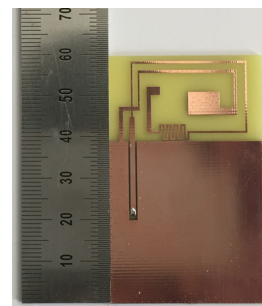


그림 9. 제작된 안테나 사진
 Fig. 9. Photograph of fabricated antenna

V. 결론

본 논문에서 제안된 안테나는 IFA 구조를 이용한 433/865MHz 이중 대역 안테나이다. 제안한 안테나의 특성을 확인하기 위하여 급전점과 단락스트립 사이의 간격 조정과 안테나와 접지면 사이의 간격을 조정하였다. 안테나의 전체 지그 크기는 $60 \times 44 \times 1\text{mm}$ 이고, 안테나 부분의 크기는 $44 \times 21\text{mm}$ 이다. 433MHz 대역의 측정 대역폭은 5.2MHz이고, 865MHz 대역의 측정 대역폭은 18.2MHz이다. 안테나 측정이득은 433MHz에서 최대 이득은 -5.74dBi이고, 865MHz의 최대이득은 -3.36dBi임을 확인할 수 있었다. 실제 제작한 안테나의 측정결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 분석하여 보면, IFA 구조를 이용한 433/865MHz 이중대역안테나의 실용화 가능성을 확인할 수 있었다.

References

- [1] Jin-Yi Choi, "2012 Port Cargo Volume handled Analysis and Future Prospects", Logistic Information, No3, pp1-13, April 2013
- [2] KEIT, "Technology Trends for Cargo Container Security device issues and International Standardization", pp. 16-23, February 2010.
- [3] Sang-Won Kang, "Design and Fabrication of Location Tracing Antenna for Container Transportation", Journal of IIBC, Vol. 14, No 1, pp. 119-124, February 2014.
- [4] A. Ali Babar, L. Ukkonen, L. Sydanheimo, "Miniaturized Multipurpose Dual UHF RFID Band Antenna" EuCAP, 12-16 April 2010.
- [5] Sang-Won Kang, Tae-Soon Chang, "Implementation of Miniaturized 433MHz Antenna Using IFA Structure", Journal of IIBC, Vol. 14, No 5, pp. 203-208, Oct. 31, 2014.
- [6] C. A Balanis, Modern Antenna Handbook, pp. 1194-1198, Wiley, 2008.

저자 소개

강 상 원(정회원)



- 1999년 : 세명대학교 전자공학과 (공학사)
- 2003년 : 건국대학교 전자정보통신과 (공학석사)
- 2013년 : 건국대학교 전자정보통신과 (공학박사)
- 현재 : (주)페스앤유 연구소장

<주관심분야 : 안테나 및 RF 부품>

성 지 현(준회원)



- 2015년 5월 : 한라대학교 전기전자공학 학과
- <주관심분야 : 안테나>

최 광 제 (정회원)



- 1979년 : 광운대학교 무선통신과(공학사)
- 1989년: 건국대학교 전자공학과(공학석사)
- 1997년: 건국대학교 전자공학과(공학박사)
- 현재 : 한라대학교 전기전자공학과 교수

<주관심분야 : 안테나 및 무선기기>