

커플링 급전을 이용한 모바일용 다중대역 안테나에 관한 연구

왕정* 윤인섭* 황선국* 염효가* 박효달*

A Study on Multi-band Antenna for Mobile using Coupling Feeding

Cheng WANG* In-seop YOON* Sun-gook HWANG* Xiao-jia YAN* Hyo-Dal PARK*

요약 본 논문은 LTE (0.746 ~ 0.798 GHz), GSM(0.824 ~ 0.960 GHz), DCS(1.71 ~ 1.88 GHz), WCDMA(1.91 ~ 2.17 GHz) 대역에서 사용 가능한 다중 대역 모바일 안테나에 대하여 제안하였다. 제안된 안테나는 기본적인 PIFA 구조에 두 개의 브랜치 라인을 추가하여 다중대역을 형성하고, 커플링 급전 방식을 사용하여 대역폭을 향상시킨 안테나이다. 안테나의 크기는 122 mm × 50 mm × 0.8 mm이며, FR4($\epsilon_r = 4.4$)를 사용하였으며, 측정결과 VSWR < 2 (≤ -10 dB)을 기준으로 모든 주파수 대역을 만족하였다. 제안된 다중대역 안테나는 낮은 주파수대역에서 0.93 ~ 1.92 dBi의 이득과 49.60 ~ 76.35 %의 방사효율 특성을 보이고, 높은 주파수대역에서는 2.19 ~ 4.66 dBi의 이득과 60.40 ~ 80.01 %의 방사효율 특성을 보였다. 따라서 본 논문에서 제안한 다중대역 안테나는 현재 상용화 되어있는 이동통신 단말기용 안테나에 비해 전 대역에서 우수한 특성을 확인하였다. 이와 같은 우수한 특성으로 인하여 본 연구에서 제안된 안테나는 4세대 모바일 단말기뿐만 아니라 향후 개발하고 있는 B4G용 안테나로 적용 가능 할 것으로 판단된다.

Abstract In this paper, an antenna which has quad band in LTE (0.746 ~ 0.798 GHz), GSM(0.824 ~ 0.960 GHz), DCS(1.71 ~ 1.88 GHz), WCDMA(1.91 ~ 2.17 GHz) is proposed. An antenna size is 122 mm × 50 mm × 0.8 mm on FR4($\epsilon_r = 4.4$) ground substrate. In the proposed antenna, branch line is applied to the conventional PIFA architecture to achieve multi-bandwidth. Coupling power supply is applied for a wide bandwidth. Result of the measurement is as follows. When the low frequency, the antenna presents gain of 0.93 ~ 1.92dBi, and radiation efficiency of 49.60 ~ 76.35 %, and When the high frequency, gain is 2.19 ~ 4.66dBi, and radiation efficiency is 60.40 ~ 80.01 %, and with a VSWR < 2 (≤ -10 dB) measurement results for standard satisfies all band. Judging from the result, proposed multiband antenna is expected to be applied. B4G mobile terminals since the antenna shows an outstanding performance.

Key Words : Mobile Antenna, Muti-band, LTE, Coupling Feed, Branch Line, PIFA

1. 서론

무선 이동통신 규격은 큰 범주로 1세대, 2세대, 3세대를 거쳐, 4세대 이동통신 서비스로 진화되고 있다. 현재 이동통신 시스템은 LTE를 주력으로 하는 4세대까지 상용화 되어있으며, 이동통신 단말기는 2세대 및 3세대 시스템을 모두 지원하여야 한다[1]. 따라서 단말기용 다중대역 안테나는 하나의 안테나로 현재 사용 중인 이동통신

서비스 대역을 모두 만족시키는 연구가 필요하다 [2-4].

이동통신 단말기에서 내장형 안테나로써 가장 많이 사용되는 구조는 PIFA이다. PIFA는 소형화 및 경량화가 가능하고 제작이 용이하다는 장점을 갖는다. 하지만 PIFA 안테나의 높이가 낮아질 경우 커패시턴스 성분이 증가하여 대역폭이 좁아지며, 또한 0.80 GHz 이하의 낮은 대역 주파수에서는 저효율과 협대역 특성을 나타내는 단점이

*Corresponding Author : Electronic Engineering Professor of Inha University(hdperk@inha.ac.kr)

Received : November 05, 2014

Revised : November 19, 2014

Accepted : December 3, 2014

있다. 따라서 기존에 사용 중인 PIFA 구조로는 현재 이동통신 서비스에서 사용 중인 모든 주파수 대역을 만족시키기 어렵다. 이러한 이유로 이동통신 단말기가 요구하는 대역폭과 효율을 만족시키는 안테나 구현에 대한 연구가 진행되고 있다.

안테나의 대역폭을 개선하는 방법으로는 기생 소자를 이용하는 방법, 페라이트 기판을 이용하는 방법 등이 있다. 그러나 이 방법들은 방사 효율을 저하시키거나 안테나의 부피가 커진다는 단점을 지니고 있다[5-8].

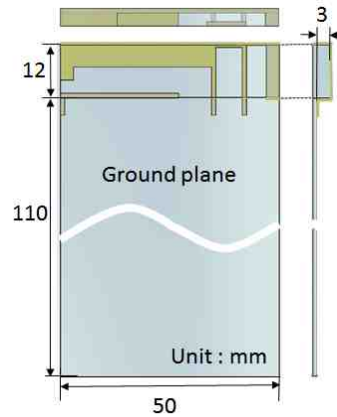
제안된 안테나는 이러한 문제점을 개선하기 위해 기본적인 PIFA 구조에 브랜치 라인을 추가하여 다중대역을 형성하고, 커플링 급전 방식을 사용하여 대역폭을 향상시킴으로써 4세대 이동통신 서비스인 LTE (0.746 ~ 0.798 GHz) 대역과 이전 이동통신 서비스 대역인 GSM(0.824 ~ 0.960 GHz) / DCS(1.71 ~ 1.88 GHz) / PCS(1.85 ~ 1.99 GHz) / WCDMA(1.91 ~ 2.17 GHz)대역을 모두 만족하는 다중대역 이동통신 단말기용 안테나로 동작 가능하다.

본 논문에서는 상용 소프트웨어인 CST MWS를 이용하여 모의실험을 실시한다. 모의실험을 통해 설계 특성을 분석하고 그 결과를 바탕으로 우수한 특성을 갖도록 최적화하여 설계를 진행한다. 안테나의 제작은 모의실험 결과를 바탕으로 안테나 전문 업체에 의뢰하여 제작 및 측정은 실시한다. 측정된 결과를 분석함으로써 다중대역 안테나가 이동통신 단말기용 다중대역 안테나로 적용할 수 있음을 확인한다.

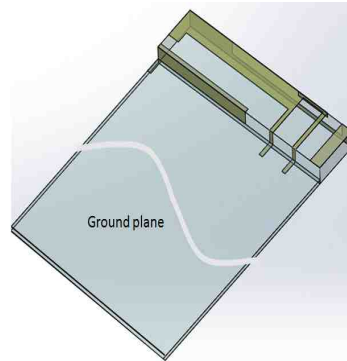
2. 안테나 디자인

그림 1(a)은 제안된 안테나의 정면과 측면모습을 나타내고 있으며, 그림 1(b)는 안테나의 입체도 모습을 나타낸다. 전체 크기는 122 mm × 50 mm × 0.8 mm이며, FR4($\epsilon_r = 4.4$)를 사용하였다. 기판의 뒷면에는 유전체와 안테나 소자가 위치한다. 접지면의 크기는 105 mm × 50 mm이고,

안테나 소자를 포함하는 유전체는 12 mm × 50 mm × 3 mm의 크기를 갖는다.



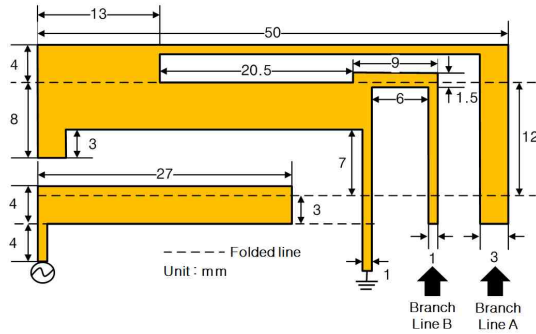
(a) 정면과 측면모습



(b) 제안된 안테나의 입체도

[그림 1] 설계된 안테나의 구조
[Fig. 1] Structure of the designed antenna

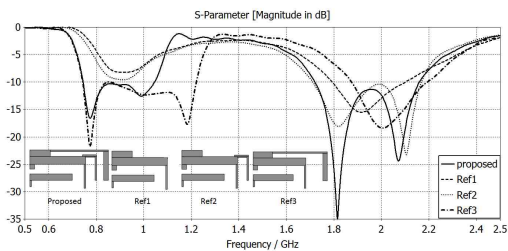
그림 2는 제안된 안테나의 전개도 및 제원을 나타내었다. 제안된 안테나는 다중 대역의 대역폭을 모두 만족시키기 위해 대역폭 확보에 유리한 커플링 급전 방식을 선택하였다. 따라서 방사체 부분과 급전 부분으로 나뉘며, 두 부분 사이에 커플링을 이용하여 급전을 한다. 방사체 부분은 각 대역의 대역폭을 확보하기 위해 두 개의 브랜치 라인을 추가하였다. 브랜치 라인 A의 길이는 95.5 mm이며 낮은 주파수 대역에서 공진을 하고, 브랜치 라인 B의 길이는 50.5 mm이며 높은



[그림 2] 제안된 안테나의 전개도
[Fig. 2] Structure of the Suggested Antenna

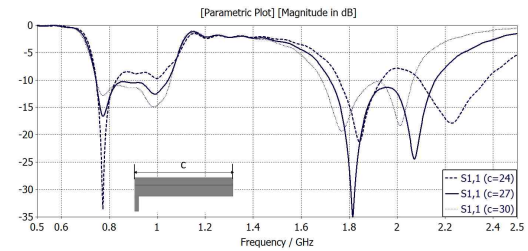
주파수 대역에서 공진을 한다. 급전부분의 길이와 폭은 각각 27 mm와 4 mm이며, 임피던스 매칭에 따라 최적화된 값이다.

그림 3은 안테나 구조를 비교하기 위해 브랜치 라인 A, 브랜치 라인 B 모두 없는 Ref1, 브랜치 라인 A가 제외된 Ref2, 브랜치 라인 B가 제외된 Ref3의 구조들의 특성을 나타내었다. 브랜치 라인 A가 없을 경우에는 낮은 주파수 대역에서 공진점이 하나만 존재하기 때문에 목표로 하는 주파수 대역을 만족하지 않는 결과를 얻는다. 따라서 브랜치 라인 A를 추가함으로써 기존에 있던 공진점보다 낮은 주파수에 공진을 추가시켜 목표로 하는 낮은 주파수 대역인 0.746 ~ 0.960 GHz를 모두 확보하였다. 브랜치 라인 B는 높은 주파수 대역에서 공진을 추가시키며, 브랜치 라인 B를 추가함으로써 목표로 하는 대역인 1.71 ~ 2.17 GHz를 모두 확보하였다.

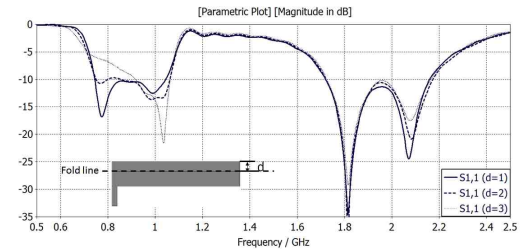


[그림 3] 안테나 구조에 따른 반사손실 결과
[Fig. 3] Simulated Return Loss Characteristics for Different Structure

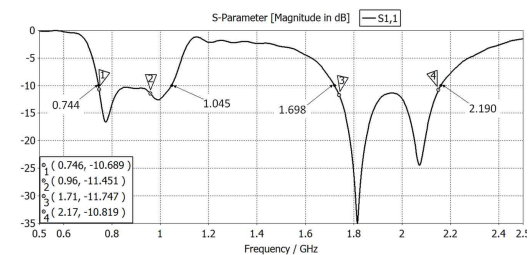
그림 4와 그림 5는 각각 급전부분의 길이 c와 폭 d에 따른 반사손실 특성을 나타낸다. 급전부분의 길이는 높은 대역에서 큰 영향을 나타내었으며, 길이가 길어짐에 따라 주파수가 높아지는 것을 확인하였다. 급전부분의 폭은 낮은 대역에서 큰 영향이 나타났으며, 폭이 넓어질수록 주파수가 높아지며 반사손실이 커지는 것을 확인하였다. 따라서 최적화된 급전부분의 길이와 폭은 각각 27 mm와 1 mm를 선택하여 매칭을 하였다.



[그림 4] 급전부분 길이 c에 따른 반사손실 특성
[Fig. 4] Return Loss Characteristics for Length c Parameter Value



[그림 5] 급전부분 길이 d에 따른 반사손실 특성
[Fig. 5] Return Loss Characteristics for Length d Parameter Value



[그림 6] 제안된 안테나의 반사손실 특성
[Fig. 6] Simulated Return Loss Characteristics for the Suggested Antenna

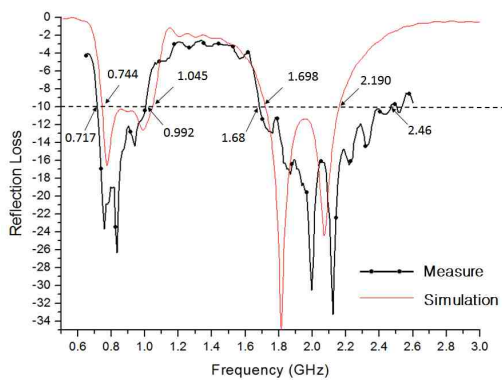
그림 6은 최적화된 안테나의 시뮬레이션의 반사손실 특성 결과이다.

임피던스 대역폭은 VSWR < 2(< -10dB)기준으로 LTE / GSM / PCS / DCS / WCDMA 대역의 주파수를 측정하였다. 모의실험 결과 낮은 주파수 대역에서는 0.744 GHz ~ 1.045 GHz의 동작 주파수를 나타내었으며, 이는 LTE / GSM 대역인 0.746 GHz ~ 0.960 GHz의 주파수를 만족시킨다. 높은 주파수 대역에서는 1.698 GHz ~ 2.19 GHz의 동작 주파수를 나타내었으며, 이는 DCS / PCS / WCDMA 대역인 1.71 GHz ~ 2.17 GHz의 주파수를 만족시킴을 확인할 수 있다.

3. 안테나 제작 및 측정

본 장에서는 2장에서 설계한 최적화된 구조를 바탕으로 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나의 특성과 방사패턴은 안테나 전문 업체에서 측정하였고, 측정된 안테나의 특성과 모의실험 결과를 비교하여 그 타당성을 검증하였다.

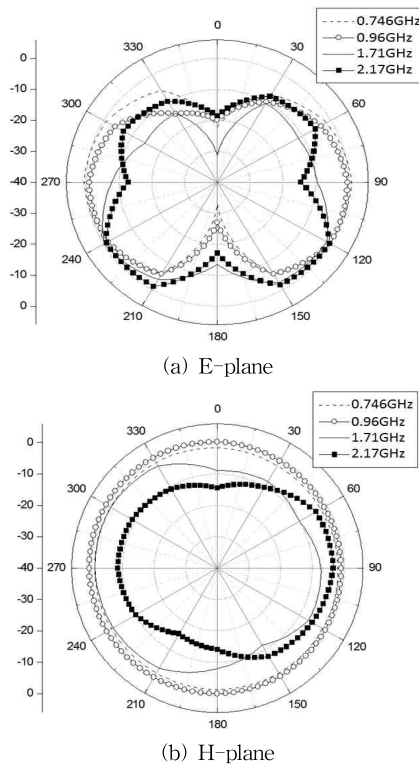
그림 7는 제작한 안테나를 네트워크 아날라이저를 이용하여 반사손실을 측정한 결과와 모의실험 결과를 직관적으로 비교하기 위해 하나의 그래프로 나타내었다. 낮은 주파수 대역에서는 0.717 GHz ~ 0.992 GHz의 동작 주파수를 나타내었으며, 이는 LTE / GSM 대역인 0.746 GHz



[그림 7] 반사손실 비교
[Fig. 7] Comparison of fabricated Reflection Loss

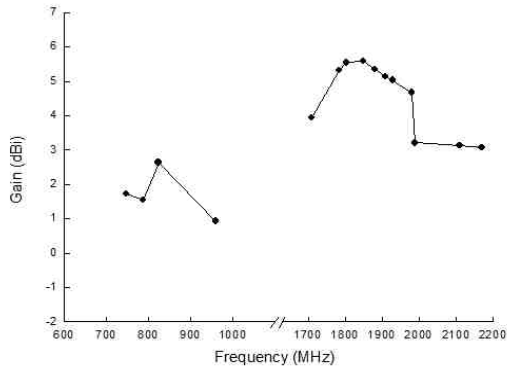
~ 0.960 GHz의 주파수를 만족시킨다. 높은 주파수 대역에서는 1.68 GHz ~ 2.46 GHz의 동작 주파수를 나타내었으며, 이는 DCS / PCS / WCDMA 대역인 1.71 GHz ~ 2.17 GHz의 주파수를 만족시켰다. 그리고 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 비슷한 경향을 보임을 확인할 수 있다.

그림 8은 제작된 안테나의 방사패턴의 결과이며, 실제 측정된 E-plane과 H-plane의 방사패턴은 그림 8 (a)와 그림 8 (b)와 같다. 낮은 대역인 0.746 GHz ~ 0.96 GHz와 높은 주파수 대역인 1.71 GHz ~ 2.17 GHz까지 2° 씩 증가시켜서 측정한 결과 0.746 GHz ~ 0.96 GHz에서 49.6 ~ 85.02 %, 1.71 GHz ~ 2.17 GHz에서 60.4 ~ 80.01 %의 우수한 방사효율을 나타내었으며, H-plane에서 전방향성 방사특성을 나타내었다. 따라서 제작된 다중대역 안테나는 송신 방향에 무관하게 효율적인 신호를 수신이 가능하다.



[그림 8] 제작된 안테나의 방사패턴
[Fig. 8] Radiation pattern of the fabricated antenna

그림 9는 측정된 안테나의 이득을 나타내는 그래프이며, 0.746 ~ 0.798 GHz에서 1.53 ~ 1.72 dBi, 0.824 ~ 0.96 GHz에서 0.93 ~ 2.6 dBi, 1.71 ~ 2.17 GHz에서 3.0 ~ 5.59 dBi의 이득을 얻었다. 제안한 안테나는 목표스펙 대비 모든 대역에서 우수한 이득을 보임을 확인 할 수 있다.



[그림 9] 측정된 안테나 이득

[Fig. 9] Measured antenna gain

표 1과 표 2는 각 주파수 대역별 안테나의 이득과 방사효율을 표로 정리하여 나타내었다.

표 4.1 다중대역 안테나의 이득
Table 4.1 Gain of the multi-band antenna

Band		Gain	
분류	주파수[GHz]	Spec[dBi]	측정결과[dBi]
LTE	0.746 ~ 0.798	-7 이상	1.53 ~ 1.72
GSM	0.824 ~ 0.96	-6 이상	0.93 ~ 2.6
DCS	1.71 ~ 1.88	-4 이상	3.9 ~ 5.5
PCS	1.85 ~ 1.99	-4 이상	3.2 ~ 5.59
WCDMA	1.91 ~ 2.17	-4 이상	3.0 ~ 4.6

표 4.2 다중대역 안테나의 방사 효율

Table 4.2 Radiation efficiency of the multi-band antenna

Band		Efficiency	
분류	주파수[GHz]	Spec[%]	측정결과[%]
LTE	0.746 ~ 0.798	20 이상	49.6 ~ 76.35
GSM	0.824 ~ 0.96	30 이상	55.85 ~ 85.02
DCS	1.71 ~ 1.88	40 이상	68.48 ~ 77.66
PCS	1.85 ~ 1.99	40 이상	60.40 ~ 68.57
WCDMA	1.91 ~ 2.17	40 이상	65.80 ~ 80.01

위의 표와 같이 제안된 안테나는 모든 대역에서 현재 양산 되고 있는 설계 사양 이상의 이득과 방사효율을 보임을 확인 할 수 있다. 따라서 제안된 다중대역 안테나는 이동통신 단말기용 안테나로써 우수한 구조임을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 LTE를 포함하여 모든 이동통신 대역에서 동작하는 4세대 이동통신 단말기용 다중대역 안테나에 관하여 연구하였다.

제안된 안테나는 기본적인 PIFA 구조에 두 개의 브랜치 라인을 추가하여 다중대역을 형성하고, 커플링 급진 방식을 사용하여 대역폭을 향상 시킴으로써 4세대 이동통신 서비스인 LTE 대역과 기존 이동통신 서비스 대역인 GSM / DCS / PCS / WCDMA 대역을 모두 만족하는 단말기용 다중대역 안테나에 대하여 설계하였다.

제안된 안테나는 현재 이동통신에서 사용 중인 대역뿐만 아니라 LTE 대역인 0.70 GHz의 낮은 대역에서도 동작이 가능하고, 측정결과 VSWR < 2(≤-10 dB)을 기준으로 모든 주파수 대역특성을 만족하였다. 낮은 주파수 대역에서는 LTE / GSM(0.746 ~ 0.96 GHz)대역을 만족시켰으며, 높은 주파수대역에서는 DCS / PCS / WCDMA (1.710 ~ 2.170 GHz)대역을 확보하였다. 제안된 다중대역 안테나는 낮은 주파수 대역

에서 0.93 ~ 2.6 dBi의 이득과 49.60 ~ 85.02 %의 방사효율 특성을 보이고, 높은 주파수대역에서는 3.0 ~ 5.59 dBi의 이득과 60.40 ~ 80.01 %의 방사효율 특성을 보였다. 또한 전 대역 H-plane에서 전방향성 방사특성을 나타내었다. 따라서 본 논문에서 제안한 다중대역 안테나는 현재 양산되고 있는 이동통신 단말기용 안테나에 비해 모든 대역에서 우수한 특성을 가짐을 확인하였다.

본 논문에서 제안된 안테나는 4세대 모바일 단말기뿐만 아니라 향후 개발하고 있는 B4G용 안테나로 적용 가능 할 것으로 판단된다.

References

- [1] C. Delaveaud, P. Leveque, and B. Jecko, "Small sized low-profile antenna to replace monopole antennas," *Electronics Lett.*, vol. 34, no. 8, July 1998.
- [2] Michail Tzortzakakis, Member, and Richard J. Langley, "Quad-Band Internal Mobile Phone Antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, NO. 7, July 2007.
- [3] A. Ghosh, W. Xiao, R. Ratasuk, A. Rottinghaus, and B. Classon, "Multi-antenna system design for 3GPP LTE," *IEEE ISWCS*, October 2008.
- [4] Sun-gook Hwang, Cheol Yoon, Chan-sub Park, Hyo-dal Park, "A Reconfigurable Antenna for Mobile Handset Using RF Switch" *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 13, NO. 5, October 2014.
- [5] R. A. Bhatti, Y. T. Im, and S. O. Park, "Compact PIFA for mobile terminals supporting multiple cellular and non-cellular standards," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol 57(9), pp. 2534-2540, July 2009.
- [6] H. Rhyu, C. Jung, J. Byun, M. Park, Y. Chung, T. Kim, and B. Lee, "DVB-H antenna design using folder-type chassis and coupling element on a ferrite," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 8, pp. 453-456, June 2009.
- [7] Kin-Lu Wong, Fellow, Wei-Yu Chen, and Ting-Wei Kang, "On-Board Printed Coupled-Fed Loop Antenna in Close Proximity to the Surrounding Ground Plane for Penta-Band WWAN Mobile Phone," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 59, NO. 3, March 2011.
- [8] Risto Valkonen, Mikko Kaltiokallio, "Capacitive Coupling Element Antennas for Multi-Standard Mobile Handsets," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, NO. 5, March 2013.

저자약력

왕 정(Cheng WANG)

[정회원]



- 2013년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 (석사과정)

<관심분야> RF 통신, 안테나

윤 인 섭(In-seop YOON) [정회원]



- 2011년 2월 : 한국산업기술대학교 전자공학과 (학사)
- 2013년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 (박사과정)

<관심분야> RF Circuit, Antenna, Radar System

박 효 달(Hyo-Dal PARK) [정회원]



- 1978년 2월 : 인하대학교 전자공학과(학사)
- 1984년 6월 : (불)국립항공우주대학 전자공학과(석사)
- 1987년 7월 : (불)국립항공우주대학 전자공학과(박사)
- 1992년~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 교수

<관심분야> RF 통신, 안테나, 항공관제 시스템

황 선 국(Sun-gook HWANG) [정회원]



- 2008년 2월 : 선문대학교 전자공학과 (학사)
- 2008년 3월~2011년 8월 : (주)한국오픈전장 연구원
- 2013년 8월 : 인하대학교 전자공학과 (석사)
- 2013년 9월~현재 : 인하대학교 전자공학과 (박사과정)

<관심분야> RF 통신, 안테나, MIMO 시스템

염 효 가(Xiaojia YAN) [정회원]



- 2013년 2월 : 초당대학교 정보통신공학과 (학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 (석사과정)

<관심분야> 정보통신, MIMO 안테나