

WLAN대역의 듀얼 역-F형 내부 안테나 설계에 관한 연구

A study on the design of an Dual Inverted-F Internal Antenna for the WLAN's Band

姜 廷 震*, 康 徐**, 鄭 成 一***, 金 完 植**, 李 鍾 岳**

Jeong Jin Kang*, Seo Kang **, Seung Il Jeung***, Wan Sik Kim**
, Jong Arc Lee*****

요 약

본 논문에서는 2.4GHz와 5.8GHz 대역의 무선 랜카드에 사용되는 듀얼 역-F형 내부 안테나의 설계 값에 따른 안테나 특성을 분석하였다. 노트북용 WLAN card의 PCB 기판에 인쇄된 형태로 설계하여 안테나의 길이, 단락 스텐브의 두께, 피드선과 단락 스텐브 사이의 간격, 안테나와 접지면 사이의 간격, 안테나의 두께 및 기판의 두께와 기판의 유전율에 따른 특성 변화를 연구하였다. 설계 값에 따른 특성변화 그래프로부터 설계 값을 튜닝하여 최적의 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 VSWR이 1.6과 1.14이며, 주파수 대역폭은 170MHz와 500MHz이며, 최대이득 3.5dBi 의 값을 얻었다.

Abstract

In this thesis, the characteristics of an inverted-F antenna for the 2.4GHz and 5.8GHz wireless local area network(WLAN) have been analysed in terms of the variation of design parameters. The antenna can be integrated on WLAN for notebook printed circuit board, and the characteristics in terms of the variation of the gap between feed line and shorting stub, gap between antenna's leg and ground plane, antenna leg's width, substrate's height and dielectric constant are analysed. By using these characterization plot of design parameter, the tuning techniques are proposed to design optimum antenna. The designed antenna has 170MHz, 500MHz frequency bandwidth ,VSWR is 1.6, 1.14 and 3.5dBi gain.

keyword : w-lan, inverted-f antenna

1. 서론

* 東서울大學 情報通信科

(Dept. of IT, Dongseoul Callage)

** 建國大學校 電子情報通信工學部

(Dept of EE, and Computer Science, konkuk Univ.)

*** 안소프트 코리아 (AhnSoft Korea)

接受日:2003年 8月 17日, 修正完了日:2003年 12月 6日

최근 2.4GHz ISM 주파수 대역을 이용하는 근거리 무선 통신 시스템으로 블루투스 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되어지고 있으며 그 와 더불어 이동이 자유로운 컴퓨터 사용의 증가와 높은 전송속도에 대한 요구로 Wireless-LAN의 주파수 대역이 5GHz대역으로 높아가고 있다. 이는 데이터와 음성을 동시에 이동

환경 하에서 주고받을 수 있어야 하며 적은 비용으로 구현이 가능하여야 한다. 무선 랜카드에 장착되는 안테나는 적은 비용과 이동 환경의 시스템에 장착되므로 안테나는 소형이어야 하며, 비교적 넓은 빔폭의 복사 패턴을 가져야 한다. 본 안테나는 내부에 실장되는 형태로 또는 PCB 접지면에 인쇄된 형태로 구성되고 있다[1-3]. 또한 무선 랜카드는 이동성이 강조되는 노트북에 주로 설치되고, 노트북의 구조적 특성상 평판형 인쇄 안테나가 널리 사용되는 추세이므로 PDA 등의 접지면에 내장될 수 있는 듀얼 역 F 형 안테나의 특성에 대해 해석하고 이를 개선하는 방안에 대하여 연구하였다. 역-F 형 안테나는 내부에 장착이 가능하며 특히 그림 1과 같이 노트북용 무선랜카드 등의 단말기 기판상의 접지면에 인쇄된 형태로 구현하면 비용 및 차지하는 공간을 대폭 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 기판상의 인덕티브 튜닝 스테르브를 이용하여 안테나의 정합이 용이하게 된다. 또한 보드의 접지면을 이용함으로써 대역폭 및 이득을 보다 개선할 수 있게 된다[4-6]. 본 연구에서는 우선 기존의 안테나에 대한 분석을 위해 FEM(Finite Element Method)방식을 사용하는 필드 해석 프로그램인 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structure Simulation)를 이용하여 기존의 2.4GHz대역과 5.8GHz대역에서 동시에 같이 사용할 수 있도록 이중대역을 갖는 구조의 안테나를 설계하였고 W-LAN의 두 주파수 대역(2.4~2.5GHz, 5.725~5.85GHz)에서 설계조건을 만족시켰다.

II. 역-F형 안테나의 특성분석 및 최적화

안테나 구조는 프린트형태의 다이폴, 마이크로스트립 패치, 세라믹 칩 등의 형태로 설계할 수 있다. 프린트형태의 다이폴은 복사패턴은 좋지만 크기가 커지는 단점이 있고, 세라믹 칩 안테나는 효율에 비해 단가가 비싸고, 마이크로스트립 패치는 적은 비용과 원하는 복사패턴을 얻을 수 있지만, 대역폭이 좁은 단점이 있다. 역-F형 안테나는 정합이 용이하고 PCB에 인쇄함으로써 적은 비용으로 구현이 가능하고 효율, 대역폭 및 복사 패턴이 좋은 장점이 있다.

역-F형 안테나는 모노폴 안테나의 변형된 형태이며 구조는 안테나 다리 부분과 접지면이 평행하게 포개져 있다. 안테나 다리와 접지면 사이의 간격을 조정하여 입력 임피던스의 리액턴스 성분을 조정할 수 있으며

단락 스테르브를 이용하여 이 값을 보상할 수 있다. 그러므로 역-F 안테나에서는 안테나 다리와 접지면 사이의 간격, 단락 스테르브의 간격 등이 정합을 하는데 중요한 변수가 된다[7-8].



그림 1. 역-F형 안테나의 HFSS 해석 모델

Fig 1. The HFSS analysis model of dual inverted-F type antenna.

1. 설계 파라미터에 따른 역-F형 안테나의 특성 결과 분석

역-F형 안테나 설계시 안테나 특성 값은 여러 안테나 디멘전 값의 변화에 의해 최적화할 수 있다. 이중 PCB 기판의 크기는 40*80*1로 고정시켜 변화할 수 있는 값은 그림 2-2에서 안테나 다리의 길이 l과 두께 w2, 단락 스테르브의 두께 w1, 피드 라인과 단락 스테르브 사이의 간격 s, 안테나 다리와 접지면 사이의 간격 h, 그리고 PCB의 두께와 PCB 기판의 유전율 등이다. 이들 각각의 파라미터의 변화에 대한 안테나 파라미터의 변화를 분석하여 2.4GHz를 만족하는 안테나 구조를 설계하였다. 초기의 안테나 설계 값이 그림 2에 나타내어진다. 안테나의 설계 파라미터 중 단락 스테르브와 피드선 사이의 간격 s 변화에 따른 주파수 2 ~ 2.9GHz 대역을 sweep했을 때, 해석한 반사계수 이동을 S11으로 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서 피드선과 단락 스테르브 사이의 간격 s를 0.5mm~4.5mm로 변화시키는 경우 반사계수로부터 s 값이 반사계수에 민감하게 영향을 미침을 알 수 있다. 즉 단락 스테르브와 피드선의 간격은 입력 임피던스의 실수부 값과 허수부 값을 동시에 변화시킴을 알 수 있다

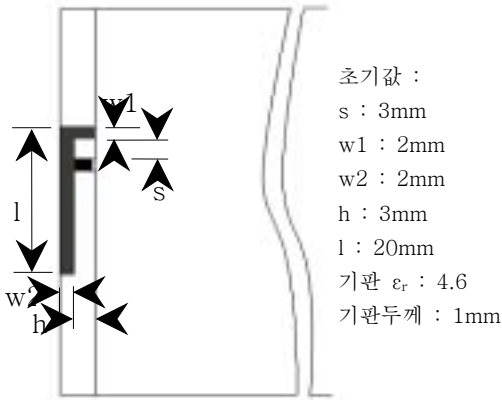


그림 2. PCB기판에 인쇄된 역-F형 안테나의 설계 파라미터
 Fig 2. Design parameters for an inverted-F type antenna on PCB.

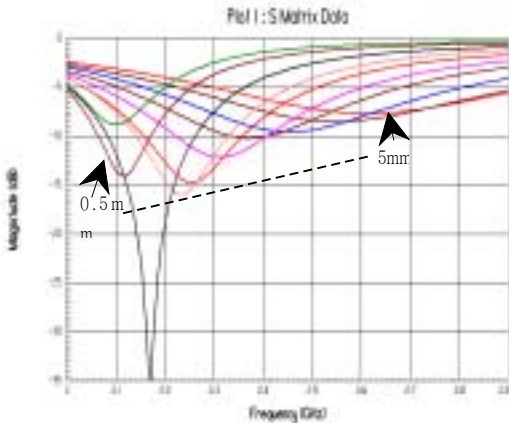


그림 3. 피드선과 단락핀 사이의 간격 s 의 변화에 따른 S_{11} 변화
 Fig 3. The variation of S_{11} in terms of the gap between feed line and short stub.

단락 스템브의 두께 $w1$ 의 변화에 대한 입력 반사계수 변화의 두께 $w1$ 을 2.5mm 에서 5.5mm 로 변화시켰을 때 반사계수의 변화는 별 차이가 없음을 알 수 있었으며, 안테나 다리와 그라운드면 사이의 간격 h 를 3.25mm 에서 5.5mm 까지 변화시킨 경우 입력 반사계수는 주로 리액턴스 값이 인덕턴스 쪽으로 이동해 감을 그림 4에서 알 수 있었다. 즉 안테나와 그라운드의 간격이 멀어짐으로서 캐패시티브 성분이 작아짐을 알 수 있다. 이로부터 h 의 값은 안테나의 입력 임피던스 정

합에 중요한 변수가 됨을 보여준다. 안테나 다리의 길이 l 값의 변화에 대해서는 거의 공진 주파수에만 영향을 줌을 그림 5의 그래프에서 보여준다.

안테나 다리의 두께 $w2$ 를 0.75mm 에서 3.75mm 까지 변화시켰을 때 입력 반사계수는 그림 4에 서와 마찬가지로 캐패시턴스 성분이 감소하는 것을 볼 수 있어서, 안테나 다리의 두께도 입력 임피던스를 변화시킬 수 있었다.

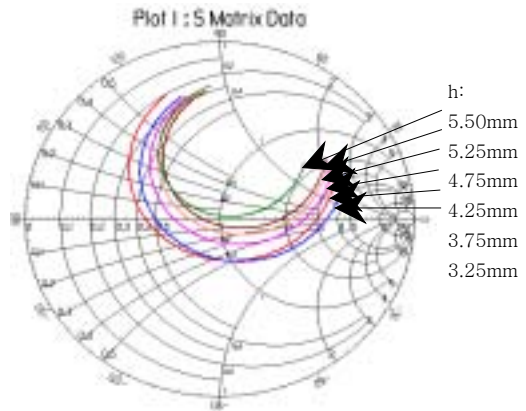


그림 4. 안테나 다리와 접지면 사이의 간격 h 의 변화에 따른 반사계수 변화
 Fig 4. The variation of reflection coefficients in terms of the gap between antenna leg and ground plane



그림 5. 안테나 다리 길이 l 의 변화에 따른 S_{11} 변화
 Fig 5. The variation of S_{11} in terms of the antenna leg's length (l)

2. 안테나 튜닝 기법에 의한 최적화

안테나 설계 파라미터들에 대한 안테나 파라미터 특성의 그래프들로부터 최적화된 역-F형 안테나를 설계할 수 있다. 설계 파라미터중 입력 임피던스를 크게 변화시키는 변수는 피드라인과 단락 스텐브의 간격, 안테나 다리와 접지면 사이의 간격, 안테나 다리의 두께 순서임을 알 수 있다. 또한 안테나 다리의 길이는 공진 주파수를 변화시켜줄 수 있다. 그러므로 역-F형 안테나 설계시 원하는 주파수 대역에서 정합이 완전히 되는 설계 값들을 찾는데 이들 그래프를 이용하면 최적화된 안테나를 구현할 수 있다. 첫 번째로 입력 임피던스에 가장 영향을 미치는 s값을 조정하여 입력 임피던스를 어느 정도 정합이 용이한 쪽으로 이동시킨다. 그리고 두 번째로 안테나 다리와 접지면 사이의 간격 h를 조정하여 완전히 정합된 점이 존재하도록 입력 반사계수 플롯을 이동시킨다. 마지막으로 안테나 다리의 길이를 조정하여 원하는 주파수에서 정합이 되도록 입력 반사계수 플롯을 이동시킨다.

튜닝 방법에 의해 최적화된 역-F 안테나의 최종 설계 값들이 그림 6 보인다. h의 값을 늘리기 위해 그라운드면에 그림과 같이 홈을 파서 간격을 넓게 하였다.

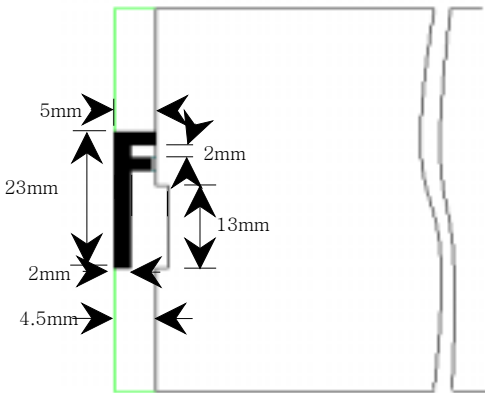


그림 6. 설계된 역-F 안테나의 디멘전

Fig 6. Dimension of the designed inverted-F antenna.

최적화된 안테나의 S11값은 그림 7에 보여진다. 이로부터 S11이 -15dB 이하가 되는 주파수 대역폭은 6.3%정도가 됨을 알 수 있으며, 2.4GHz에서는 완전히 정합이 됨을 알 수 있다.

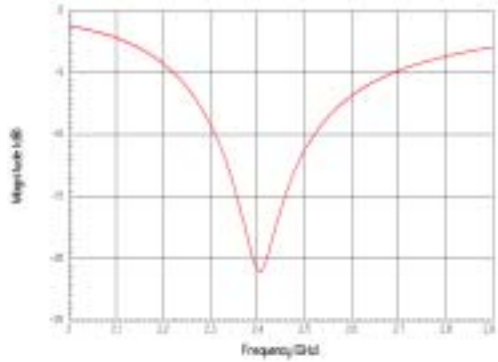


그림 7. 설계된 역-F 안테나의 주파수에 따른 S11

Fig 7. The S11 of designed inverted-F antenna.

III. 듀얼 공진 역 F-안테나 설계

본 논문에서는 2.4GHz대역 역F형 안테나의 구조에서 5.8GHz의 공진주파수를 갖는 안테나를 다중공진 특성을 일으키는 방법을 역F형 안테나 기본구조에 적용하였다. open stub를 추가하여 5.8GHz공진을 만들어 냈다. 2.4GHz 대역 기본 파라미터에서 W3, W5와 S2의 파라메타를 추가하여 본 구조 및 완성된 설계 그림 8을 볼 수 있다. 2.4GHz 기본 역F형 안테나 구조에서 또다른 공진을 일으킬수 있도록 본 논문에서는 open stub를 달아 주었다. 이를 최적화 하기 위하여 L,W3,W5 와 S2 즉, 4개의 파라메타를 중점적으로 tuning을 하였다. 우선 W5의 길이를 1.5mm~2.7mm로 변화를 주어 보았다. 그림 9 에 보이는 것처럼 2.7mm에서 근접한 공진을 보여 6.6GHz 의 공진포인트를 낮추는 방향으로 W3와 S2의 변화를 그려 보았다. S2 간격을 2.6mm~3.5mm으로 실험하여 S11의 대한 변화의 결과를 그림 10에 보였다. 규칙적이지 않은 것으로 보아 2.4GHz 역-F 안테나에 대한 길이에 민감함을 알 수 있었다.

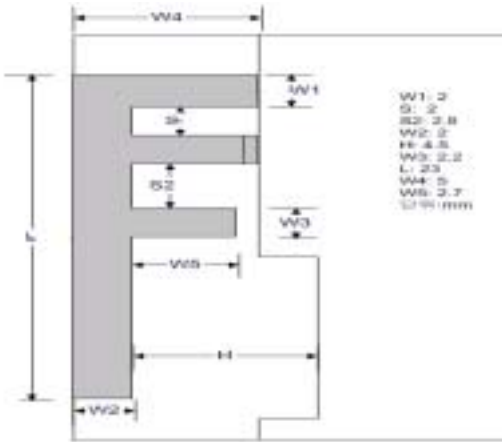


그림 8. 설계된 듀얼 안테나 구조 및 디멘전

Fig 8. Structure of the designed dual inverted-F antenna and dimension

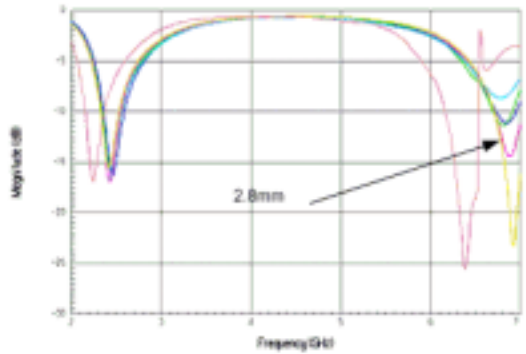


그림 10. S2 길이의 변화에 대한 S11

Fig 10. The variation of S11 in terms of the antenna leg's length (S2)

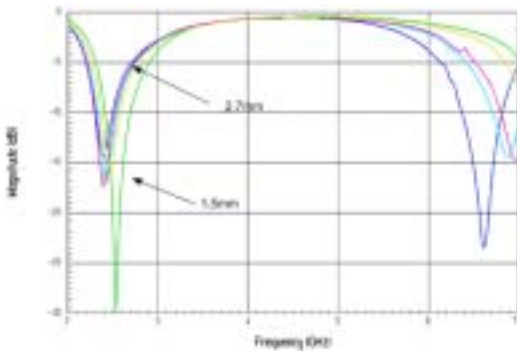


그림 9. W5 길이에 따른 S11의 변화

Fig 9. The variation of S11 in terms of the antenna leg's length (W5)

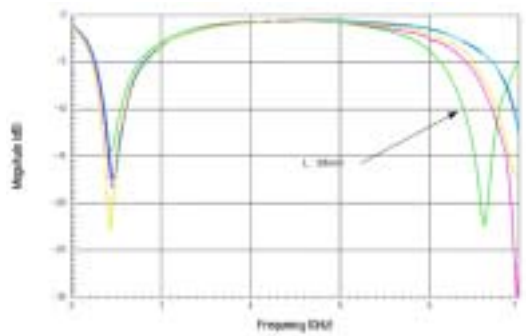


그림 11. L2 길이의 변화에 대한 S11

Fig 11. The variation of S11 in terms of the antenna leg's length (L2)

S2의 2.87mm 길이와 W5의 1.5mm에서 L의 길이 20mm~28mm 변화를 주어 실험한 결과를 그림 11에 보였다. 전체길이 L의 변화는 open stub에 많은 영향을 주는 것으로 볼 수 있다. 그래서 L값과 S2와 W5를 동시에 변화를 주면서 2개의 공진포인트를 동시에 잡아야 함을 알 수있다.

open stub의 W5의 변화는 2.4GHz의 공진포인트를 많이 쉬프트 시키며 S2의 변화는 S11을 나쁘게 하는 것을 알수 있었다. open stub의 0.1mm의 변화에도 특성이 많이 변하여 조금 더 많은 튜닝을 하여 그림12을 얻었다. 2.45GHz에서 중심주파수에서 170MHz대역폭과 1.6의 정제파비를 얻었으며, 5.8GHz에서 510MHz의 대역폭과 1.1의 정제파비를 얻었으며, 최대이득 3.5dBi를 얻었다.

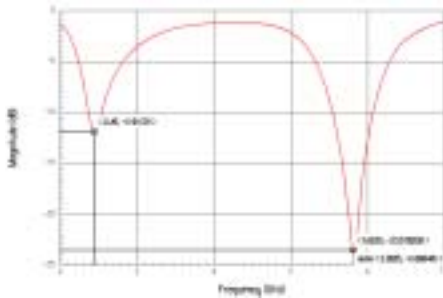


그림 12. 설계된 듀얼 역-F 안테나의 주파수에 따른 S11
 Fig 12. The variation of S11 in terms of designed dual inverted-F antenna.

Antenna Gain Pattern (dBi) vs Theta of 2.450 MHz, surface = faces3

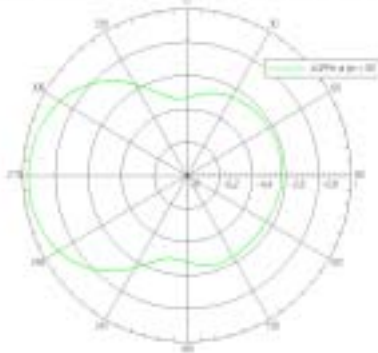


그림 13. 2.45GHz theta 이득 패턴
 Fig 13. theta gain pattern of 2.45GHz

Antenna Gain Pattern (dBi) vs Theta of 5.800 MHz, surface = faces3

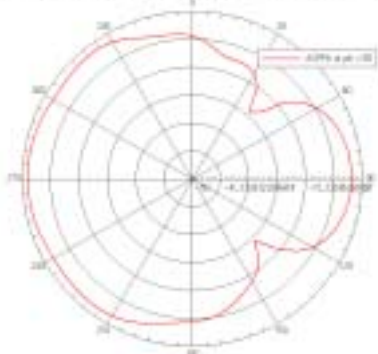


그림 14. 5.8GHz theta 이득 패턴
 Fig 14. theta gain pattern of 5.8GHz

IV. 결론

본 연구를 통하여 2.45GHz와 5.8GHz 대역의 근거리 무선 통신 시스템에 사용할 수 있는 듀얼 역-F형 내장 안테나의 설계 값들에 대한 안테나 특성을 분석하였다[10]. 설계된 안테나는 VSWR이 1.6과 1.14이며, 주파수 대역폭은 170MHz와 500MHz 이며, 최대이득 3.5dBi 의 값을 얻었다. 5.8GHz대역에선 아주좋은 정재파 비와 넓은 대역폭을 얻었다. 본 안테나의 특징은 접지면상에 실장하는 형태로 안테나를 구현함은 물론, 아주 간단한 구조로 인하여 전체 시스템의 크기 및 비용을 감소시킬 수 있다. 설계된 안테나는 적은 전력으로 필요로 하는 무선 송수신 성능을 얻을 수 있으므로 블루투스 시스템 및 무선 랜 노트북 등에 폭 넓게 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[12] Harsten, Jaap C. "The Bluetooth Radio System" IEEE Personal Communications, Feb. 2000.
 [2] Specification of the Bluetooth System, Version 1.1, February, 2001.
 [3] Behzad Razavi, "RF Microelectronics", Prentice Hall, pp48-50, 1998.
 [4] M. Ali and Gerard J. H., "Analysis of Integrated Inverted-F Antennas for Bluetooth Applications", Ericsson Inc.
 [5] Marshall Wang, "Design Consideration for Low Cost Bluetooth Transceiver/Modem", Bridging the Gap with Bluetooth, IEEE MTT Santa Clara Valley Chapter Workshop, April, 2001.
 [6] M. Ali, R. A. Sadler, and G. J. Hayes, "A Uniquely Packaged Internal Inverted-F Antenna for Bluetooth or Wireless LAN Application", IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters. vol. 1. No. 1, 2002.
 [7] Arfwedson, Sneddon, "Ericsson's Bluetooth Modules", Ericsson Review No. 4, 1999.
 [8] C. Soras, M. Karaboikis, G. Tsachtsiris, and V. Makios, "Analysis and Design of an Inverted-F Antenna Printed on a PCMCIA Card for the 2.4GHz ISM Band", IEEE Antenna's and Propagation

Magazine, vol. 44. No. 1, Feb. 2002.

[9] Constantine A. Balanis ,Antenna Theory-Analysis and Design, Wiley.

[10] Kin-Lu Wong, "Planar antennas for wireless communicaions",Wiley.

[11] 강정진, "무선랜 듀얼밴드 칩 안테나 개발", 정보통신진흥연구원 2002년도 2차 정보통신산업기술개발사업과제 최종위탁보고서, Oct. 2003.

저 자 소 개

姜廷震(正會員)



1991년 2월 건국대학교 대학원 전자공학과(공학박사), 1991년 3월 ~ 2003년 현재 동서울대학 정보통신과 교수
주관심분야 : Antenna, Power Amplifier, RFIC

康 徐 (學生會員)

2002년 2월 원광대학교 전자공학과 학사, 2003년 건국대학교 대학원 석사과정. 2003년10월~현재 마이크로패이스 근무

주관심분야 : 안테나, 마이크로파 회로

鄭 成 一 (正會員)



1994년2월 건국대 물리학과 졸업
1996년2월 건국대 전자 정보 통신 공학과 석사 졸업. 2003년2월 : 건국대 전자정보통신공학과 박사 졸업(공학박사) 1999년7월~ 현재 안소프트 코리아 근무
주관심분야: Power Amplifier,

Antenna, RFIC

金 完 植(正會員)



1991년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사). 1993년 2월: 건국대학교 전자공학과(공학석사). 2002년 3월~현재: 건국대학교 전자. 정보통신공학과 박사과정. 1992년~2002년: 대우전자 선임연구원. 2002년~현재: 고등기술연구원 선임연구원

임연구원

주 관심분야 : 밀리미터파 시스템, 레이다 및 MMIC

李 鍾 岳 (正會員)



1966년 한양대학교 전기과 공학사. 1970년 연세대학교 전기과 공학석사.1974년 연세대학교 전기과 공학박사. 1976년~현재 건국대학교 전자정보통신공학과 교수

주관심분야 : Power Amplifier, Antenna, RFIC