

블루투스용 초소형 안테나

(A Subminiature Antenna for Bluetooth Applications)

박명실*, 렌춘*, 방재훈*, 안병철*

(Myoung-Shil Park, Ren Chun, Jai-Hoon Bang, Bierng-Chearl Ahn)

요약 본 논문에서는 블루투스용 초소형 PCB 일체형 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 인쇄형 역 F 안테나의 공진부 선로를 미앤더 형태로 변형함으로써 크기를 소형화한 구조이다. 안테나의 치수는 널리 사용되는 상용 소프트웨어인 MWSTM를 사용하여 최적화하였다. VSWR 3.5 기준으로 2.38GHz ~ 2.45GHz 범위의 주파수를 만족시켜 3%의 대역폭을 만족하고 중심주파수에서 최대 VSWR 2.4의 값을 가지며 -0.23dBi의 이득 특성을 보였다. 제안된 안테나의 크기는 9.65mm × 5.95mm로서 기존의 인쇄형 역 F 안테나와 비교 할 때 55%의 면적으로 소형화된 것이다.

핵심주제어 : 인쇄형 역F 안테나, 초소형 안테나, 블루투스 안테나

Abstract In this paper, a miniaturized PCB-integrated antenna is proposed for bluetooth applications. The proposed antenna is a modified form of the printed inverted F antenna where the size reduction is achieved by employing the meander strip for the resonant length part of the radiator. The antenna dimension is optimized using the commercial electromagnetic software MWSTM. The designed antenna is fabricated by the standard photo-etching technique and its performance is measured. The fabricated antenna shows a bandwidth of 125MHz centered at 2.45GHz and a gain of -0.23dBi. The size of the proposed antenna is 9.65mm×5.95mm corresponding to the 55 percent of the area of the existing printed inverted F antenna.

Key Words : Inverted F Antenna, Bluetooth, Subminiature Antenna

1. 서론

오늘날 다양한 무선통신이 발달하면서 무선 LAN, 블루투스 등 이동통신 및 무선통신에 있어 다양한 근거리 무선 접속기술이 활발히 연구되고 있다. 특히 블루투스는 2.4GHz 주파수 대역을 이용하여 근거리 무선접속을 구현하기 위한 무선 인터페이스 규격으로서 응용 분야 및 사용 용도가 다양하다. 2.4GHz 주파수 대역은 ISM 주파수 대역으로 국가 인증만 있으면 누구나 사용 가능하므로 좁은 공간에서의 무선접속을 구현하기에 적합하다. 또한 블루투스 시스템은 작고, 저렴하며 저 소비 전력을 추구하는 시스템으로 이상의 특징을

갖는 시스템의 구현에 적합하여 일반 컴퓨터를 위한 정보기기, 휴대전화 주변기기 등의 응용분야 외에도 다양한 응용방향에 대하여 주목을 받고 있다.

무선통신에 사용되는 단말기의 소형화에 있어 안테나는 비교적 성형이 용이한 부분으로 최근에는 단말기 내부에 장착되는 내장형 안테나에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중 블루투스용 내장형 안테나에 관한 연구는 인쇄형 역 F 안테나, 평판형 역 F 안테나, 그리고 칩 안테나에 관한 연구가 주로 이루어져 왔으며 이 중 인쇄형 역 F 안테나는 블루투스 모듈에 내장이 가능하고 제조 공정이 비교적 간단하여 저가 시스템을 지향하는 블루투스 시스템에 적합하다. 인쇄형 역 F 안테나의 소형화에 관한 다양한 연구가 진행되어 왔으며

* 충북대학교 전파공학과

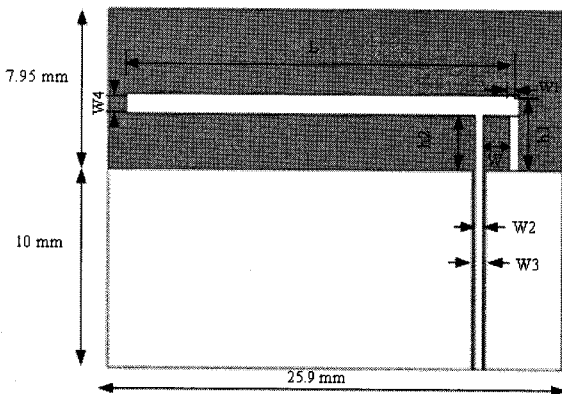
대부분 기본 역 F 안테나의 형태를 구부리거나 변형시킨 형태가 제시되고 있다[1]-[6]. 본 논문에서는 블루투스 헤드셋을 비롯해 최근 점점 소형화되고 있는 단말기의 크기를 고려해 안테나의 크기를 최소화 하는데 중점을 두었다.

안테나 소형화 기법으로는 인쇄형 역 F형 안테나의 구조를 토대로 미앤더 선로 형태로 변형하는 방법을 사용하였다. 미앤더 선로는 안테나 도선을 구부려 접어서 크랭크 모양으로 만든 것으로 안테나의 길이, 폭, 접어진 단수, 도선의 폭, 도선의 간격 등에 의하여 안테나의 파라미터가 결정된다. 이 안테나의 특징은 공진에 필요한 안테나의 실장면적을 작게 할 수 있다는 점이다. 그리고 급전부와 단락부의 위치 조정 및 공진주파수와 복사구조에 관한 변수 조정을 통해 안테나를 최적 설계하였다. 제안된 안테나는 기판 인쇄형 안테나로서 변형된 역 F형 구조로 설계되었다. 본 논문에 있어 안테나의 특성 해석에는 상용 시뮬레이션 툴인 CST社의 MWS를 사용하였으며 제작된 안테나는 Agilent社의 회로망분석기 8720C를 이용하여 측정하였다.

2. 안테나 소형화 설계

그림 1은 인쇄형 역 F 안테나의 기본적인 형태를 보인 것이다. 역 F 안테나에서 공진주파수는 급전선과 정합부의 상대적인 위치와 전체 안테나의 길이에 따라 조정되며 공진을 위한 안테나 길이는 약 1/4 파장으로 결정된다[7].

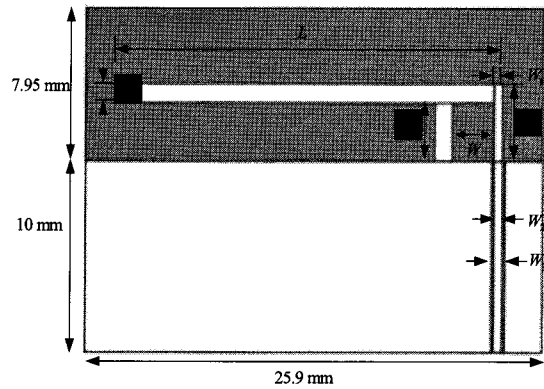
안테나 소형화에 앞서 기본 인쇄형 역 F 안테나의 급전부와 정합부의 위치를 바꾸어 변형된 역 F



<그림 1> 인쇄형 역 F 안테나 구조

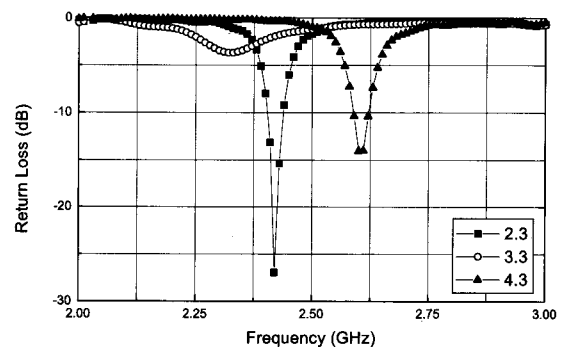
안테나를 설계하고 구조에 따른 변화를 해석하였다. 사용한 기판 FR-4 에폭시 기판으로서 1.2mm의 두께에 비유전율이 4.4이다. 변형된 역 F 안테나의 구조 및 변수를 그림 2에 제시하였다. L , H_1 , H_2 의 길이의 합, 즉 안테나의 길이는 28.5mm로 2.4GHz의 약 1/4 파장의 길이를 갖도록 설정하고 변수에 따른 안테나 특성 변화를 해석하였다.

앞서 언급한 바와 같이 역 F 안테나는 급전선로와 정합선로의 간격(W)과 안테나를 이루는 선로의 전체 길이($L+H_1+H_2$)에 따라 중심주파수가 변한다. 이러한 설계 파라미터에 따른 공진 주파수의 변화 추이를 해석함으로써 안테나 소형화를 위한 구조 및 변수별 최적값을 도출할 수 있다.



<그림 2> 변형된 역 F 안테나 구조

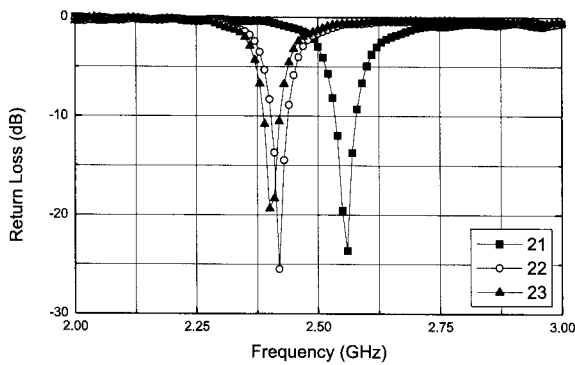
그림 2에 제시한 변수 가운데 급전선로와 정합선로의 간격(W)의 변화에 따른 반사계수 특성 변화는 그림 3과 같다. 이때 다른 변수는 고정시킨 상태에서 W 값의 변화에 따른 반사계수를 나타낸 것이다. 그림 3에서 급전선로와 단락선로의 간격에 따라



<그림 3> 급전선로와 단락선로 사이의 간격 W 값에 따른 반사계수

공진하는 주파수가 달라지는 것을 확인할 수 있으며 이를 통해 W 의 최적 값을 2.3mm로 정하였다.

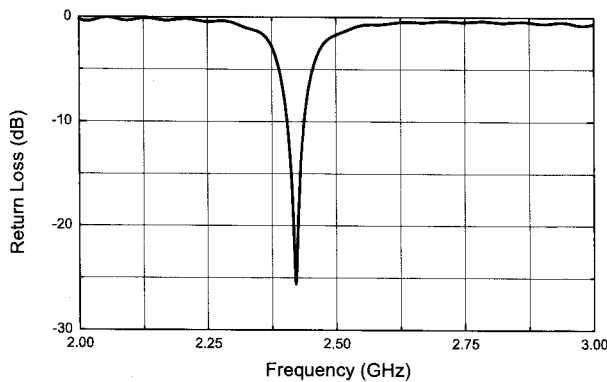
그림 4는 역 F 안테나의 전체 길이의 대부분을 차지하는 변수 L 에 관한 것으로 그 길이가 증가할수록 낮은 주파수 대역에서 공진하는 것을 확인할 수 있다. 역 F 안테나의 반사 계수 특성에 영향을 미치는 주요 변수 도출 후 나머지 변수의 조정을 통해 최적화된 역 F 안테나를 설계하였다. 최적화된 역 F 안테나의 변수값은 표 1과 같고 최적화된 안테나의 반사 계수는 그림 5와 같다.



<그림 4> 안테나 길이 L 값에 따른 반사계수

<표 1> 변형 역 F 안테나의 최적설계 결과.

변수r	값(mm)	변수	값(mm)
L	21.5	W_1	0.5
H_1	4	W_2	0.5
H_2	3	W_3	0.8
W	2.35	W_4	1



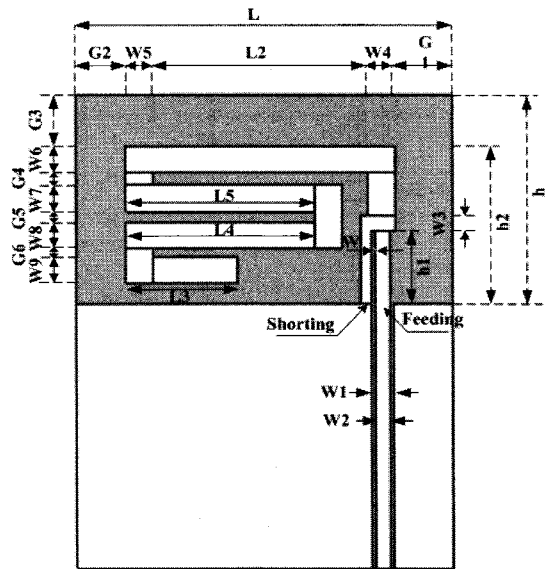
<그림 5> 최적화된 변형 역 F 안테나의 반사계수

설계된 변형 역 F 안테나의 크기는 22 mm ×

4mm로 근거리 통신임을 감안할 때 -5dB 기준 대역폭은 2.38-2.45 GHz로서 약 70MHz이다.

앞에서 제시한 역 F 안테나 구조를 토대로 안테나 길이 L 부분을 미앤더 선로형태로 변형함으로써 안테나의 크기를 크게 줄였다. 이때, 구조에 따른 변수를 지정하여 각 변수의 변화에 따른 특성 변화의 추이를 해석하고 그 결과를 이용하여 최적화 값을 도출하였다.

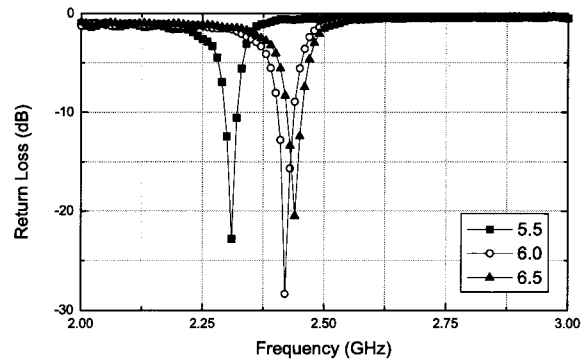
본 논문에서 제시된 초소형 안테나 설계 파라미터는 각 선로의 폭과 길이, 그리고 넓이이다. 그림 6은 초소형 안테나의 구조와 변수를 제시한 것으로 앞에서 최적화 과정을 통해 얻은 W_1 을 제외한 안테나를 이루는 각 선로의 폭이 1 mm, 전체 선로 길이의 합은 1/4 파장의 길이인 약 30mm인 변형된 초소형 역 F 안테나이다. 그림 7은 그림 6에 제시한 초소형 안테나 구조의 각 변수에 따른 반사계수 변화 중 급전선로의 길이에 관한 변수 H_1 의 변화에 따른 반사계수 변화 그래프로 최소 1.75mm에서 3mm 사이에서 공진하며 최적 값은 2.75mm 임을 알 수 있다.



<그림 6> 초소형화된 안테나 구조

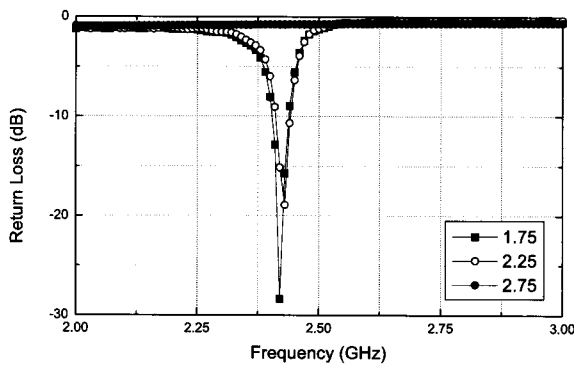
또한 앞에서 나타낸 바와 같이 급전부와 정합부의 간격에 해당하는 W 는 그 값이 커질수록 높은 주파수 대역에서 공진하는 것을 그림 8을 통해 확인할 수 있다. 그림 6에서와 같이 최적 설계된 안

테나의 급전부와 정합부의 간격은 매우 작으며 이는 안테나를 미앤더 선로형태로 변형하기 위해 최소값의 범위 내에서 입력 임피던스와 선로 임피던스를 매칭시키기 위한 변수 조정을 통해 최적값을 정한 것이다. 그림 9는 그림 6에 나타낸 변수 h_2 에 따른 반사계수로서 6mm 일 때 가장 양호한 반사계수 특성을 보이며 길이가 길어짐에 따라 공진 주파수가 올라가는 것을 알 수 있다. 기본 역 F 구조에서 안테나 스트립라인을 구부려 소형화하였을 때 안테나의 물리적 면적은 작아지나 전기적 길이는 같게 함으로써 스트립 선로의 길어질수록 파장이 길어져 공진주파수가 낮은 주파수 대역으로 이동한다는 기본 이론을 적용할 수 있다.

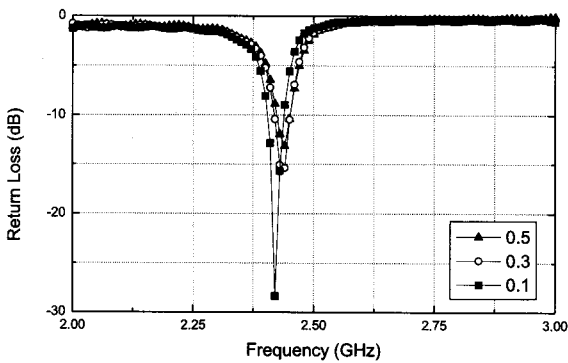


<그림 9> 설계변수 h_2 에 따른 반사계수

그림 12는 G_2 의 변화에 따른 반사계수 변화를 나타낸 것이며 길이가 증가할수록 공진주파수는 낮아지는 것을 알 수 있다. 그림 13은 G_4 의 변화에 따른 반사계수 변화를 나타낸 것으로 그 폭이 넓어질수록 공진주파수가 높은 주파수 대역으로 이동하는 것을 확인할 수 있으며 작은 값의 변화에도 반사계수 특성의 변화는 매우 큰 것을 알 수 있다.

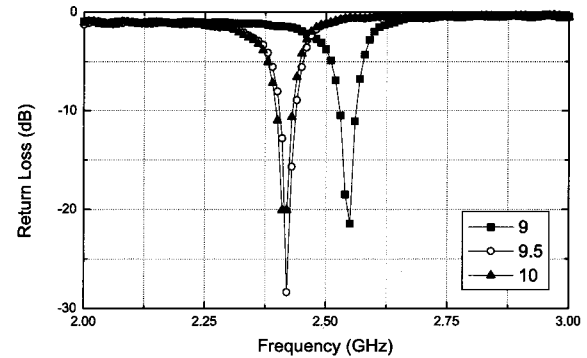


<그림 7> 설계변수 h_1 에 따른 반사계수

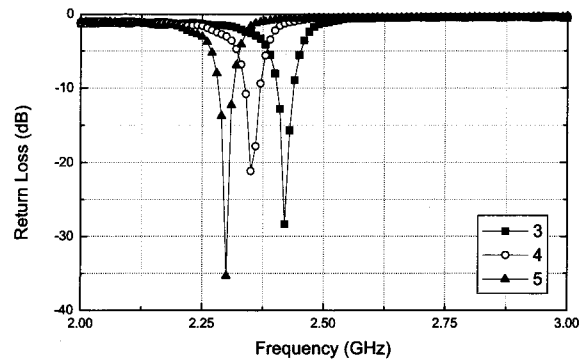


<그림 8> 설계변수 W 에 따른 반사계수

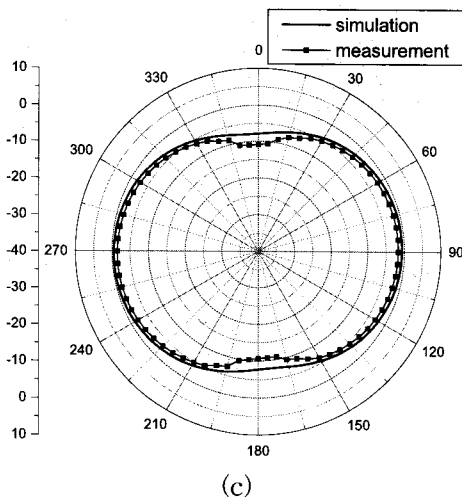
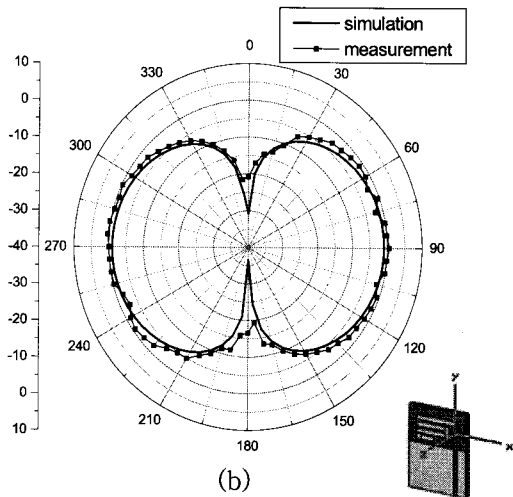
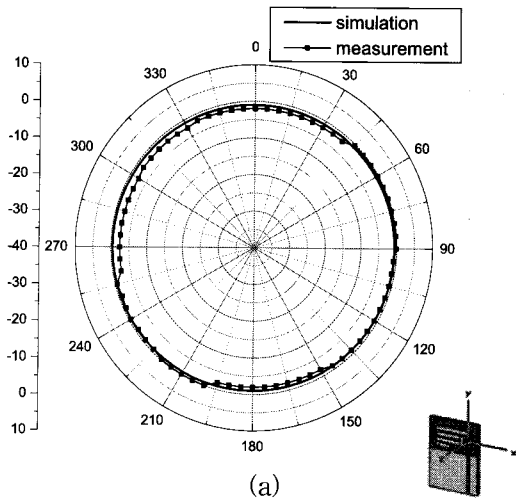
그림 10의 L_2 와 그림 11의 L_3 는 안테나의 총 길이에 따른 반사계수 특성 변화를 가장 잘 나타내 주는 변수로서 그 값이 작아질수록 높은 주파수 대역에서 공진하는 특성을 확인할 수 있으며 이를 통해 공진주파수에 따른 최적값을 도출할 수 있다.



<그림 10> 설계변수 L_2 에 따른 반사계수



<그림 11> 설계변수 L_3 에 따른 반사계수



<그림 17> 제작된 안테나의 방사패턴 (2.45GHz)
 (a) xy 평면상의 G_{θ} , (b) zx 평면상의 G_{θ} ,
 (c) zy 평면상의 G_{θ}

-0.23dBi이며 이는 시뮬레이션 이득 값인 -0.45dBi와 거의 비슷한 값을 가지며 전 방향에서 수신 가능한 준 등방성 패턴을 보이는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 크기가 매우 작고 제작이 용이하며 구조가 간단한 블루투스용 초소형 안테나를 설계하고 제작하였다. 인쇄형 역 F형 안테나의 설계 방법에 따라 고려해야 할 각각의 변수에 대한 안테나의 특성 변화를 분석하고 최적화 과정을 통해 안테나를 설계한 후 제작 및 측정을 통해 이론치와 비교하여 정확성을 검증하였다.

제안된 안테나는 9.65mm×5.95mm의 크기를 가지는 초소형 인쇄형 역 F안테나로서 기존 안테나의 크기인 17.3mm×6mm의 55% 이하로 축소하였으며 VSWR 3.5 기준으로 2.38GHz -2.45GHz 범위의 주파수를 만족시켜 3%의 대역폭을 만족하고 중심주파수에서 최대 VSWR 2.4의 값을 갖는다. 안테나의 방사 패턴은 전 방향에서 수신 가능한 준 등방성 패턴을 보이며 중심 주파수인 2.45GHz에서 최대 이득은 -0.23 dBi이다. 본 논문에서 제안한 블루투스뿐만 아니라 변수 조정을 통해 다른 주파수 대역의 소형 안테나가 요구되는 분야에 유용하게 사용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] H. Y. David Yang, "Miniaturized printed wire antenna for wireless communications". *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 4, pp. 358-361, 2005.
- [2] M. Z. Azad and M. Ali, "A new class of miniature embedded inverted-F antenna (IFAs) for 2.4 GHz WLAN application". *Antennas and Wireless Propagation*, vol. 54, pp. 2585-2592, 2006.
- [3] G. S. Ghael, Y. M. Moos, and J. S. Lim, "Small printed antennas with a parasitic folded shorted-strip for dual-band WLAN",

APMC 2005 Proceedings, vol. 4, pp. 3-6, 2005.

- [4] C. Soras, M. Karaboikis, G. Tsachtsiris, and V. Makios, "Analysis and design of an inverted-F antenna printed on a PCMCIA card for 2.4GHz ISM band," *IEEE Antennas and Propagat. Mag.*, vol. 44, no. 1, pp. 37-44, Feb. 2002.
- [5] Y. L. Kuo, Y. T. Cheng and K. L. Wong, "Printed inverted-F antennas for applications in wireless communication," *2002 IEEE AP-S Symposium*, pp. 454-457, 2005.
- [6] 김윤미, "블루투스용 PCB 임베디드안테나 설계", *한국산업정보학회 논문지*, vol. 11, no. 5, pp. 98-104, 2006.
- [7] 황재호, "블루투스용 역 F 안테나의 설계", *경주대학교 논문집*, vol. 18, no. 2, pp. 687-696, 2005.



박 명 실 (Myoung-Shil Park)

- 2006년 2월 충북대학교 전기전자학과 (공학사)
- 2006년 3월-현재 충북대학교 전파공학과 석사과정

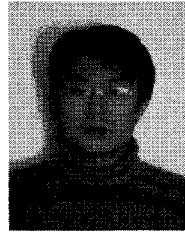
• 관심분야: RF/ 안테나



방 재 훈 (Jai-Hoon Bang)

- 1997년 2월 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 1999년 2월 충북대학교 전파공학과 (석사)

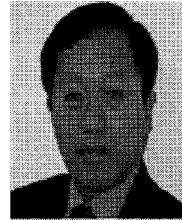
- 2003년 2월 충북대학교 전파공학과 (박사)
- 2003년-2007년 극동정보통신 선임연구원
- 2007년-현재 충북대학교 전기전자공학부 강사
- 관심분야 : 전자파 수치해석, 안테나



렌 춘 (Ren Chun)

- 2006년 7월 Harbin Institute of Technology, Communication Engineering (공학사)
- 2007년 3월 - 현재 충북대학교 전파공학과 석사과정

• 관심분야: RF/ 안테나



안 병 철 (Bierng-Chearl Ahn)

- 1981년 2월 서울대학교 전기공학과 (공학사)
- 1983년 2월 한국과학기술원 전기전자공학과 (석사)

- 1992년 12월 University of Mississippi, 전기전자 공학과 (박사)
- 1983년 ~ 1986년 (주)금성정밀 주임연구원
- 1992년 ~ 1994년 국방과학연구소 선임연구원
- 1995년 ~ 현재 충북대학교 전파공학과 교수
- 관심분야 : 전자파 응용, 안테나