

블루투스용 PCB 임베디드 안테나 설계

(Design of a PCB-Embedded Antenna for Bluetooth Applications)

김윤미*, 박명실*, 정지영*, 정혜미*, 안병철*

(Yun-Mi Kim, Myoung-Shil Park, Ji-Young Chyung, Hae-Mi Jung, Bierng-Cherl Ahn)

요약 본 논문에서는 폴디드 구조를 이용한 블루투스용 PCB 모듈 일체형 초소형 안테나를 제안하고, 시제작 및 측정을 통하여 성능을 확인하였다. 제안된 안테나는 PIFA(Printed Inverted F Antenna)형태로서 급전부와 단락부의 위치 조정으로 임피던스 정합을 최적화 하고 안테나 복사구조를 최적화 하였다. 상용 소프트웨어인 CST 사의 MWS를 사용하여 변형된 역 F 안테나의 구조 변형에 따른 안테나 특성 변화를 분석하였으며 실제 제작품 측정결과와 비교하였다. 최적 설계된 안테나의 크기는 17.3 x 6 x 0.8 mm로서 블루투스 시스템 적용 주파수 대역에서 측정된 반사손실 대역폭은 220 MHz로 비교적 양호한 특성을 나타냈으며 방사패턴은 준 등방성 패턴, 중심주파수에서 이득은 약 -1 dBi로 이러한 결과는 시뮬레이션 데이터와 매우 유사하다. 본 연구결과는 블루투스 시스템에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

핵심주제어 : 블루투스, 안테나, 인쇄형 안테나

Abstract In this paper, proposed a Miniature inverted F Antenna for Bluetooth applications using folded structure and confirm it through producing and measurement. The proposed antenna as PIFA is optimized the impedance matching and the radiation pattern by positioning of feed line and short line. This antenna is designed with Microwave Studio presented CST and the optimized antenna structure is fabricated. The optimized miniature antenna size is 17.3 * 6 * 0.8 mm, the measured return loss bandwidth is 220MHz at 2.45GHz, the radiation pattern is quasi omni, and the gain is -1 dBi. these results are similar to the simulation data. It is comparatively appropriate for Bluetooth system.

Key Words : Antenna, Bluetooth, print, folded.

1. 서론

정보통신 기술의 발달과 더불어 근거리 통신 시장이 급격히 발전하는 가운데 ISM대역 안테나의 기술 개발은 꾸준히 지속되고 있다. ISM대역 활용 분야의 다양화로 단말기 또한 다양화 되었고 점차 넓어지는 통신 시장에서 단말기의 소형화는 경쟁력 있는 기술로서 주목받고 있다. 무선통신에 사용되는 단말기의

소형화에 있어 안테나는 비교적 성형이 용이한 부분으로 최근에는 내장형 안테나 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 중 블루투스에 사용되는 내장형 안테나에 관한 연구는 Printed Inverted F Antenna 와 Planar Inverted F Antenna, 그리고 칩 안테나에 관한 연구가 주로 이루어져 왔으며 이 중 Printed Inverted F Antenna는 블루투스 모듈에 내장이 가능하고 제조 공정이 비교적 간단하여 저가 시스템을 지향하는 블루투스 시스템에 적합한 안테나라고 할

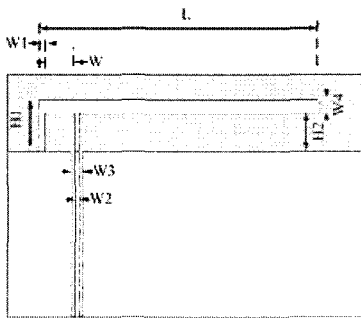
* 충북대학교 전자공학과

수 있다. PIFA의 소형화에 관한 다양한 연구가 진행되어 왔으며 다양한 방법이⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾ 제시되고 있다. 본 논문에서 제시된 안테나는 급전부와 단락부의 위치 조정 및 안테나 공진과 복사구조에 관한 변수 조정을 통하여 최적화 하였다. 제안된 안테나는 기관 인쇄형 안테나로서 변형된 역 F형 구조로 설계 되었다. 제안된 안테나의 설계에 상용 시뮬레이션 툴인 CST MWS를 사용하여 설계하였으며 최적설계 후 제작된 안테나는 Agilent社의 8720C로 측정하였다.

II. Prototype 안테나 설계 및 소형화

2.1 기본 역 F 안테나 설계 및 변수 해석

역 F 안테나에서 공진주파수는 급전선과 단락부의 상대적인 위치와 전체 안테나의 길이에 따라 조정되며 공진을 위한 안테나 길이는 약 1/4 파장으로 결정된다.^[6] 안테나 소형화에 앞서 기본 인쇄형 역 F 안테나를 설계하고 구조에 따른 변화를 해석하였다. 설계된 안테나의 기관은 0.8mm의 두께에 비유전율이 4.4이며 기본 역 F형 안테나의 구조 및 변수를 그림 1에 제시하였다. L과 H1, H2의 길이의 합, 즉 안테나의 길이는 29mm로 2.4GHz의 약 1/4 파장의 길이를 갖도록 기본 안테나를 설정하고 변수에 따른 안테나 특성 변화를 해석하였다.

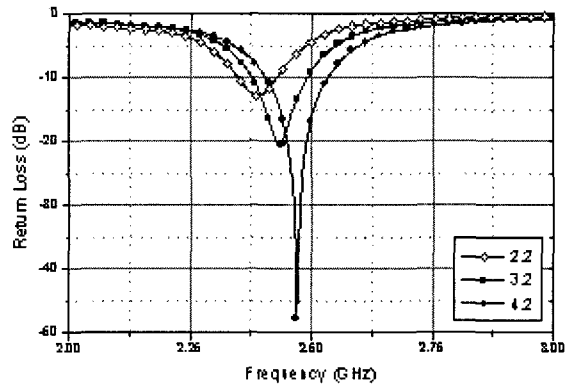


<그림 1> 기본 인쇄형 역 F 안테나의 구조

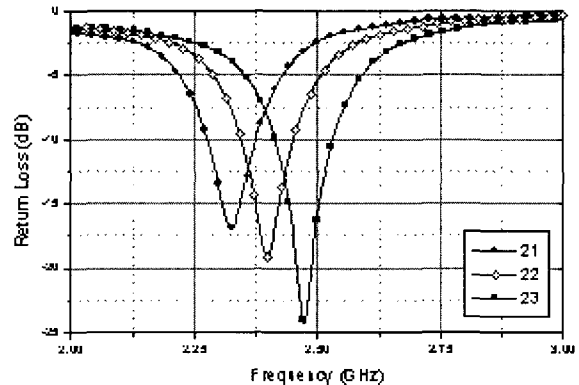
앞서 언급한 바와 같이 역 F 안테나는 급전선로와 단락선로의 폭(W)과 안테나를 이루는 선로의 전체 길이(L+H1+H2)에 따라 중심주파수가 변한다. 이러한 튜닝 포인트에 따른 공진 주파수의 변화추이를 해석함으로써 안테나 소형화를 위한 구조 및 변수별

최적화 값을 도출 할 수 있다.

그림 1에 제시한 변수 가운데 급전선로와 단락선로의 폭(W)의 변화에 따른 반사 손실 특성 변화는 그림 2와 같다. 이때 지정 변수에 따른 특성 파악을 위해 다른 변수는 고정시키고 지정된 변수 값의 변화에 따른 반사손실만 나타냈다. 급전부와 단락부 사이의 폭에 해당하는 W의 변화에 따른 특성 변화는 그림 2에 나타나 있으며 이때 길이가 짧아질수록 낮은 주파수 대역에서 공진하는 것을 확인 할 수 있다.



<그림 2> W변화에 따른 반사손실 특성 변화



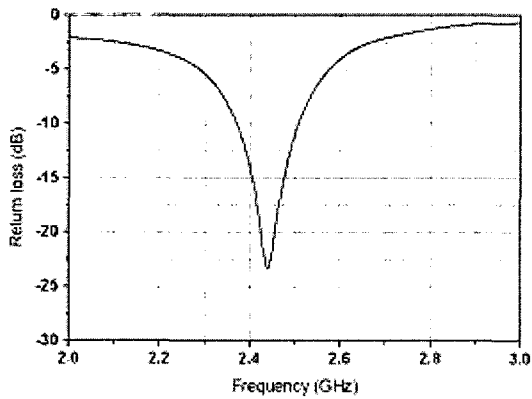
<그림 3> L 변화에 따른 반사손실 변화

그림 3은 기본 인쇄형 역 F 안테나의 전체 길이의 대부분을 차지하는 변수 L에 관한 것으로 그 길이가 증가 할수록 파장이 길어짐에 따라 낮은 주파수 대역에서 공진 하는 것을 확인 할 수 있다. 공진주파수 결정에 영향을 미치는 주요 변수 도출 후 나머지 변수의 미세 조정을 통해 최적화된 기본 역 F 안테나

의 변수 값은 표 1과 같고 이러한 과정을 통해 최적화된 안테나의 반사손실은 그림 4와 같다.

<표 1> 인쇄 형 역 F 안테나의 최적화 변수

변수	값 (mm)	변수	값 (mm)
W	2.35	W1	0.5
W2	0.3	W3	0.9
W4	1	L	22
H1	4	H2	1



<그림 4> 최적화된 인쇄 형 역 F 안테나의 반사 손실

설계된 기본 역 F 안테나의 크기는 27.9 mm x 6 mm로 -10dB 기준으로 사용 주파수 대역은 2.38 ~ 2.5 GHz이며 근거리 통신임을 감안할 때 -5dB 기준 대역폭은 2.3 GHz ~ 2.58 GHz로서 220MHz이다.

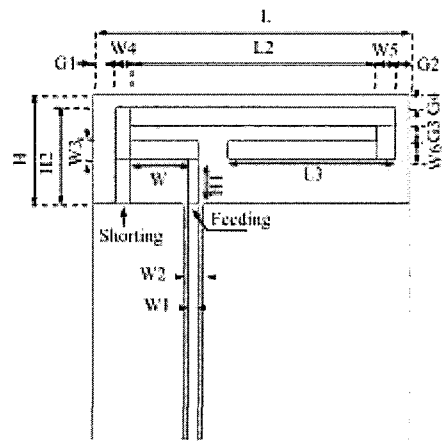
2.2 초소형 안테나 설계

앞 절에 제시한 기본 역 F 안테나 구조를 토대로 아래 그림 5와 같이 구조를 변형시킴으로써 소형화 하였다. 이때, 구조에 따른 변수를 지정 하여 각 변수의 변화에 따른 특성 변화 추이를 해석하고 최적화 하는 과정을 통해 초소형 안테나를 설계 하였다.

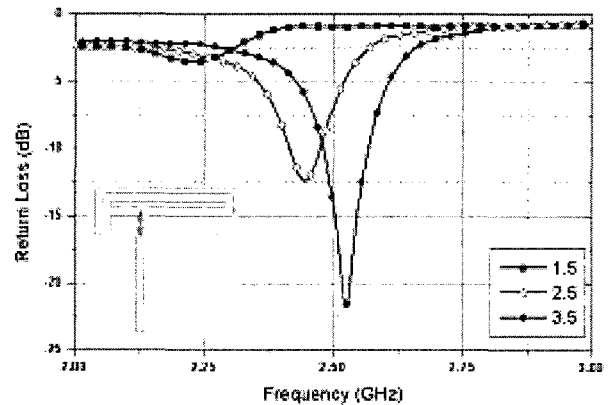


<그림 5> 인쇄형 역 F 안테나의 소형화

본 논문에서 제시된 초소형 안테나는 기본 역 F 안테나의 선로를 구부린 형태로서 안테나 소형화 기술의 튜닝 포인트는 각 선로의 폭과 넓이에 해당한다. 그림 6은 제안된 초소형 안테나의 구조와 변수를 제시한 것으로 앞 절의 최적화 과정을 통해 얻은 변수 값 W1과 W4를 제외한 안테나를 이루는 각 선로의 폭이 1 mm, 전체 선로 길이의 합은 1/4 파장의 길이가 되게 한 변형된 역 F 구조의 기본 안테나이다. 그림 6에 제시한 초소형 안테나 구조의 각 변수에 따른 반사손실 변화중 그림 7은 급전 선로의 길이에 관한 변수 H1의 변화에 따른 반사계수 변화 그래프로 1.5 mm 이상의 길이에서 공진하며 최적 값은 2.5 mm 임을 알 수 있다.



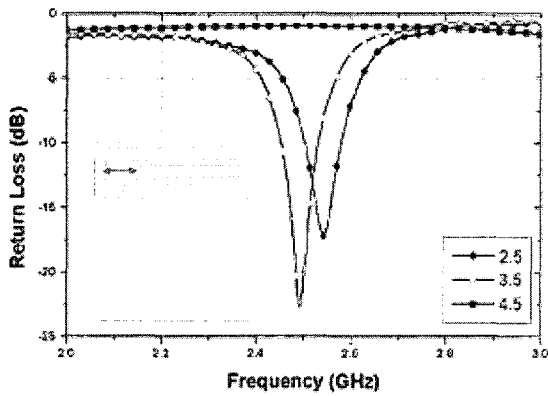
<그림 6> 프로토타입 안테나의 구조 및 변수



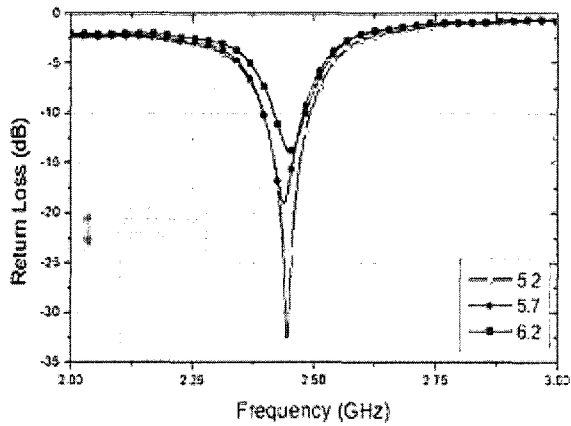
<그림 7> H1에 따른 반사손실 변화

또한 앞 절에서 나타낸 바와 같이 급전부와 단락부의 너비에 해당하는 W는 그 값이 커질수록 높은

주파수 대역에서 공진함을 그림 8을 통해 확인할 수 있다. 그림 9는 그림 6에 나타난 변수 H2에 관한 것으로 5.2mm 일 때 가장 양호한 반사 손실 특성을 보이며 1mm의 길이 변화에도 큰 변화를 보이지 않는다. 기본 역 F 구조에서 안테나 스트립 라인을 구부려 소형화 했을 때 안테나의 물리적 면적은 작아지나 전기적 길이는 같게 함으로써 스트립 선로의 길이가 길어질수록 파장이 길어져 공진 주파수가 낮은 주파수 대역으로 이동하는 기본 이론을 적용할 수 있다.



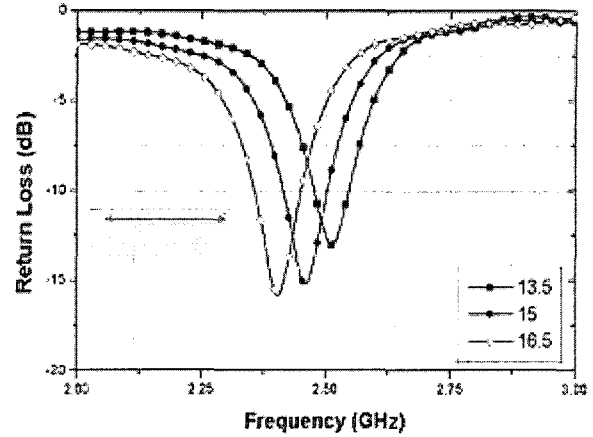
<그림 8> W에 따른 반사손실 변화



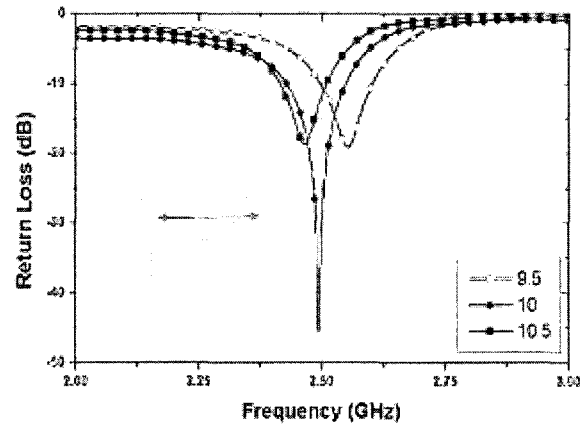
<그림 9> H2에 따른 반사손실 변화

그림 10과 11은 길이에 따른 반사손실 특성 변화를 가장 잘 나타내 주는 변수로서 그 값이 작아질수록 높은 주파수 대역에서 공진하는 공통적인 특성과 공진주파수에 따른 최적 치수를 확인할 수 있다. 그림 12는 G3의 변화에 따른 반사손실 변화를 나타낸 것으로 그 폭이 길어질수록 공진 주파수

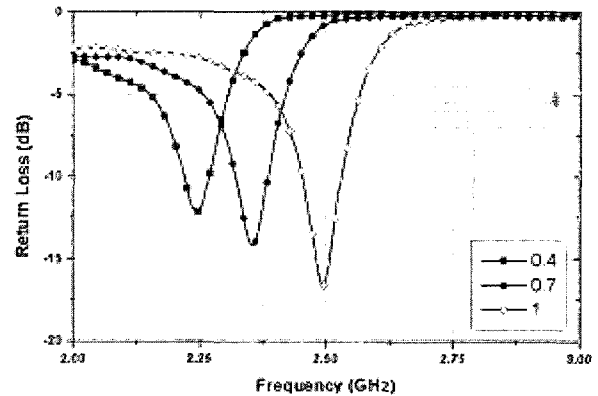
가 높은 주파수 대역으로 이동하는 것을 확인할 수 있다.



<그림 10> L2에 따른 반사손실 변화

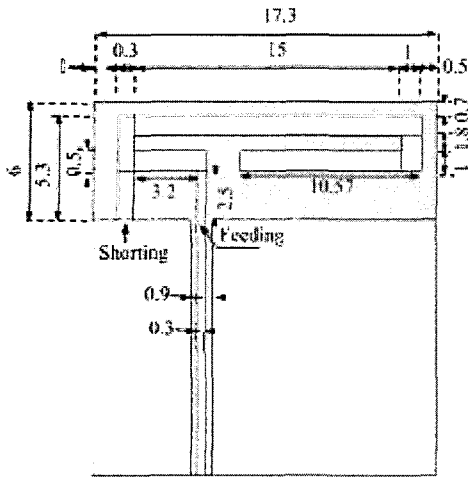


<그림 11> L3에 따른 반사손실 변화



<그림 12> G3에 따른 반사손실 변화

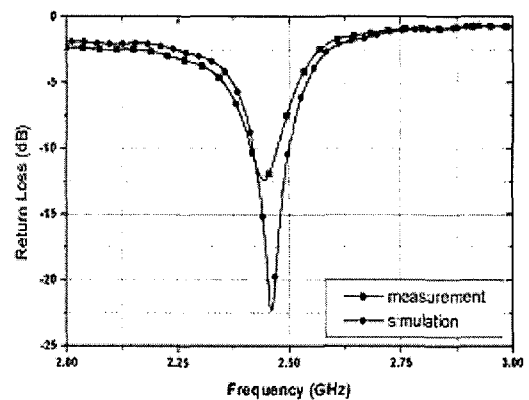
이상의 과정을 통해 얻은 각 변수별 파라미터 값을 그림 6의 변형된 역 F 구조 기본 안테나에 적용한 후 미세 튜닝 한 결과 도출된 각 변수별 최적 치수는 그림 13과 같다.



<그림 13> 최적화된 초소형 안테나

최종 설계된 안테나의 크기는 17.3 mm x 6 mm로서 앞 절에서 설계한 기본 역 F 안테나를 60% 이상 소형화 한 것이다.

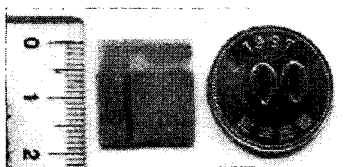
제작된 블루투스 시스템용 기관 일체형 안테나의 측정에 회로망 분석기 HP-8720C를 사용하였다. 무반사실에서 표준이득 혼 안테나와 회로망 분석기를 이용하여 반사계수, 이득, 방사패턴을 측정하여 아래의 그림에 제시 하였다. 그림 15는 실제 제작된 안테나와 시뮬레이션으로 계산된 반사손실을 비교한 그림으로 시뮬레이션 값과 측정 결과가 비교적 유사하며 제작된 안테나의 -5dB 대역폭은 시뮬레이션 결과 보다 넓은 2.38GHz~2.6GHz에 이르는 220 MHz로서 블루투스 사용 주파수를 충분히 만족 하였다.



<그림 15> 제작된 안테나의 반사손실

III. 실험 결과

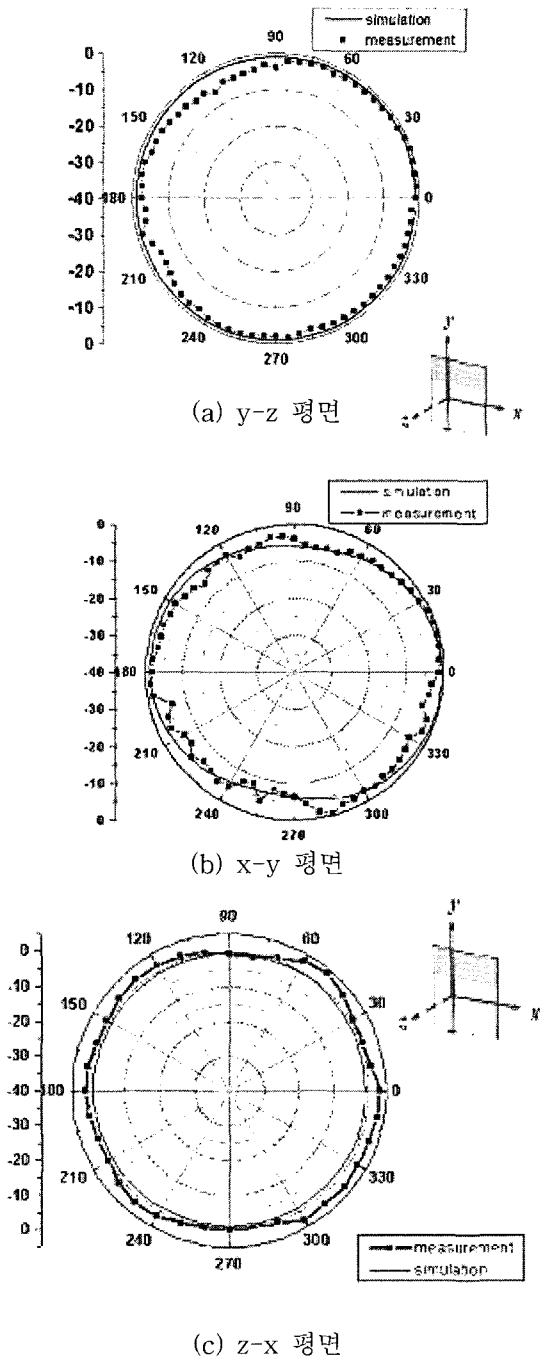
최적 설계한 안테나 변수 값을 토대로 유전율 4.4의 재질을 갖는 FR4 유전체 기판에 인쇄 회로 안테나를 제작하였다. 설계된 블루투스 시스템용 PCB 일체형 소형 안테나의 형상을 그림 14에 나타내었다.



<그림 14> 제작된 안테나

블루투스 서비스는 좁은 공간에서의 무선접속을 구현하지만 이동체간 혹은 고정체와 이동체간 무선 접속에 따른 소규모 이동통신과 유사하며 이때 이동체는 어떠한 방향에서 도달하는 무선신호를 효과적으로 수신해야만 한다. 따라서 블루투스 시스템에 사용되는 안테나는 이와 같은 등방성 수신특성을 만족해야 한다. 제작된 안테나의 방사패턴을 블루투스 대역의 중심 주파수인 2.45 GHz에서 측정한 값을 아래의 그림 16에 나타내었다. 최적화된 초소형 안테나의 방사패턴 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 방사패턴 측정결과가 비교적 근사한 패턴을 보임을 확인할 수 있다. 그림 16에서 0 ~ 90°, 90° ~ 270° 방향이 안테나 전면부에 해당하는데 각 평면에서 안테나 이득을 살펴보면 안테나 전면에서의 안테나 이득이 후면에 비해 높게 측정된 것으로 나타났다. 또한 중심 주파수에서의 최대 이득이 시

물레이션 값은 0.2 dBi임에 반해 측정된 최대 이득은 약 -1dBi로서 이러한 오차는 안테나 측정을 위해 동축선으로 급전함에 따른 케이블의 영향으로 보인다. 제작된 안테나는 전 방향으로 등방성 방사 패턴을 보인다.



<그림 16> 제작된 안테나의 방사패턴(2.45 GHz)

IV. 결론

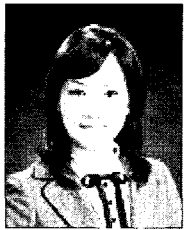
본 논문에서는 크기가 작고, 제작이 용이하며, 구조가 간단한 블루투스용 초소형 안테나를 설계하고 제작하였다. 인쇄형 역 F 안테나의 소형화 방법과 이때 고려해야 할 각각의 변수에 대한 안테나의 특성 변화를 제시하고 최적화 과정을 통해 설계된 안테나는 제작 및 측정 후 이론치와 비교하여 정확성을 검증하였다. 제안된 안테나는 가로 17.3 mm x 세로 6 mm 크기를 가지는 초소형 인쇄형 안테나로서 블루투스 통신 주파수 대역을 포함하여 220MHz의 대역폭을 갖는다. 안테나의 방사패턴은 전 방향에서의 신호 수신에 가능한 준 등방성 패턴을 보이며 블루투스 대역 내에서 -1 ~ 1dBi 내외의 이득을 보이며 중심 주파수인 2.45 GHz에서 최대 이득은 -1dBi이다. 이상에서 논의한 블루투스 시스템용 PCB 일체형 소형 안테나는 블루투스 뿐 아니라 ISM 대역의 소형안테나가 요구되는 분야에 유용하게 사용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] H. Y. David Yang, Fellow, "Miniaturized Printed Wire Antenna for wireless Communications". IEEE antennas and wireless propagation letters, vol. 4, pp. 358-361, 2005
- [2] Mohammed Ziaul Azad, and Mohammad Ali, "A New Class of Miniature Embedded Inverted-F Antenna (IFAs) for 2.4 GHz WLAN Application", IEEE Trans. antennas and propagations, vol. 54, pp. 2585-2592, 2006.
- [3] G. S. Chae, Y. M. Moon, and J. S. Lim, "Small Printed Antennas with a Parasitic Folded Shorted-Strip for Dual-Band WLAN", IEEE APMC 2005 Proceedings, vol.4, pp.3, 2005.
- [4] Soras, C., Karaboikis, M. Tsachtsiris, G., and Makios, V., "Analysis and Design of an Inverted-F Antenna Printed on a PCMCIA

Card for 2.4GHz ISM band," IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 44, pp. 37-44, 2002.

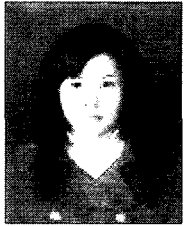
- [5] Kuo, Y. L., Cheng, Y. T., and Wong, K. L., 2002, "Printed Inverted-F Antennas for Applications in Wireless Communication," IEEE AP-S Symposium, pp. 454-457, 2002
- [6] 황재호, "블루투스용 역 F 안테나의 설계", 경주대학교 논문집, vol. 18 no.2, pp. 687-696, 2005



김 윤 미 (Yun-Mi Kim)

- 2005년 2월 충북대학교 전기전자학과 (공학사)
- 2005년 3월 ~ 현재 충북대학교 전파공학과 석사과정

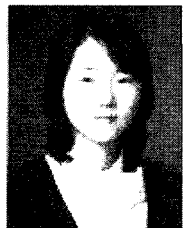
• 관심분야 : RF/ 안테나



박 명 실 (Myoung-Shil Park)

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

• 관심분야 : RF/ 안테나



정 지 영 (Ji-Young Chyung)

- 2006년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 충북대학교 전파공학과 석사과정

• 관심분야 : RF/ 안테나



정 혜 미 (Hae-Mi Jung)

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

• 관심분야 : RF/ 안테나



안 병 철 (Bierng-Cherl Ahn)

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

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