
PCB Layout을 포함한 Chip Antenna 설계

박성일, 송경용, 고영혁

Design of a Chip Antenna with PCB Layout

Seong-Il Park, Gyung-Yong Song, Young-Hyuk Ko

요 약

본 논문에서는 Bluetooth 주파수 대역 2.402~2.480GHz에서 동작하는 마이크로 칩 안테나를 제작하였다. 안테나는 54mm×19mm×0.8mm의 bluetooth PCB 크기와 11mm×4mm×1.6mm의 칩 크기를 갖는다. 설계·제작된 Bluetooth용 칩 안테나는 2.45GHz의 중심주파수에서 10.71%의 대역폭을 갖고, 임의의 급진점 변화에 따라 대역폭과 공진주파수의 변화를 보였다. 또한, 칩안테나의 측정된 방사패턴에서 E-면과 H-면을 비교 분석하였다.

Abstract

In this paper we fabricated microchip antenna operating in bluetooth frequency bands(2.402~2.480GHz). The antenna has a size of about 54mm×19mm×0.8mm, giving a total bluetooth PCB for support and chip of about 11mm×4mm×1.6mm. Bandwidth of the designed and fabricated chip antenna for bluetooth is 10.71% at the resonated frequency of 2.45GHz and the resonant frequency and bandwidth versus change of any arbitrary feed point is observed. also, E-plane and H-plane in the Measured radiation pattern characteristic of chip antenna is compared and analyzed.

Keywords

MSA, Chip Antenna, Bluetooth

1. 서 론

최근 사회가 급속하게 고도 정보화 사회로 발전되면서 셀룰러, PCS, 이동 및 위성통신 등 여러 분야에서 전파의 사용이 급증하고 있으며, 서비스 정보의 형태도 음성, 데이터, 문자, 정지 영상, 동영상의 대용량 실시간 전송에 이르기까지 영역이 넓어지고 있다. 요즘에 개인 통신이라고 말할 수 있는 PCS는 더욱더 고속화·멀티미디어화를 목표로 하고, 위성통신을 포함한 이동체 통신이나 광통신 네트워크 시스템과의 결합을 진행해 가고 있다. 이 같은 통신은 유선통신과 무선통신의 결합이라고 말할 수 있다.

이 같은 새로운 통신 방식에 있어서도 무선통신의 최대·이점인 이동성을 활용하기 위해서는 기기의 소형화·경량화를 목표로 마이크로파 기술의 발달과 안테나의 소형화에 의지할 수밖에 없다. 이 같은 소형화·경량화에 따른 다기능화의 요구를 수용하기 위해서 요즘 많이 사용하는 안테나가 마이크로스트립 안테나이다. 마이크로스트립 안테나는 저가, 소형, 경량이고, 집적화가 쉬우며 어레이 안테나 구현이 쉽다. 하지만, 높은 전력을 다룰 수 없고, surface wave coupling이 있으며, 전송 가능한 대역폭이 좁으며, 초고주파에서는 fringing filed가 늘어나는 단점이 있다. 하지만,

마이크로스트립의 두께를 다층으로 하면 대역폭의 개선이 가능하고 마이크로스트립 선로의 구조가 아니면 고주파 필드 에너지를 모아서 보내기가 힘들다.[1][2]

본 논문에서는 Bluetooth PCB Layout 위에 내장형 마이크로 칩 안테나를 직접 설계하여 Bluetooth의 주요 사양인 2.402 ~ 2.480 GHz에서 동작할 수 있도록 Chip antenna를 설계하였다. 또한 상용화된 HFSS를 사용하여 Chip antenna 방사특성과 리턴로스 특성을 분석하였으며, 설계된 Bluetooth용 안테나에 자세한 특성을 고찰하기 위하여 마이크로칩 안테나 아래 면의 구조를 일반적인 QMSA 구조로 변경하여 우측 평행 평판의 길이를 고정된 상태에서 좌측평행평판의 길이를 가변하여 중심주파수, 대역폭, 이득을 비교분석하였다.

II. 본 론

2-1. 내장형 마이크로 칩 안테나 구조

본 논문에서 설계한 Bluetooth용 내장형 마이크로 칩 안테나는 그라운드 판이 방사 패치(그림 1의 $W1$)와 같은 폭으로 자름으로서 소형화하고, 좌측 평행 평판(그림 1.b의 $W1 \times L2$)에서 Slit (그림 1.b의 $W2 \times L6, (W1 - W3) \times L3$)을 잘라내어 소형화하였으며, 좌·우측면의 방사 패치와 그라운드 판을 단락 시키므로 더욱 소형화한 안테나이다. 또한 안테나의 방사 패치에 연결된 급전선로(그림 1.a의 $W2 \times L7$)에 연결되어 안테나 윗면 그라운드 판에 접속되지 않도록 Slit을 만들었다. 그리고 안테나 아래 면에서 좌측 평행평판과 방사 패치 사이에 용량을 구성하도록 그림1b와 같이 Slit를 잘라내어 간격을 주었다.[3][4][5] 일반적으로 Slit 면적을 넓게 함으로써 이득은 떨어지지만 공진 주파수는 낮게 하여 소형화할 수 있다.

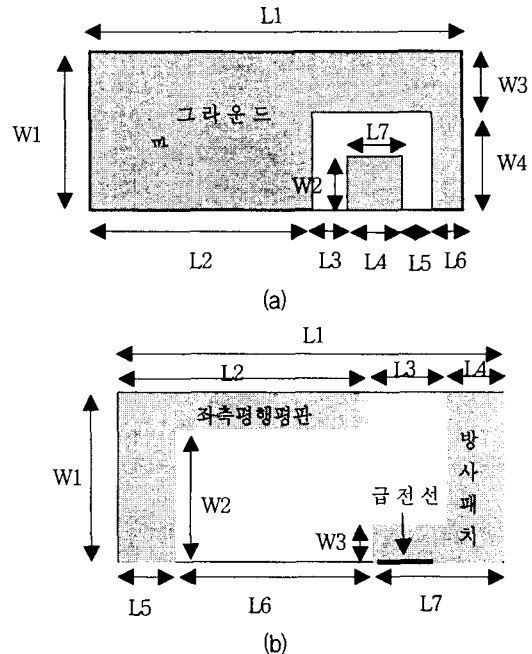


그림 1. Chip Antenna 구조
(a) 윗면 (b) 아랫면

Fig. 1 Chip antenna structure
(a) Top plane (b) Under plane

2-2. Bluetooth PCB Layout 구조

현재 많은 주목을 받고 있는 Bluetooth의 실제 크기는 다음과 같다. 그림 2 (a)와 같이 Bluetooth PCB Layout위에 Bluetooth용 내장형 마이크로 칩 안테나를 주요사항인 사용 주파수 2.4~2.4838GHz에서 동작할 수 있도록 설계하였으며, Bluetooth PCB Layout 윗면은 마이크로 칩 안테나의 그라운드 판과 연결시켜서 그라운드 판으로 활용하였다. 그림 2.a의 그라운드 판은 그림1.b의 방사 패치에 연결되도록 설계되었다. 또한 그림 1(a)의 $W2 \times L7$ 과 그림1(b)의 급전선로와 Signal Line과 연결되어 Bluetooth용 내장형 마이크로 칩 안테나의 급전 선로로 이용하였고, 내장형 마이크로 칩 안테나의 아래면으로도 방사할 수 있도록 Bluetooth PCB Layout의 동판을 제거하였다.

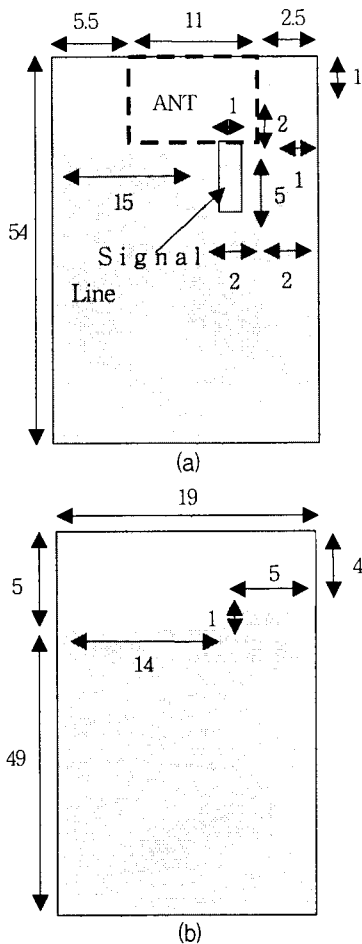


그림 2. Bluetooth PCB Layout
(a) 윗면 (b) 아랫면
Fig. Bluetooth PCB Layout
(a) Top plane (b) Under plane

III. 수치해석 결과 및 고찰

Bluetooth용 내장형 마이크로 칩 안테나 설계와 Bluetooth PCB Layout에서는 유전율 4.4의 Epoxy 기판을 활용하였다. 먼저, 마이크로 칩 안테나의 정확한 특성을 파악하기 위해서 마이크로 칩 안테나(15×4× 1.6mm)의 아래면 구조를 그림 3과 같이 단순화하여 특성을 고찰하였다. 급전점의 위치 변화에 따른 이득과 대역폭 특성은 그림 4와 같다. 급전점의 변화 즉, 그림 3과 같은 마이크로

칩안테나 아래면 구조에서 L2=8mm, L3=0.5mm L4=2.5mm로 고정시키고, 그림 1.a와 같은 마이크로 칩 안테나 윗면 구조에서 (W4×(L3+L4+L5) : 3 × 3mm)의 위치를 변화시키면 최대이득과 대역폭이 증가하였고 그림 5와 같이 리턴로스 특성에서 공진주파수도 증가함을 보였다. 그림 6은 급전점의 위치 변화에 따른 방사패턴(E-평면)의 변화를 보였다. 1.5mm일 경우 공진주파수가 1.94GHz에서 최대이득이 2.11dBi, 3.5mm일 경우 2.04GHz에서 2.30dBi, 4.5mm일 경우 2.1GHz에서 2.17dBi로 최대이득이 거의 유사함을 보였다. 그림 7은 급전점의 변화에 따른 입력 임피던스 특성이고 각각의 공진주파수에서 급전점의 위치에 따라 입력 특성이 다르다. 급전점의 위치가 1.5 mm일 때 0.97-j0.12(1.94GHz)이고 3.5mm일때 1.04+j0.02 (2.05GHz)이고 4.5mm일 때 1.11+j0.07(2.09GHz)이므로 급전점의 위치가 길수록 공진 임피던스가 커지고 공진주파수가 높아진다.



그림 3. 단순화된 chip antenna 아래면 구조
Fig. 3 Under plane of simplified chip antenna

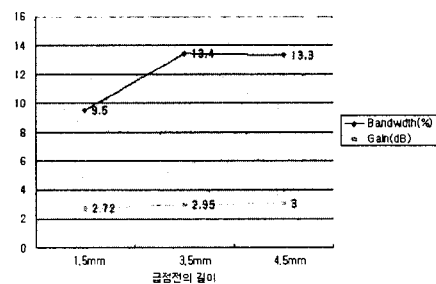


그림 4. 급전점의 위치 변화에 따른 이득과 대역폭
Fig. 4 The resonant frequency and bandwidth versus change of feed line position

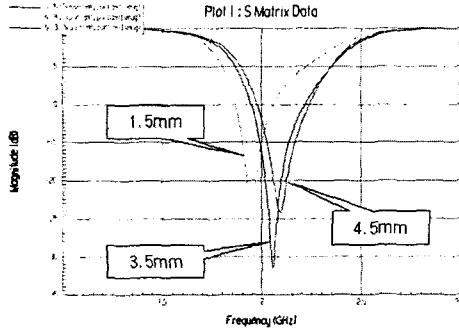


그림 5. 급전점의 위치 변화에 따른 공진주파수 특성
Fig. 5 Resonant frequency characteristic versus change of feed line position

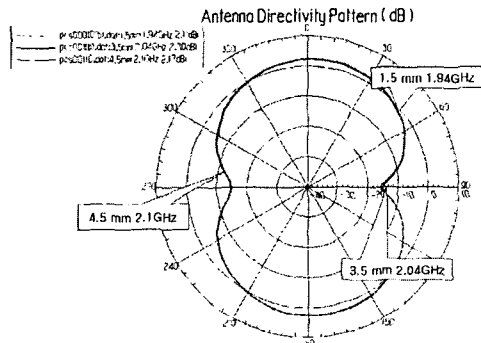


그림 6. 급전점의 위치 변화에 따른 E-평면의 방사패턴
Fig. 6 Radiation pattern of E-plane versus change of feed line position

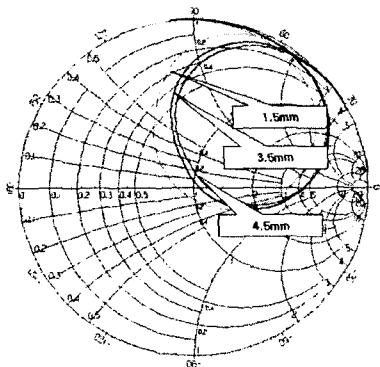


그림 7. 급전점의 위치 변화에 따른 입력 임피던스 특성
Fig. 7 Input Impedance characteristic versus change of feed line position

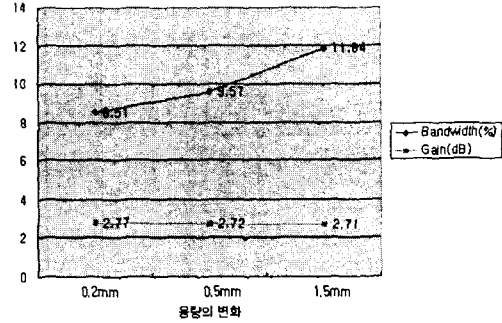


그림 8. 용량의 변화에 따른 이득과 대역폭
Fig. 8 The gain and bandwidth versus change of capacitor

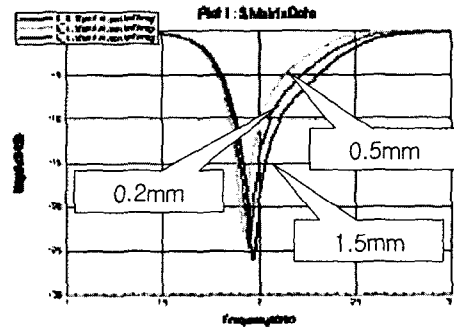


그림 9. 용량의 변화에 따른 공진주파수 특성
Fig. 9 Resonant frequency characteristic versus change of capacitor

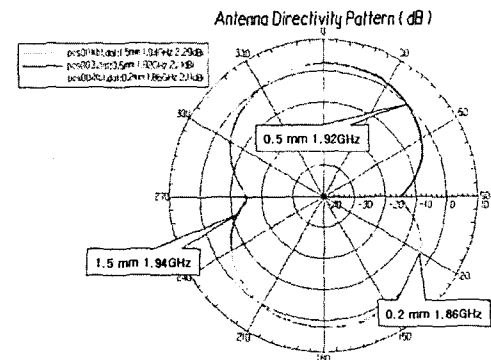


그림 10. 용량의 변화에 따른 E-평면의 방사패턴
Fig. 10. Radiation pattern of E-plane versus change of capacitor

용량의 변화에 따른 이득의 변화는 그림 8과 같다. 용량의 변화 즉, 그림 1.a와 같은 마이크로 칩 안

테나 윗면 구조($W4 \times (L3+L4+L5)$)의 위치를 오른쪽 단락면에 고정시키고, 그림 3과 같은 마이크로 칩 안테나 아래면 구조의 $L2=8\text{mm}$ 위치에서 $L3$ 의 용량을 변화시키면 최대이득은 차이가 없었으나 대역폭은 증가하였고 공진주파수도 그림 9와 같이 변화가 거의 없었다. 그림 10은 용량의 변화에 따른 방사패턴(E-평면)의 특성이다. 0.2mm일 경우 공진주파수가 1.86GHz에서 최대이득이 2.11dBi, 0.5mm일 경우 1.92GHz에서 2.11dBi, 1.5 mm일 경우 1.94GHz에서 2.29dBi로 최대이득이 거의 유사함을 보였다. 또한, 용량의 위치 변화 즉, 마이크로 칩 안테나 윗면 구조($W4 \times (L3+L4+L5)$)의 위치를 오른쪽 단락면에 고정시키고, 그림 3과 같은 마이크로 칩 안테나 아래면 구조에서 $L3=0.5\text{mm}$ 로 고정시켜서 $L2$ 의 위치를 변화시키면 그림 11, 그림 12와 같이 최대이득과 대역폭, 공진주파수 모두 감소함을 보였다.

용량을 장하한 부분의 평판사이 길이의 변화에 따른 이득의 변화는 거의 없고, 길이가 길어질수록 중심주파수가 높아지므로 용량을 작게 장하할수록 소형화 할 수 있음을 알 수 있었다. 길이를 길게 할수록 대역폭은 증가하다가 감소한다.

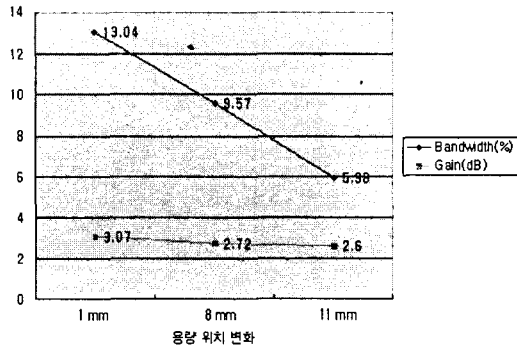


그림 11. 용량의 위치 변화에 따른 이득과 대역폭
Fig. 11 The gain and bandwidth versus change of capacitor position

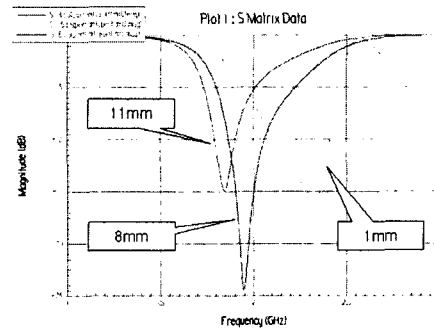


그림 12. 용량의 위치 변화에 따른 공진주파수 특성
Fig. 12 Resonant frequency characteristic versus change of capacitor position

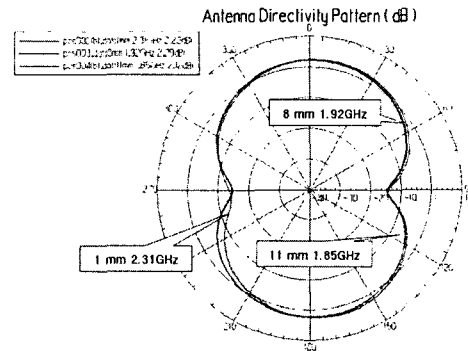


그림 13. 용량의 위치 변화에 따른 E-평면의 방사패턴
Fig. 13 Radiation pattern of E-plane versus change of capacitor position

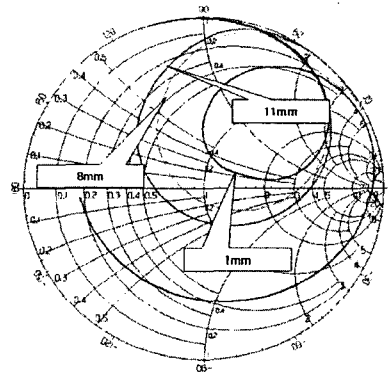


그림 14. 용량의 위치 변화에 따른 입력 임피던스 특성
Fig. 14 Input impedance characteristic versus change of capacitor position

그림 13은 용량의 위치 변화에 따른 방사패턴의 변화를 나타내었다. 1mm일 경우 공진주파수가 2.31GHz에서 최대이득이 2.22dBi이고, 8mm일 경우 1.92GHz에서 2.29dBi이고, 11mm일 경우 1.85GHz에서 2.12dBi로 최대이득이 거의 유사함을 보였다.

그림 14는 용량의 변화에 따른 입력 임피던스 특성이고 각각의 공진주파수에서 용량의 위치 변화에 따라 입력 특성이 다르다. 용량의 위치가 1mm일 때 $1.18+j0.30$ (2.32GHz)이고 8mm일 때 $0.92-j0.11$ (1.92GHz)이고 11mm일 때 $0.83-j0.29$ (1.84GHz)이므로 용량의 위치가 길수록 공진 임피던스는 작아지고 공진주파수도 낮아진다.

목적으로 하는 중심 주파수를 2.45GHz로 설정하고 설계된 Bluetooth용 내장형 마이크로 칩 안테나 구조 제원은 표 1의 안테나 윗면 구조와 표 2의 안테나 아랫면 구조이다. 상용화된 프로그램 HFSS를 이용하여 목적으로 하는 중심 주파수를 2.45GHz로 설계된 Bluetooth용 칩 안테나의 리턴로스 특성은 그림 15와 같고, 2.45GHz에서 -15.75dB이며, 대역폭은 6.89%이다. 또한, Bluetooth용 칩 안테나의 방사패턴 특성(E면, H면)은 그림 16과 같고, 최대 방사이득은 3.616dBi 이다.

표1. Bluetooth용 칩 안테나 윗면 제원
Table 1. Top plane parameter of chip antenna for bluetooth

Bluetooth 안테나 윗면 구조			
L1(mm)	11	L6(mm)	0.5
L2(mm)	7.5	W1(mm)	4
L3(mm)	1.5	W2=L7(mm)	1
L4(mm)	1	W3(mm)	1
L5(mm)	0.5	W4(mm)	3

표2. Bluetooth용 안테나 아랫면 제원
Table 1. Under plane parameter of chip antenna for bluetooth

Bluetooth 안테나 아랫면 구조			
L1(mm)	11	L6(mm)	2
L2(mm)	9	L7(mm)	8
L3(mm)	1	W1(mm)	4
L4(mm)	1	W2(mm)	3
L5(mm)	1	H(mm)	1.6

실제 제작된 Chip 안테나는 그림17와 같고, VNA (Anritsu-37347C)를 사용하여 주파수에 따른 측정된 리턴로스 특성과 위상 특성은 그림 18과 같다. 중심 주파수는 2.45GHz이고 대역폭은 10.71%로 광대역에서 동작함을 확인했다. 공진주파수 2.45GHzdptj 실제 제작된 Chip 안테나의 방사패턴 측정은 그림 19와 같다.

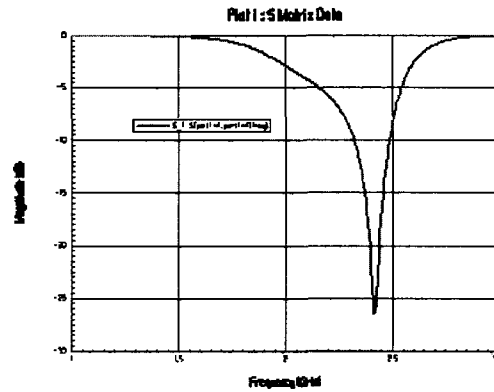


그림 15. Chip Antenna의 리턴로스 특성
Fig. 15 Return loss characteristic of chip antenna

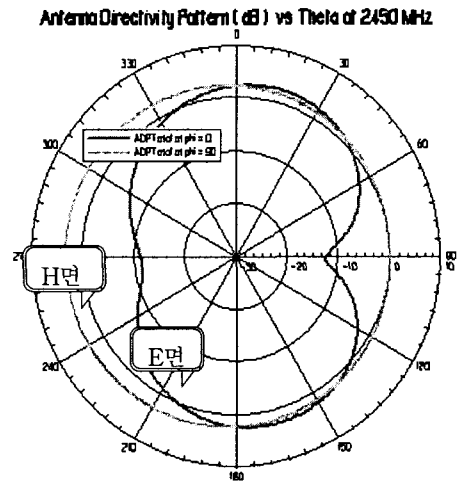


그림 16. Chip Antenna의 방사패턴(E면,H면)
Fig. 16 Radiation pattern of chip antenna (E-Plane, H-Plane)

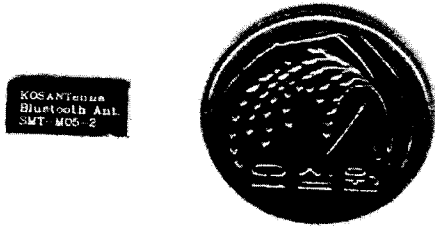


그림 17. 제작된 Chip Antenna
Fig. 17 Fabricated chip antenna

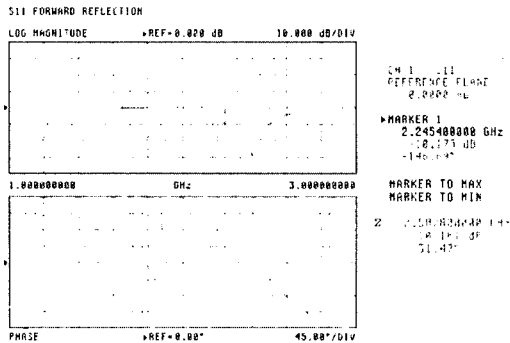


그림 18. 측정된 Chip 안테나의 리턴로스와 위상
Fig. 18 The Return loss and phase of measured chip antenna

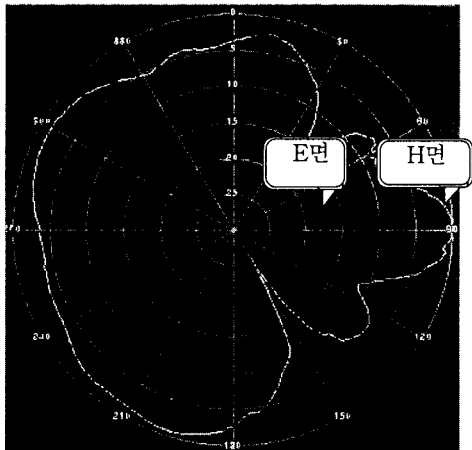


그림 19. Chip Antenna의 방사패턴 측정(E면,H면)
Fig. 19 Radation pattern measurement of chip antenna(E-Plane, H-Plane)

IV. 결론

본 논문에서는 안테나 이득을 극대화하기 위해 Bluetooth PCB Layout 위에 Bluetooth용 내장형 마이크로 칩 안테나를 직접 설계하여 Bluetooth의 주요 사양인 2.4~2.4835GHz에서 동작할 수 있도록 하였으며 설계된 bluetooth용 안테나에 자세한 특성 고찰을 위해 bluetooth용 안테나 아래면 구조에 용량을 장하시켜서 용량의 변화에 따른 중심주파수, 대역폭, 방사패턴을 비교, 분석했다. 설계된 Bluetooth용 내장형 마이크로 칩 안테나는 상용화된 프로그램 HFSS에 의해 2.45GHz의 중심주파수에서 대역폭 6.89%를 얻었으며, 최대 방사이득 3.616dBi를 얻었다. 또한, 제작된 Bluetooth용 안테나는 중심주파수 2.45GHz이고, 대역폭이 10.71%로 계산치와약간의 차이가 있으나 생산 단가 문제로 마이크로 칩 안테나 제작에 사용된 국산 PCB기판의 정확한 유전율을 고려하지 못한 것으로 생각된다. 방사패턴의 경우, 계산치와 양호하게 일치됨을 확인했다.

앞으로 본 논문을 기본으로 하여 Bluetooth에 현재 가격보다 더 저렴하면서 소형화되고 이득이 좋은 Bluetooth를 설계·제작 할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 박성수, "블루투스 국내외 기술 개발 및 향후 전망" 전자 진흥원, pp. 32-36, 2001.1
- [2] 이태진 근거리 무선 통신 시스템, 한국 통신학회지, Vol. 17 No.11, pp63-73, 2000.11
- [3] 高永赫, 長谷部望, "容量裝荷小型マイクロストリップ アンテナ", 日本大學理工學部學術講演論文集, No. 38, pp.193-194, 1994.
- [4] 坂口浩一, 南條行則, 瀬谷浩一郎, 長谷部望, "容量裝 荷短絡平板スタブで構成した小形アンテナ", 信學春 季全大, B-47, 1988
- [5] 고영혁, 박수봉, 류현, "미소 루프 마이크로 스트립 안테나", Vol. 8, No. 4, pp.35
- [6] 고영혁, 박성일 2003 해양정보통신학회 "이동통신용 Chip Antenna 특성에 관한 연구", pp 83-87, 2003

저자 소개



고영혁(Young-Hyuk Ko)

1981년 2월 건국대학교 전자공학과 졸업(학사)

1983년 2월 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

1990년 2월 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)

1981년 3월 ~ 1983년 2월 : 건국대학교 전자공학과 조교

1994년 7월 ~ 1995년 6월 : 일본 리혼대학교 전자공학과 Post -Doc

1990년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 정보통신공학과 교수

※ 관심분야 : 이동체 안테나 설계, 초고주파 회로 설계, EMI/EMC



박성일 (Seong-il Park)

2002년 2월 동신대학교 정보통신공학과 공학사

2002년 2월 ~ 현재 동신대학교 정보통신공학과 공학석사, TIC센터 연구원

※ 관심분야 : 이동체 안테나 설계, 초고주파 회로 설계, EMI/EMC



송경용(Gyung-Yong Song)

1981년 3월 조선대학교 경영학 전공 경영학사

1989년 3월 인사, 조직 전공 경영학 석사

1993년 3월 인사, 조직 전공 경영학 박사

1995년 3월~현재 : 동신대학교 부교수

1999년 11월~현재 : 동신대학교 TIC 연구원

※ 관심분야 : 경영조직, 정책, 이동통신 System