후면 그라운드를 이용한 휴대단말 Wi-Fi 칩 안테나 설계

Design of Mobile Handset Chip Antenna with a Backside Ground for Wi-Fi Application

오 세 원 · 김 형 동

Saewon Oh · Hyeongdong Kim

요 약

본 논문에서는 휴대단말기의 Wi-Fi 대역에서 동작하는 소형 칩 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나의 소형화를 위해 칩 안테나 하단에 후면 그라운드를 갖도록 설계하였다. 제안된 안테나는 S자 모양 대칭형으로 유전율이 3.5인 LCP(Liquid Crystal Polymer) 위에 설계되었으며, 칩 안테나의 전체 크기는 6.0 mm×2.5 mm×1.2 mm를 갖는다. 제작된 안테나는 VSWR=3 이하 기준 300 MHz(fractional bandwidth: 12.2 %, 2.3~2.6 GHz)의 임피던스 대역폭과 peak gain은 1.42 dBi의 특성을 나타냈다. 안테나 설계는 CST Microwave Studio 상용 프로그램을 사용하여 최적화한 후, 설계된 안테나를 제작하고, 네트워크 분석기와 무반향실을 이용하여 측정하였다.

Abstract

In this paper, a new small chip antenna for Wi-Fi application of the mobile handset is proposed. To miniaturize the chip antenna, the proposed antenna is designed to have the backside ground. The proposed antenna has S-shaped structure, which is designed on the LCP(Liquid Crystal Polymer) with $\epsilon_r=3.5$. The size of the proposed antenna is 6.0 mm×2.5 mm×1.2 mm. The measured impedance bandwidth under a voltage standing wave ratio (VSWR) of 2 was 300 MHz(fractional bandwidth: 12.2 % 2.3~2.6 GHz), and peak gain is 1.42 dBi. The proposed antenna was designed using CST Microwave Studio commercial software tool. And the fabricated antenna is measured using a network analyzer and in anechoic chamber.

Key words : Chip Antenna, Small Antenna, Wi-Fi Antenna, Dielectric Antenna, PIFA

I. 서 론

최근 이동통신 휴대단말기에서 Wi-Fi 데이터 통신용으로 사용되는 안테나는 고유전체(세라믹)를 이용한 칩 형 안테나와 유전체 위에 방사체를 고정시키는 형태의 평면형 역 F 안테나가 대표적이다^[1]. 여기서 세라믹 칩 안테나는 세라믹 유전체 표면에 패턴을 인쇄하여 원하는 공진 주파수를 형성하는 방

식이며, 평면형 역 F 안테나는 사출 캐리어에 메탈로 구현한 방사체를 용착하여 메탈 방사체의 길이를 조절하여 통하여 공진 주파수를 조절하는 방식이다.

기존 세라믹 칩 안테나의 경우, 6~7 정도의 유전율을 갖는 고유전체를 사용하여 안테나를 소형화시키는 방법이기 때문에 임피던스 대역폭이 감소되는 단점을 가지고 있다^{[2]~[5]}. 평면형 역 F 안테나는 상대적으로 많은 안테나 공간이 필요하여 휴대단말기

한양대학교 전자컴퓨터통신공학부(Department of Electronics Computer Engineering, Hanyang University)

· Manuscript received January 4, 2012 ; February 10, 2012 ; February 13, 2012. (ID No. 20120104-001)

· Corresponding Author : Hyeongdong Kim (e-mail : hdkim@hanyang.ac.kr)

에 장착하는데 어려움이 있으며, 비정형화 되어 있는 안테나 구조로 인해 설계 시 많은 문제점을 가지고 있다^{[6],[8]}.

본 논문에서는 칩 안테나 하단 후면 그라운드를 이용하여 안테나를 소형화시키고 방사체를 좌우 대칭형으로 설계함으로써 안테나의 SMT(Surface Mounting Technology) 적용 시 방향에 따른 장착 불량 요인을 제거하여 양산성을 향상시켰다. 또한, 설계된 안테나는 유전율이 낮으면서 표면실장이 가능한 LCP(Liquid Crystal Polymer) 유전체를 사용하였고, 방사체와 SMT되는 패드면을 일체형으로 설계하여 탈착 현상이 발생하지 않도록 설계하였다. 제안된 안테나는 Wi-Fi 주파수 대역을 목표로 설계되었으며, 안테나 하단의 후면 그라운드의 영향을 분석하여 칩 안테나를 설계한 후, 실제 제작하여 안테나의 반사 손실, 이득 및 방사 패턴을 측정하였다.

II. 본 론

2.1 안테나 구조

그림 1(a)는 제안된 칩 안테나의 위치 및 테스트 PCB(Printed Circuit Board) 그라운드의 크기를 나타내고 있다. 사용된 PCB는 4.2의 유전율을 갖는 FR4 기판을 사용하였고, 그라운드의 사이즈는 80 mm×40 mm×1.0 mm이다. 임피던스 정합을 개선하기 위해 안테나가 위치하는 부분의 접지면은 제거하였고, 안테나 급전을 위해 안테나와 접지면 사이의 간격을 1 mm로 유지하였다. 또한, 사용주파수의 조절 및 임피던스 매칭을 위해 급전 위치 및 접지면의 위치를 한 쪽 패드 외부로 배치한 역 F 구조로 설계하였다. 그림 1(b)는 제안하는 칩 안테나의 입체도를 나타낸다. 방사체는 LCP 유전체로 둘러싸여 있으며, 방사체로 사용되는 도체의 두께는 0.2 mm이다. 안테나의 크기는 상용 제품에서 요구되는 크기인 6.0 mm×3.0 mm×1.2 mm로 하였다.

2.2 동작 원리 분석

그림 2는 제안하는 칩 안테나와 후면 그라운드의 상세 구조를 나타내고 있다. 안테나 형태는 S자 모양을 갖는 가지 구조의 칩 안테나 형태이다. 그림

(a) 테스트 PCB를 포함한 안테나의 전체 구조
(a) Overall structure of a antenna with a test PCB

(b) 칩 안테나의 외관
(b) External appearance of a chip antenna

그림 1. 안테나 구조
Fig. 1. Antenna structure.

2(a)에서 제안된 칩 안테나의 소형화를 위해 칩 안테나 끝단과 테스트 PCB 아랫면의 후면 그라운드를 1 mm 겹치게 설계하였다. 그림 2(b)는 칩 안테나의 급전점, 접지점, 후면 그라운드의 위치 및 테스트 PCB의 위치를 보여준다. 그림 2(c)는 내부 방사체의 세부 형상을 나타내고 있다. 내부 방사체는 좌우 대칭 구조를 갖는 S자 모양으로 설계되었으며, 미세 공진 주파수 조절은 내부 방사체의 길이 “L”에 의해 조절이 가능하다.

그림 3은 후면 그라운드가 없는 경우와 설계된 칩 안테나와 1 mm 간격을 두고 후면 그라운드를 겹치게 한 경우의 반사 손실 시뮬레이션 값의 차이를 보여준다. 후면 그라운드가 있는 경우에 중심 공진 주파수가 2.8 GHz에서 2.4 GHz까지 약 400 MHz가 낮아진 것을 확인할 수 있다.

안테나 하단의 후면 그라운드와 안테나 사이에

(a) 안테나의 입체도
(a) Three dimensional antenna structure

(b) 후면 그라운드의 위치 및 테스트 PCB 조건
(b) Location of backside ground and a test PCB guideline

(c) 칩 안테나의 상세 구조
(c) Detailed structure of the antenna

그림 2. 제안된 안테나 구조

Fig. 2. Proposed antenna structure.

병렬 커패시턴스가 안테나에 제공되어 임피던스 매칭 특성이 향상되었고, 안테나 소형화가 이루어졌다. 제안된 칩 안테나는 좌우 대칭 구조로 S자 형상에서

그림 3. 후면 그라운드 유무에 따른 반사 손실 비교
Fig. 3. Comparison of the return loss characteristics with and without a backside ground.

안쪽으로 내려오는 방사체는 사용하고자 하는 주파수대에서 공진이 이루어질 수 있도록 길이 튜닝이 가능한 구조이다.

그림 4는 S자 형상을 갖는 좌우 대칭 구조 칩 안테나의 내부 방사체에서 안쪽으로 내려오는 방사체의 길이에 따른 공진 주파수의 변화를 실험한 것이다. 그림 2(b)의 길이(L) 0.5 mm에서 2.5 mm까지 0.5 mm 단위로 변화를 주며, 공진 주파수 특성을 분석하였다. 방사체의 길이(L)가 증가할수록 공진 주파수는 낮아지면서 임피던스 정합도 향상되는 현상을 볼

그림 4. 방사체 길이(L)에 따른 반사 손실 특성
Fig. 4. Simulated return loss characteristics with various values of L.

수 있다. 이는 방사체의 길이(L)가 증가하면 안테나의 인덕턴스가 증가하고, 이로 인해 공진 주파수가

낮아지며, 또한 방사체가 S 구조와 가까워지면서, 그 사이에서 발생하는 커패시턴스에 의해 인해 임피던스 정합이 향상된 것으로 보인다.

III. 칩 안테나 제작 및 측정

시뮬레이션을 통해 설계된 안테나를 금형을 이용해 제작하고, 정재파비 및 방사 특성을 측정하였다. 그림 5는 제작된 S자 모양을 갖는 좌우 대칭 칩 안테나를 나타낸다. 그림 5(a)는 QDM(Quick Delivery Mold) 금형을 이용하여 제작된 칩 안테나 사진을 나타낸 것이다. 그림 5(b)는 제안된 안테나를 측정하기 위해, 칩 안테나를 테스트 PCB에 장착한 모습을 나타낸 그림으로 시뮬레이션 조건과 동일하다. 테스트 PCB 급전선 임피던스 매칭 회로에 $0\ \Omega$ 저항 2개가 직렬로 연결되었다. 그림 5(c)는 제안된 칩 안테나의 소형화를 위한 후면 그라운드가 적용된 모습이다. 그림 6은 테스트 PCB에 장착된 칩 안테나의 정재파비 특성을 나타낸다. 제작된 안테나의 정재파비는 Agilent사의 E5071B 네트워크 분석기를 사용하여 측정하였다. 제작된 안테나는 $VSWR=3$ 이하 기준에서 300 MHz(fractional bandwidth: 12.2 %, 2.3 ~ 2.6 GHz)의 임피던스 대역폭을 얻었으며, 그림 4(a)의 시뮬레이션 데이터와 매우 유사한 결과를 나타내었다. 측정된 결과는 Wi-Fi 주파수 대역을 완전하게 포함하

그림 5. 대칭 구조 칩 안테나의 사진

Fig. 5. Photograph of a symmetrically structured chip antenna

그림 6. 제안된 칩 안테나의 정재파비

Fig. 6. VSWR of the proposed chip antenna.

그림 7. 제안된 칩 안테나의 방사 패턴

Fig. 7. Radiation pattern of the proposed chip antenna.

는 임피던스 대역폭이다.

그림 7은 제작된 안테나의 방사 패턴을 보여준다. 제작된 안테나의 방사 패턴은 Wi-Fi 대역에서 원거리 조건을 만족하는 무반향실에서 측정하였다. 제작된 안테나의 첨두치 이득(peak gain)은 1.42 dBi이었으며, Wi-Fi 대역에서 측정된 평균 효율은 56 %이다. 또한, 휴대단말기에서 적합한 전방향성 방사 패턴을 타나냈다.

IV. 결 론

본 논문에서는 칩 안테나의 크기를 소형화시킬 수 있는 후면 그라운드를 갖는 S자 모양의 좌우 대칭형 칩 안테나를 설계, 제작하였다. 방사체와 SMT되는 패드면은 일체형으로 설계하여 탈착현상이 발생하지 않도록 설계하였다. 또한, 방사체를 S자 모양 좌우 대칭형으로 설계함으로써 안테나의 SMT 적용시 안테나 방향에 따른 장착 불량 요인을 제거하여 양산성을 향상시켰다. 제안된 안테나를 제작하여 측

정한 결과, Wi-Fi 대역에서 $VSWR=3$ 이하 기준 300 MHz(fractional bandwidth: 12.2 %, 2.3~2.6 GHz)의 임피던스 대역폭을 얻었으며, Wi-Fi 대역에서 1.42 dBi의 첨두치 이득(peak gain) 및 56 % 평균 방사 효율을 얻었다. 또한, 사출 몰딩 방식을 사용하여 SMT 후 낙하시험 시 안테나가 PCB에서 탈착하는 불량 현상은 발생하지 않았다.

참 고 문 헌

- [1] John L. Volakis, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, pp. 101-102, 2007.
- [2] J. S. McLean, "A re-examination of the fundamental limits on the radiation Q of electrically small antenna", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 44, no. 5, pp. 672-676, May 2002.
- [3] 심성훈, 강종윤, 박용욱, 윤석진, 윤영중, 김현재, "IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계", *한국전자과학회논문지*, 13(3), pp. 301-307, 2002년 3월.
- [4] 이종환, 우종명, 김현학, 김경용, "PCS용 표면실장형 칩 유전체 세라믹 안테나 설계", *한국전자과학회논문지*, 11(1), pp. 55-62, 2000년 1월.
- [5] 오세원, 김진석, 김명범, 황석진, 오창현, 문창수, 도기태, "무선통신기용 내장형 칩타입의 보조밴드 안테나", 특허 제 10-0965747호, 2010년.
- [6] 김상준, 이대현, 박천석, "이동통신 광대역 PIFA 안테나 설계 및 해석", *한국전자과학회논문지*, 14(8), pp. 855-862, 2003년 8월.
- [7] J. Chen, C. Ho, C. Wu, S. Chen, and P. Hsu, "Dual-band planar monopole antenna for multiband mobile system", *IEEE Antenna Wireless Propag. Lett.*, vol. 7, pp. 769-772, 2008.
- [8] 김형동, 전신형, 최형철, "분기 캐패시터를 이용한 역-F 안테나", 특허 제 10-1063569호, 2011년.

오 세 원

2000년: 홍익대학교 전자공학과 (공학사)
2002년: 성균관대학교 전자공학과 (공학석사)
2008년 3월~현재: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
2004년 1월~2005년 7월: 삼성전자

RF사업부 선임연구원

2005년 8월~2008년 1월: 에이스안테나 책임연구원

2008년 2월~2010년 12월: 히로세코리아 연구팀장

2011년 2월~현재: LG이노텍 소재부품연구소 책임연구원

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석

김 형 동

1984년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1986년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)

1992년 5월: University of Texas at Austin 전기공학과 (공학박사)

1989년 5월~1992년 5월: University of Texas at Austin (Research Assistant)

1992년 6월~1993년 1월: University of Texas at Austin (Post-doctoral Fellow)

1993년 3월~현재: 한양대학교 융합전자공학부 교수

[주 관심분야] 소형 안테나, 휴대단말용 안테나, RFID 안테나, 전자파 수치해석/모델링, EMI/EMC, RF 소자