

U자형 적층 기생패치를 갖는 GPS/IMT-2000/Bluetooth용 PIFA 설계

*신 경 섭, 김 영 두, 원 충 호, **이 홍 민

경기대학교 전자공학과

전화 : 031-246-8746 / 핸드폰 : 011-9954-3860

Design of PIFA with Stacked U-shape Parasitic Patch for GPS/IMT-2000/Bluetooth Application.

Kyung-Sup Shin, Yong-Do Kim, Chung-Ho Won, Hong-Min Lee

Department of Electronic Engineering, Kyonggi University

E-mail : kal2s@dreamwiz.com

Abstract

In this paper, a novel triple-band planar inverted F antenna(PIFA) is proposed. The goal of this paper is to design a small antenna which is operated in triple band. Using T-shape slit and stacked U-shape parasitic patch, good impedance matching is achieved in three band. T-shape slit is inserted on the main patch in order to effectively control the excited patch surface current distributions. The proposed antenna occupies a small volume of $26 \times 9.5 \times 6\text{mm}^3$, and the obtained impedance bandwidths cover the required operating bandwidths of the GPS(1565-1585MHz), IMT-2000(1885-2200MHz) and Bluetooth(2400-2484MHz) bands.

I. 서론

오늘날, 개인 휴대 통신 기술의 급속한 발달에 힘입어 제 3세대 꿈의 이동통신이라 불리는 IMT-2000은 무선 멀티미디어 통신으로 발전되어 데이터와 음성은 물론 동영상까지 전송 가능한 전 세계 단일 이동통신 시스템이다. 또한 블루투스는 단말기 사이의 자체적인 데이터 송수신외에 PC주변기기까지 응용범위가 확대되어 3세대 서비스용 단말기에는 필수기능으로 채용될

것이 확실시 되고 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 최근에는 위치기반서비스(LBS)를 위한 GPS 기능의 법제화 추세와 ISM 주파수 대역의 다양한 서비스를 기존 개인이동통신과 연동하여 운용될 수 있도록 많은 연구가 진행되어지고 있다. 따라서 향후 무선이동 단말기의 안테나 경향은 다중대역에서 동작하는 소형안테나의 필요성이 증대될 것이다.

안테나의 소형화를 위해 고유전율을 사용한 칩 안테나 형태와 집중정수 소자를 이용한 소형화는 표면파를 증가시키거나 안테나 효율을 감소시킴으로서 안테나 성능을 제한하는 단점을 나타내고 있다. 따라서 방사 소자를 3차원 구조로 확장시키거나^[1] 표면 전류의 실효길이를 증가시키기 위한 슬릿을 부설하는 방법^[2,3]은 단락판이 부설된 PIFA 구조와 접촉되어 경쟁력 있는 소형화 방법으로 연구되고 있다. 특히 방사소자에 슬릿을 부설하는 방법은 간단한 구조적 변화로 다중대역에서 동작할 수 있는 안테나를 구현할 수 있으며, Q-factor의 감소로 인한 임피던스 대역폭 증가와 제작시 Tolerance error 측면의 장점도 살릴 수 있는 이점이 존재한다.

본 논문에서 제안된 안테나는 PIFA의 주 패치 위에 T자형 슬릿을 부설하여 표면 전류의 경로를 분배함으로써 안테나가 IMT-2000 및 블루투스 대역에서 동작하도록 하였으며, 새로운 기생패치를 주 패치 상단에 적층하여 GPS 대역에서 동작하도록 설계 및 제작하였다. 본 논문에서 제시된 안테나의 전체 크기는

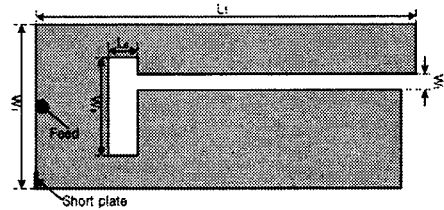
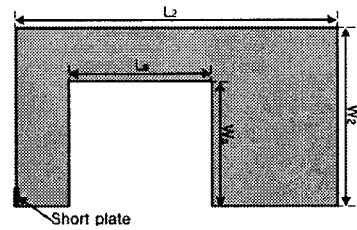
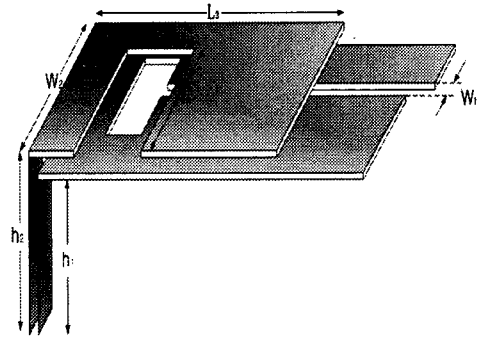
26×9.5×6mm³ 로 내장 가능한 형태로 기존의 모노폴 안테나, 헬리컬 안테나에 비해 소형 평면형 안테나로서의 장점을 갖고 있다.

II. 안테나의 설계 및 분석

본 논문에서 주파수 대역이 각기 다른 여러 서비스 이용 문제를 하나의 안테나로 해결하기 위하여 기생 패치와 슬롯을 사용하여 다중공진 시키는 방법을 적용하였으며, 제안된 새로운 삼중 공진 안테나 구조를 그림 1에 나타내었다. 접지 면에서 주 패치($L_1 \times W_1$)까지 폭이 2mm이고 높이(h_1) 5mm인 단락판(short plate)을 설치하였으며, 프로브를 사용하여 주 패치에 급전하도록 하였다. 다중대역을 형성하기 위하여 주 패치로부터 1mm되는 높이에 최대 방사 커플링이 발생하도록 U자형 기생 패치($L_2 \times W_2$)를 적용하였으며, 주 패치에는 표면전류의 흐름을 2개의 방향으로 나누어 이중 공진을 발생시키기 위한 T자형 슬릿을 부가하였다.

안테나가 IMT-2000 및 블루투스 대역의 주파수 영역에서 동작하도록 T자형 슬릿의 위치와 크기를 최적화하여 설계하였다. 설계는 우선 일반적인 PIFA의 설계공식인 $L + W + h = \lambda/4$ 를 이용하여 주패치의 크기를 결정하고 패치 상에 T자형 슬릿을 삽입시켜 IMT-2000과 블루투스 대역 주파수가 공진 하도록 하였으며, 그 다음에 기생 패치를 적층시켜 GPS대역의 공진 주파수가 형성되도록 하였다. 주 패치와 전자기적인 결합에 의하여 기생 패치 상에는 표면전류가 흐르게 되며, 적용되어진 기생패치의 영향으로 인하여 주패치의 블루투스 대역은 전류 실효 길이(effective length)가 $\lambda/4$ 보다 조금 더 길어졌다. 안테나의 설계에는 상용 소프트웨어인 IE3D V8.0을 사용하였다.

적층된 기생 패치의 슬릿 길이(L_a)변화에 따른 반사손실을 그림 2에 나타내었다. 슬릿의 길이(L_a)가 증가함에 따라 최상위 주파수와 최하위 주파수 사이의 FR (Frequency Ratio) 비율이 감소함을 확인할 수 있다. 공진 주파수 변화는 GPS 대역에서 가장 심한 변화를 나타내고 있고, 나머지 두개의 중심 주파수 이동폭은 상대적으로 적음을 나타내었다. 따라서 적층된 기생 패치의 크기가 최하위 설계 중심주파수인 GPS 대역에서 중요한 설계 요소로 판단되며, 이러한 변화는 적층된 기생 패치의 구조에 따른 표면 전류의 길이 변동이 최하위 주파수에 영향을 크게 주고 있는 것으로 생각된다.



$$L_1 \times W_2 = 26 \times 9.5\text{mm}^2, L_2 \times W_2 = 18.5 \times 9.5\text{mm}^2$$

$$\text{Groundplane} : 80 \times 40\text{mm}^2$$

$$L_s \times W_s = 6 \times 1.5\text{mm}^2, L_a \times a = 8 \times 7\text{mm}^2$$

$$h_1 = 5\text{mm}, h_2 = 6\text{mm}, W_t = 0.5\text{mm}$$

그림 1. 삼중 공진 PIFA 구조

(a) 3차원 구조 (b) 윗면

적층된 기생 패치의 높이(h_2)의 변화에 대한 안테나의 반사손실 특성을 그림 3에 나타내었다. 프로브를 사용하여 직접 급전한 주 패치의 높이(h_1)를 5mm로 고정된 상태에서 적층된 기생패치의 높이(h_2)를 변화시킨 결과, 기생 패치의 높이를 증가시키면 공진주파수가 상향되는 것을 알 수 있다. 또한, 적층된 기생패치는 최상위 주파수 대역과 최하위 주파수 대역 사이의 주파수 대역폭에 영향을 미치며 특히 최하위 주파수

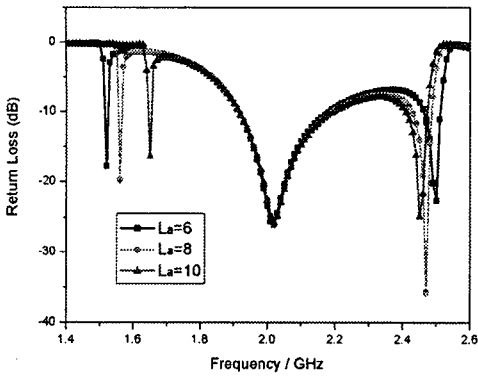


그림 2. 적층된 기생 패치의 슬릿 길이에 변화 대한 반사손실

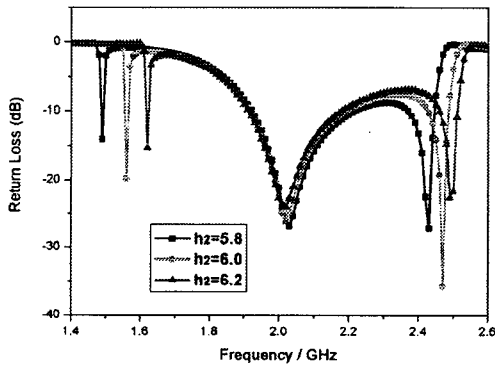


그림 3. 적층된 기생패치의 높이(h_2) 변화에 대한 반사손실

대역의 위치 변동이 더 크게 나타난다. 적층된 기생 패치는 주 패치로부터 상호 결합되어진 전자계에 의하여 동작하며 그 결과 적층된 기생 패치의 높이 h_2 가 6mm 인 경우에 안테나가 GPS 대역의 공진 주파수와 요구 되는 대역폭을 만족하였다.

그림 1에서 주어진 규격에 따라 각 공진 주파수에서 방사 패치의 표면 전류 (Surface Current) 분포를 그림 4에 나타내었다. 적층된 기생 패치에서는 제한된 방사 패치의 면적에 표면 전류의 실효 길이를 증가시키기 위해 슬릿 ($L_s \times W_s$)이 부설되었으며 주 패치와의 커플링과 커패시턴스 성분으로 인해 가장 낮은 설계 중심 주파수인 1.575GHz에서의 공진 특성이 적층된 기생 패치에서 나타나고 있다. 또한 2.0GHz와 2.4GHz의 서로 다른 중심 주파수에서의 표면 전류 분포는 T자형 슬릿이 부설된 주 방사 패치에서 확인할 수 있다. 방사 패치에 표면 전류 분포가 T자형 슬릿 주위에 강하게 집중되어 형성되어 슬릿 주위를 회전함으로써 증가

된 전류 실효 길이는 공진 주파수를 낮추어 안테나의 소형화에 기여하고 있다. 이와 같이 제한된 방사 패치에 슬릿을 부설한 단순 구조 변형은 안테나의 다른 성능을 저해하지 않고 효과적으로 안테나를 소형화 시킬 수 있는 기술적 방법을 제시하고 있다. 특히 주 방사 패치의 표면 전류 밀도가 슬릿 주위에 집중됨으로써 기생 패치에 부설된 슬릿의 위치가 임피던스 특성과 커플링에 영향을 미치는 중요한 설계 변수가 되고 있음을 알 수 있다.

그림 1에 주어진 규격에 따른 안테나의 시뮬레이션을 수행하여 얻은 복사 패턴을 그림 5에 나타내었다. 주파수 1575MHz에서 수직 및 수평면 내의 복사패턴은 대략 등방성의 양호한 특성을 나타내었으며, 제안된 안테나는 GPS대역에서 안테나가 선형편파로 동작하도록 설계하였다. 주파수 2000MHz, 2400MHz에서는 수평면 내 복사패턴이 단일 PIFA 보다 복사 패턴의 왜곡이 발생함을 볼 수 있는데, 이는 안테나 상단에 설치된 기생 소자가 주 패치의 복사에 영향을 주는 요소로 작용하기 때문이다. 시뮬레이션을 통하여 나타난 안테나의 이득은 약 $4 \sim 5$ dBi (1575MHz : 4.1dBi, 2000MHz : 4.9dBi, 2400MHz : 4.6dBi)로 양호하며 단말기 내부에

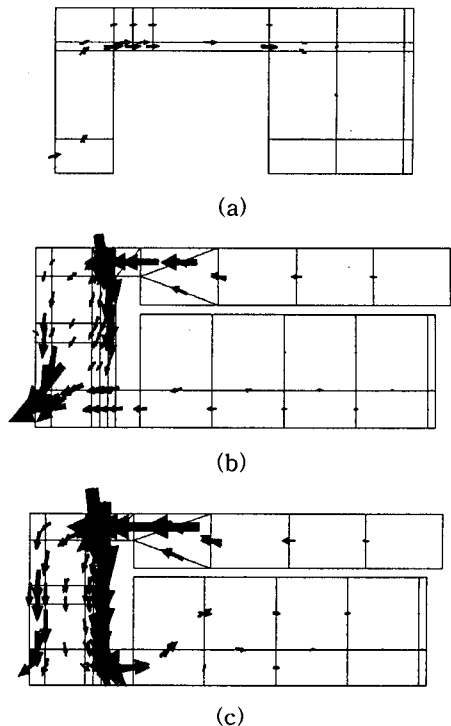


그림 4. 방사 패치 상의 표면 전류 분포

(a) 1575MHz (b) 2000MHz (c) 2400MHz
장착하기 위한 이득을 만족시키므로 제안된 안테나는 내장형 안테나로 실용화 될 수 있을 것으로 사료된다.

설계 규격에 따라서 제작된 안테나의 반사손실을 벡터 회로망 분석기를 사용하여 측정된 결과를 그림 6에 나타내었다. 제작된 안테나는 3중공진하는 특성을 나타내었다. 주 방사 패치에서는 약 -20dB, 적층된 기생 패치에서는 약 -10dB 이상의 반사손실을 나타내었으며, 각 주파수대역에서 요구되는 대역폭을 만족하고 있었다. 또한 측정된 안테나의 대역폭을 시뮬레이션 결과와 비교하여 볼 때 대역폭 측면에서 일부 개선되어진 특성을 나타내었다. 그 이유는 안테나 제작 과정에서 기인된 제작 오차에 의하여 GPS 대역과 블루투스 대역에서 반사손실이 시뮬레이션 값보다 약간 증가되었기 때문이다.

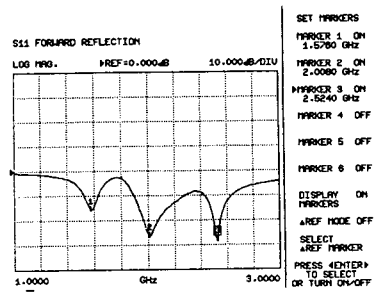


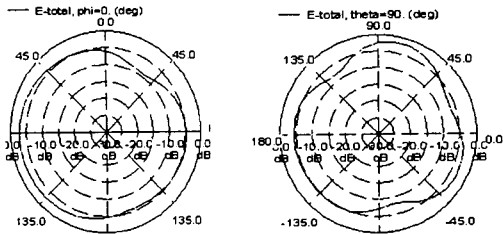
그림 6. 제작된 안테나 및 반사손실 측정결과

III. 결 론

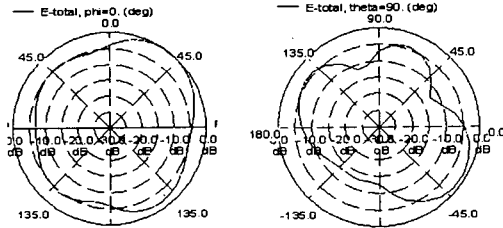
본 논문에서는 일반적인 PIFA의 구조에 T자형 슬롯과 U자형 적층형 기생 패치를 사용하여 3개의 주파수 대역에서 공진이 일어나도록 새로운 구조의 3중 공진 안테나를 설계하고 제작한 후 안테나의 전기적인 특성 및 복사패턴을 측정하였다. 시뮬레이션을 통하여 얻어진 제안된 안테나의 복사패턴은 GPS대역에서는 거의 등방성의 패턴을 나타내고 있었으나, IMT-2000 및 블루투스 대역에서는 수평면 내 복사특성의 왜곡이 발생하고 있었다. 그러나 제작된 안테나의 측정 결과 이 안테나는 3개의 서비스 대역에서 요구되는 주파수 대역폭 (VSWR<2)을 모두 만족하고 있었다. 제안된 안테나의 크기는 26×9.5×6mm로 단말기에 내장이 가능하며, 시뮬레이션결과 3중 주파수 대역에서 모두 4dBi 이상의 이득을 나타내고 있으므로, 이 안테나를 단말기에 내장함으로써 인한 이득 저하를 감안하여도 IMT-2000, GPS, 블루투스 서비스를 위한 내장형 안테나로 적합할 것으로 사료된다.

참고문헌

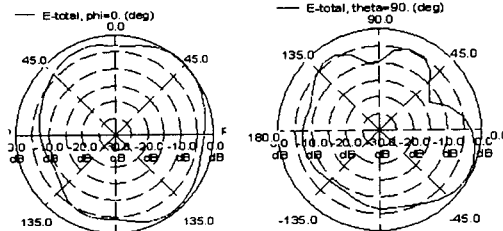
- [1] Gwo-Yun Lee and Kin-Lu wong, "Very lowprofile bent planar monopole antenna for GSM/DCS dual band mobile phone," *Microwave and optical technology letters*, vol. 34, no. 6, pp. 406-409, 2002.
- [2] Pekka Salonen, Mikko Keskilammi, and Markku Jivikoki, "Single-feed dual-band planar inverted-F antenna with U-shaped slot," *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 48, no. 8, pp. 1262-1264, 2001.
- [3] C.W Chiu, F. L. Lin, "Compact dual-band PIFA with multi-resonators," *Electronics Letters*, vol. 38, no. 12, pp. 538-540, 2002.



(a)



(b)



(c)

그림 5. 안테나의 복사패턴

(a)1575MHz (b)2000MHz (c)2400MHz