

갭 스텐더브가 삽입된 이중 대역(GPS, K-PCS) 미앤더 칩 안테나 설계

°김 영두, 신 경섭, 원 충호, 이 홍민**
경기대학교 전자공학과

경기도 수원시 팔달구 이의동 산 94-6 (우) 442-760
전화 : (031) 246-8746 / 팩스 : (031) 249-9796
E-mail: kiminam@kyonggi.ac.kr

Design of Meander Chip Antenna with Gap Stub for Dual-Band(GPS/K-PCS) Operation

°Young-Do Kim, Kyung-Sup Sin, Chung-ho Won, Hong-Min Lee**
Department of Electronic Engineering, Kyonggi University
San 94-6, Yiui-Dong, Paldal-Gu, Suwon-Si, Kyonggi-do, Korea
E-mail: kiminam@kyonggi.ac.kr

Abstract

This paper presents design simulation, implementation, and measurement of a miniaturized GPS/K-PCS dual-band LTCC chip antenna for mobile communication handsets. The dimension of LTCC chip antenna is 9mm×15mm×1.2mm. The lower meander type antenna is to be tuned to the lower frequency (GPS) band and the upper meander antenna with via hole connection is to contribute the higher frequency (K-PCS) band. In order to lowering the resonant frequency for GPS band, two printed modified meander antenna with gap stub is used to integrate with PCS band operation. The measured resonant frequency at GPS band shifts to lower frequency about 100MHz. The measured impedance bandwidth(VSWR ≤ 2) are 55MHz and 120MHz at the resonant frequency, respectively.

1. 서론

정보화 사회로의 발전은 무선 이동통신용 개인 단말기의 이동성을 증대하기 위한 소형화와 경량화, 다기능화와 같은 진보된 성능 개선을 요구하고 있으며, 전체적인 RF-Front End를 구성하는 수동/능동 부품의 SoC(System on Chip)화를 위해 안테나의 소형화가 요구되고 있다. 이러한 휴대용 단말기의 소형화 요구 증가는 전지의 용량, 크기와 함께 단말기의 크기와 디자인을 결정하는 가장 중요한 부품인 소형 안테나의 개발에 대한 관심을 유발시켰다. 특히, 이러한 무선 통신 시스템은 기존의 개인 이동통신 서비스가 보편화됨에 따라 셀룰러 및 PCS(Personal Communication Service)

이동통신 시스템과 연동되어 운용될 수 있도록 많은 연구 개발이 집중되고 있다. 실제로 최근 국내/외에서도 화재 및 조난 등의 위험상황을 대비한 응급구조 서비스의 법제화 추세와, GPS 기능 및 LBS(Location-Based Service) 시스템을 개인 이동통신과 연동하여 운용할 수 있도록 새로 출시되는 이동 단말기에 GPS 기능이 의무화돼 각종 교통, 보안, 물류 등의 부가 서비스 기능이 더욱 활발히 전개되어 새로운 부가가치를 창출하고 있다.

이와 같이 무선 이동 단말기에 적용되는 공진형 안테나의 소형화를 위해 기존에 사용되었던 비 유전 상수값(ϵ_r)이 높은 기판을 사용하거나, 외부에 집중 정수

(lumped element: 저항, 커패시터, 인덕터) 소자를 부설(loading)하는 방법들은, 표면파와 안테나의 효율을 현저히 저하시켜 안테나의 전기적인 특성을 제한하는 단점을 나타낸다. 따라서 최근에는 공진형 안테나의 실효 전류 길이를 증가시키기 위해서 방사 패치를 구조적으로 변형하거나, 3차원으로 방사 구조를 디자인하는 방법이 안테나의 소형화를 이루는 구조로 주목 받고 있다^{[1]~[3]}. 특히 PIFA(Planar Inverted F-Antenna) 구조와 같이 급진 방향의 리액턴스를 최소화한 공진 구조와 슬릿 부설에 의한 단순 구조 변형구조의 접목으로 보다 소형화된 칩 안테나 구조가 다양하게 소개되었다^{[4]~[6]}.

따라서 본 논문에서는 이와 같은 무선 이동통신 환경의 무선 단말기용 안테나에서 요구되는 소형화 문제를 해결하면서 다중대역에서 동작하며, 고효율의 안테나 성능을 갖는 이중 대역 소형 칩 안테나를 LTCC(Low Temperature Co-firing Ceramic) 적층 기술을 이용한 설계 방법을 제안하였다.

II. 안테나 설계 및 분석

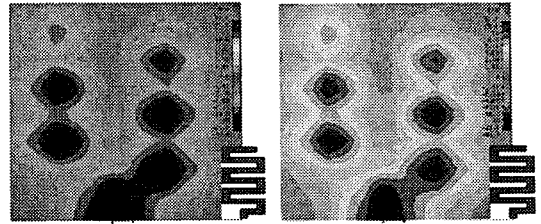
1. 이중 대역 미엔더 안테나의 분석

본 논문에서 제시된 미엔더 형태의 안테나 구조에서 방사 패턴과 안테나 효율은 방사 소자에 흐르는 전류 흐름에 크게 의존하고, 공동 모델에서 제시된 미엔더 형태의 수직/수평 방향의 전류 흐름은 안테나 전체 방사 메카니즘을 설명하는 정성적인 정보를 제공한다. 단일 미엔더 형태의 안테나 구조에서 X-축 방향으로의 표면 전류의 흐름은 미엔더 구조상 서로 반대 방향으로 형성되어 원거리장에서 서로 상쇄되는 장(field)을 형성하게 되며, Y-축 방향으로의 표면 전류 성분만이 동일한 방향을 형성하여 방사에 주로 기여하게 된다.

그림 1에서는 본 논문에서 제시된 단일 미엔더 안테나의 Y-축 방향의 자계 성분의 피크값을 3차원 EM-필드 소프트웨어(CST社-Microwave Studio 4.0)를 통해 모의 실험한 결과를 나타내었다. 자계 성분의 크기는 Y-축 좌표가 증가할수록 약해지며, 기준 위상을 중심으로 동일 방향을 향하고 있음을 확인할 수 있다. 본 논문에서 적층된 미엔더 형태의 방사 구조에서 방사에 기여하는 수직부의 전기적 실효 길이를 증가시키기 위해 갭 스텐트가 삽입된 변형된 미엔더 라인의 안테나 구조를 그림 2에 나타내었다.

수직 비아홀을 통해 적층된 미엔더 방사 구조를 이루는 설계 파라미터는 수직부($V_H \times V_L = 1 \times 2mm$)와

수평부($h_w \times h_L = 0.4 \times 8mm$)가 동일한 설계 변수로

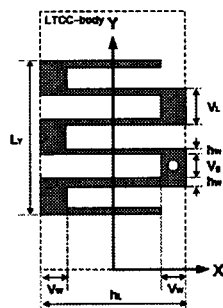
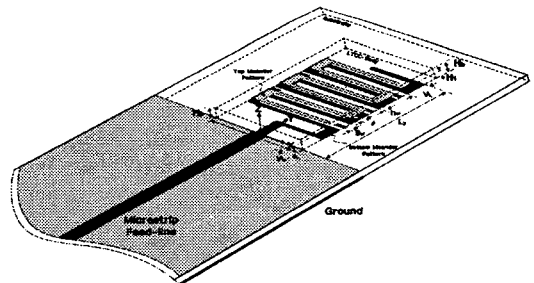


(a) 위상 0°

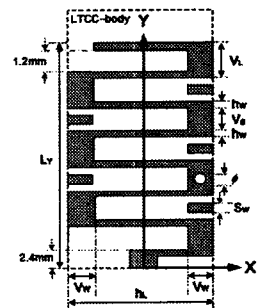
(b) 위상 180°

그림 1. 단일 미엔더 안테나 자계의 Y-방향 스칼라 성분.

설계 되었으며, 미엔더 방사 소자의 Y-축 방향의 길이(L_Y)는 각각 12mm 와 10mm로 아래쪽에 위치한 미엔더 방사 소자의 전체 길이가 위쪽에 위치한 방사 소자의 전체 길이보다 길게 설계되었다. 따라서 전류의 실효 공진 길이가 보다 길게 형성된 아래쪽 미엔더 라인이 GPS 설계 중심 주파수(1.575GHz)에, 짧게 형성된 위쪽 미엔더 라인이 K-PCS(1.8GHz) 설계 중심 주파수에 일치하도록 설계 파라미터를 설정하였다.



Top Meander Patch



Bottom Meander Patch

$$V_w \times V_L = 1 \times 2 \text{ mm}, h_w \times h_L = 0.4 \times 8 \text{ mm},$$

$$S_w = 0.2 \text{ mm}, H_1 = 0.3 \text{ mm}, H_2 = 1.2 \text{ mm}, \phi = 0.5 \text{ mm},$$

$$\text{LTCC Body Size}(\epsilon_r = 7.8): 9 \times 15 \times 1.2 \text{ mm}$$

그림 2. 갭 스텐트(gap stub)가 삽입된 이중대역 미엔더 안테나의 구조.

적층된 안테나 구조에서 비아홀(via-hole)을 구성하는 높이의 설계 변수(H_1)는 방사 구조의 상호 커플링 영향으로 설계 중심 주파수와 이중 대역의 주파수 비(FR: Frequency Ratio)를 결정하는 중요한 설계 변수로 작용한다. 비아홀의 높이가 0.11mm에서 0.91mm로 변화할 때 공진 주파수와 주파수 비의 변화를 그림 3에 나타내었다. 비아홀의 높이에 변화에 따라 이중 대역의 낮은 주파수 대역(GPS-band)의 공진 주파수 변화는 상대적으로 변화폭이 미약하지만, 높은 주파수(K-PCS) 대역은 비아홀의 높이가 커질수록 공진 주파수가 증가하였다. 이중 대역의 중심 주파수 비(FR)는 비아홀의 높이가 0.11mm에서 0.91mm로 증가 할수록 1.2에서 1.48로 증가하였다.

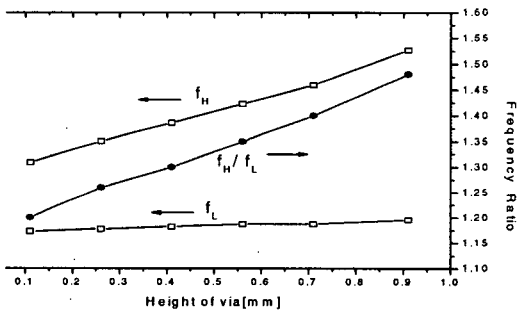


그림 3. 비아홀(via-hole) 높이에 따른 공진 주파수와 주파수 비(FR) 변화.

기본 미엔더 안테나 구조에서 동일한 수직부 폭 ($V_w=1mm$)을 갖고, 하부 미엔더 방사구조의 수직부 사이의 갭의 설계 변수 S 에 따른 공진 주파수 변화를 그림 4에 나타내었다. 전기적 실효 길이를 연장시키기 위해 스테르브가 삽입된 구조에서는 삽입된 스테르브의 설계변수 S 가 0.1mm에서 0.5mm로 증가함에 따라 1.74 GHz의 공진 주파수가 1.58 GHz로 감소하였다.

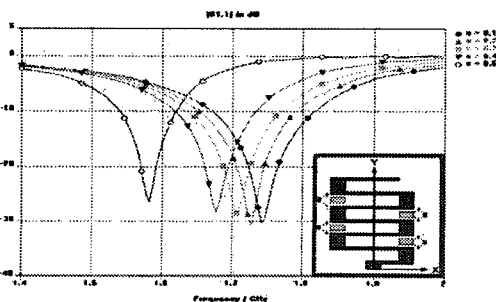


그림 4. 갭 스테르브 연장에 따른 공진주파수 변화.

이와 같이 수직부에 실효 전류 흐름을 증가시키기 위해 갭 스테르브가 삽입된 변형된 구조는 안테나를 소형화 시키면서, 수직부의 실효 전류 흐름을 증가시킬 수 있는 독립된 설계 변수로 이용될 수 있을 것이다.

2. 제작된 안테나 측정 결과

그림 5에서는 LTCC 기반 기술에 의해 갭 스테르브가 삽입된 이중대역 소형 칩 안테나를 나타내었다. LTCC-Body를 구성하는 그린 쉬트는 Dupont사의 DP 9599 계열의 비유전 상수값이 7.8인 재료를 사용하였고, 방사 구조의 패턴 형성은 Tanaka TR 651 계열의 Ag로 도포되어 형성되었다. 적층된 쉬트의 소결과정에서 Sintering은 850°에서 40분 동안 가공되었다.

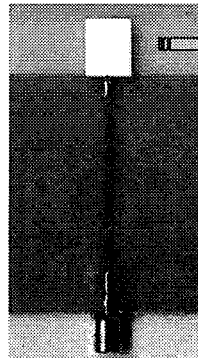


표 1. 소성 Profile.

Material	Dupont DP 9599
Dielectric Constant	7.8±0.1
Electrode	Tanaka TR 651 TS (Ag content 75wt%)
Sintering Profile	850 °C/40min holding
Tcf	-27.3(ppm/°C) Ring resonator 측정

그림 5. 제작된 안테나와 소성 과정과 재료.

제작된 갭 스테르브가 삽입된 이중 대역 미엔더 칩 안테나의 측정된 반사 손실 특성을 그림 6에 나타내었다. GPS 대역과 K-PCS 대역에서 반사 손실 특성은 -13dB와 -23dB를 나타내었고, 임피던스 대역폭은 각각 $VSWR \leq 2$ 기준으로 약 55 MHz와 120MHz로 양호한 특성을 나타내었다. 이와 같이 미엔더 방사구조에 갭 스테르브를 부설한 경우 GPS 대역의 공진 주파수는 1.408GHz로 각각 감소하는 측정 결과를 얻었다.

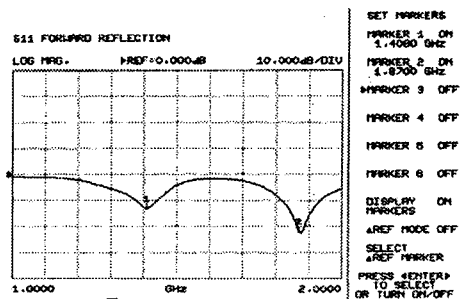


그림 6. 제작된 안테나의 반사 손실 측정값.

그림 7에서는 갭 스테르브가 삽입된 이중 대역 칩 안테나의 방사 패턴을 1.40GHz와 1.87GHz에서 X-Z평면

과 X-Y평면에서 나타내었다. X-Z 방사패턴은 전방향으로 등방성(omni-directional) 패턴을 보이고 있으며, X-Y 평면상의 패턴은 Y-축 방향으로 놓인 다이폴 패턴과 유사하며, 2.5dBi와 2.8dBi의 특성을 나타내었다.

이와 같이 X-Y 평면에 다이폴 형태의 패턴 형성은 Y-축 방향의 수직 전류 분포에 의한 원거리 방사장의 형성 결과로 볼 수 있으며, X-축 방향으로의 수평축 전류 분포는 원거리 장에서 서로 상쇄되는 방사장을 형성하고 있음을 확인할 수 있다.

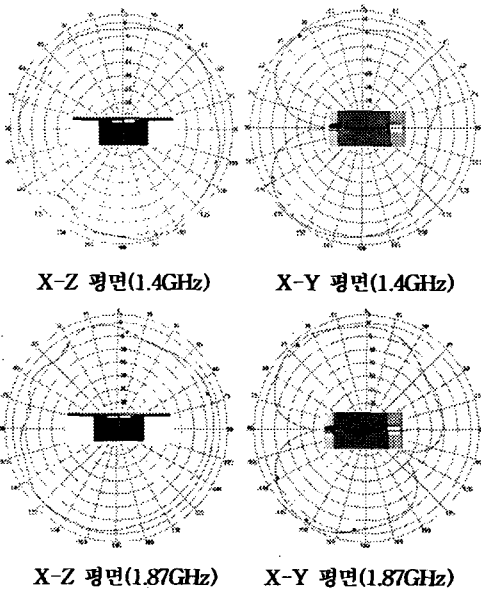


그림 7. 미엔더 칩 안테나의 측정된 방사 패턴

Acknowledgements

This work was supported by grant No.(R05-2002-000-00883-0) from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.

III. 결론

본 논문에서는 기존의 직사각형의 방사 소자에 다중 슬릿과 갭 스티브를 삽입하여 전류의 전기적 실효길이를 증가시킨 미엔더 형태의 방사 구조를 제안하였다. 적층된 미엔더 구조의 GPS용 안테나의 소형화 특성을 개선하기 위해 스티브가 삽입된 변형된 적층 구조에서는 공진 주파수가 1.486GHz에서 1.408GHz로 각각 감소하는 측정 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 미엔더 방사 구조에 갭 형태의 스티브가 삽입된 변형된 적층 구조가 GPS 대역의 소형화 특성을 개선시킬 수 있음

을 확인 할 수 있었다.

이와 같이 LTCC 기반 기술에 의해 칩 안테나를 설계하는 방법은 무선 이동 단말기용 안테나의 소형화에 경쟁력 있는 방법으로 응용될 수 있을 것으로 판단되며, 또한 LTCC 공정상 소결과정을 고려한 설계 변수 결정이나 삼중 대역 이상으로의 확장을 위한 설계 및 실제 단말기에 실장시 안테나의 전기적 특성 변화에 대한 연구가 향후 계속 연구되어야 할 것이다.

Reference

- [1] T. Adachi, A. Hirata, and T. Shiozawa, "Folded-loop antennas for handset terminals at the 2.0-GHz band," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 36, pp. 377-378, 2003.
- [2] P. L. Teng, H. T. Chen, and K. L. Wong, "Multi-frequency planar monopole antenna for GSM-DCS-PCS-WLAN operation," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 36, pp. 350-352, 2003.
- [3] C. L. Tang, C. W. Chiou, and K. L. Wong, "Broadband dual frequency V-shape patch antenna," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 25, pp. 121-123, 2000.
- [4] N. C. Karmakar, L. C. Heng, and C. B. Teong, "Frequency tuning of a dual-band dual-feed PIFA antenna for future mobile communications," *Microwave Opt. Technol. Lett.* vol. 31, pp. 347-348, 2001.
- [5] S. H. Y도, C. Y. Fang, and K. L. Wong, "PIFA-monopole internal mobile phone antenna for GSM-DCS-PCS triple-band operations," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 35, pp. 217-218, 2002.
- [6] Wang Y, Lee ching kwang, "One novel single patch dual frequency planar inverted-F antenna," *Proc. of International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology*, pp. 444-447, 2000.