논문 2008-45TC-1-14

GSM/DCS/Bluetooth 대역에서 동작하는 단락된 폴딩 구조의 안테나

(Shorted and Folded Antenna for GSM/DCS/Bluetooth Triple-Band Applications)

김 종 성*

(Jong-Sung Kim)

요 약

본 논문에서는 휴대폰에서 GSM/DCS/Bluetooth 대역에서 사용되는 내장형 안테나에 관한 것으로 폴딩형태의 루프를 기본 구조로 한다. 폴딩형 루프의 중심에 급전과 단락점을 대칭적으로 형성하여 1/4 파장의 정수배가 되는 주파수에서 공진이 가능하도록 하였다. 이 루프구조의 한쪽 종단에서 개방형 스터브를 구현하였는데 이는 루프구조의 공진기에 개방형 스터브에 의하여 공진 주파수를 낮추는 기능을 갖는다. 또한 개방형 스터브는 PIFA 구조의 기능을 하여 GSM 대역에서 새로운 공진을 추가하여 대역폭의 증대를 가져온다.

Abstract

A new internal antenna for GSM/DCS/Bluetooth application is proposed by using a folded loop resonator. Both feed leg and shorting leg are symmetrically implemented at the center of the folded loop, thus leading to produce resonances at integer frequencies of quarter wavelength. An open stub added at one end of the folded loop can reduce resonant frequencies. The open stub play a role in generating PIFA structure at a GSM band, thus increasing bandwidth, Two resonances at the GSM band are observed at folded ring and PIFA, respectively.

Keywords : Foleded Ring, PIFA, GSM, DCS, Bluetooth

Ⅰ. 서 론

최근에 무선통신이 급속하게 발전함에 따라서 이동 단말기가 점차 소형화하는 추세이다. 이를 충족시키기 위하여 단말기 안테나의 크기의 소형화에 대한 연구가 많이 진행되었다. 이에 따라서 기존의 외장형에 비해서 내장형 안테나에 대한 비중이 증대되고 있다. 안테나의 특성, 즉 대역폭, 방사 패턴 및 이득의 관점에서 우수한 성능을 가지면서 내장이 용이하도록 소형으로 제작되어야 한다. 이러한 이유로 평면형 안테나의 구조를 이용하여 소형이면서 광대역 설계는 많은 주목을 받고 있다. 지금까지 대부분의 내장형 안테나는 평면형 역 에프 구조(Planar Inverted-F Antenna: PIFA), 미앤더 라인형의 칩 안테나 그리고 평면형 모노폴 안테나가 주를 이루고 있다[1]. 이러한 구조 중에서 평면 구조의 역 에프형 안테나가 소형이고 전기적 특성이 우수하여 가장 주목을 많이 받고 있다. PIFA 는 접지면, 패치, 급전선 및 단락선으로 구성되어 1/4 파장의 길이를 갖는 공진기이며, 따라서 기존의 보편적인 공진형 방사체에 비하여 50% 의 길이 절감의 효과를 갖는다. 이러한 특징으로 갖는 PIFA 구조는 다중대역 주파수 특성을 위하여, 2개 이상의 분할된 패치 구조[2], U 형의 슬롯이 식각된 패치 구조[3], 폴딩 및 브랜치 라인을 갖는 구조 및 다중밴드용 내장형 슬롯을 갖는 형태[4] 등이 개발되었다. 이러한 다중밴드용 PIFA 구조는 대역폭의 제한 및 효율

* 정회원, 경성대학교 멀티미디어통신공학과
(Kyungsung University, Department of Communications Engineering)
※ 이 논문은 2007학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.
접수일자:2007년7월26일, 수정완료일:2008년1월15일

의 저하로 인하여 소형화된 구조에서 문제점을 갖는다.

이 논문에서는 PIFA 구조의 문제점을 극복하는 방안으로서 폴딩 형태의 링 구조의 전송선로에 단락점을 추가한 형태(Shorted and Folded Ring : SFR)를 제안한다. 이 구조는 기존의 PIFA 구조에 비하여 폴딩과 단락에 의하여 길이의 절감을 이룰 수 있으며, 폴딩 구조가 모노폴 안테나와 PIFA 구조를 선택적으로 이용할 수 있는 형태이다. 본 논문에서는 SFR 구조에 대하여 등가 회로망으로 기능을 서술하고 이를 이용하여 3개 대역에서 사용가능한 구조를 설계한다. 특히 GSM 대역에서의 대역폭의 제한을 링 모드와 PIFA 모드의 공진 주파수를 일치시켜서 광대역화를 구현하였다.

Ⅱ. 제안 안테나의 구조

그림 1 에는 본 논문에서 제시하는 이동통신 단말기용으로 폴딩 형태의 다중대역 내장형 안테나를 나타낸 것이다. 32x80 mm^2의 넓이를 갖는 FR4 기판에 32x14x6 mm^3 의 부피를 갖는 내장형 안테나를 나타내었다. 스트립 라인은 2.0 mm 의 폭과 0.1 mm 의 두께를 갖는 동박을 이용하였으며 안테나의 구조체를 형성하기 위하여 플라스틱 재질의 ABS 윗면과 양 측면에 스트립 형태의 동박을 붙였다.

공간 이용의 효율성을 높이기 위하여 ABS 의 윗면

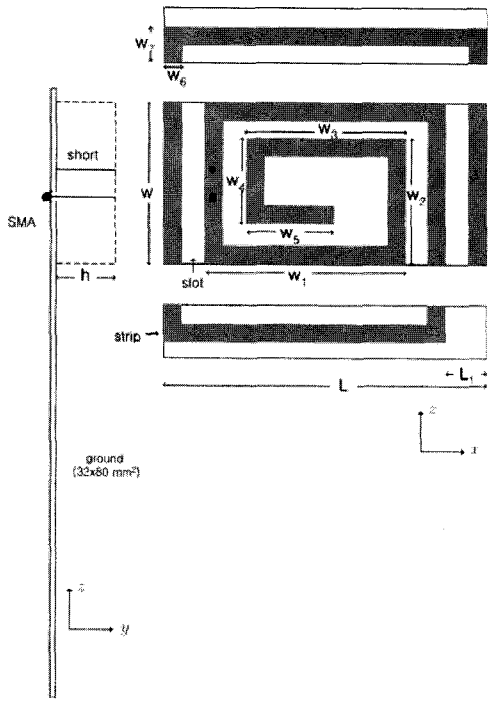


그림 1. 제안된 안테나 구조
Fig. 1. The Proposed Antenna.

표 1. 안테나의 구조 파라미터
Table 1. Geometrical Parameters of the Proposed Antenna.

파라미터	값(mm)	파라미터	값(mm)
L	32.0	w_3	18.0
L_1	6.0	w_4	8.0
h	6.0	w_5	13.0
w	14.0	w_6	2.0
w_1	22.0	w_7	3.0
w_2	12.0		

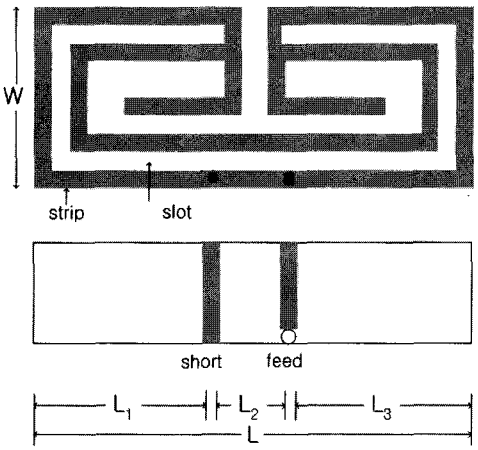


그림 2. SFR 의 구조
Fig. 2. Configuration of SFR Radiator.

과 양 측면을 이용하였다. 안테나의 구조체에 단락점과 급전점은 원과 사각형으로 위치를 표시하였으며 1 mm 의 지름의 copper 로서 접지면과 연결하였다. 안테나의 상세한 치수는 <표 1>에 나타내었다. 그림 1의 안테나의 동작 원리는 참고문헌 [5]의 FICA(Folded Inverted Conformal Antenna) 형을 기본으로 한 것으로 여기에 개방형 스터브를 양쪽 종단에 붙여서 소형화 및 다중대역 특성을 동시에 구현하였다. 그러나 참고문헌 [5]에는 FICA 의 정성적 동작에 관하여 설명이 불충분하며, 구조에 대한 공진 주파수의 관계가 나타나 있지 않다. 그림 1 의 안테나 기본 구조는 폴딩형태의 링의 중심부에 단락점과 급전점을 갖는 SFR 구조이며, 여기에 추가적으로 개방형 스터브(W_1-W_5)를 부착한 형태이다. FICA 구조와는 기능적으로 유사하나 SFR 이 기능적인 특성을 더 포괄적으로 나타낸다고 할 수 있다. 그림 2 에는 기능적인 설명을 위하여 그림 1의 구조에서 측면에 부착된 부분을 동일평면으로 가져와서 SFR 구조를 나타내었다. 접지면에서 높이 h 위에 스트립을 이용하여 방사체를 나타내었으며 스트립의 내부에 일정한 폭을 갖는 슬롯을 두었다. 슬롯의 종단에는 스트립을 별도의 길이만큼 확장하였다. 여기에서 L 과 W 는 임의의 길

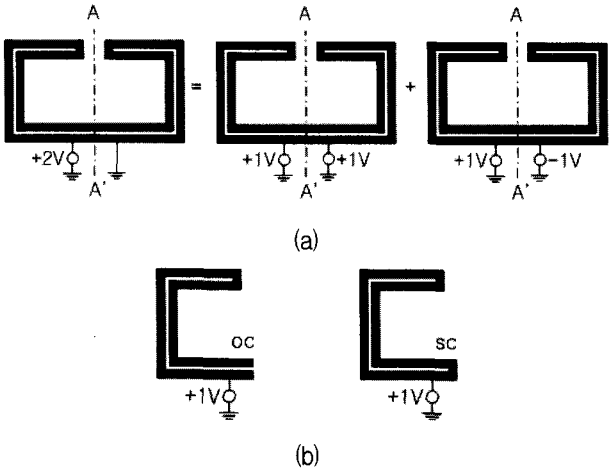


그림 3. SFR 의 등가 회로망
Fig. 3. Equivalent Network of SFR Structure.

이를 나타내며, 공진주파수를 결정하게 된다.

스트립을 폴딩 형태로 감은 이 구조에 급전점과 단락점을 대칭인 위치에 두었다. 참고문헌 [5]의 구조에서 본 논문에서는 개방형 스터브를 추가함으로써 대역폭의 확대를 통한 성능 향상시켰다. 먼저 SFR 구조에 대한 공진 특성은 그림 3 의 등가회로망을 이용하여 설명한다. 접지면 위에 Folded Ring 의 중심에 급전점과 단락점을 마련한 형태로 이를 우수모드와 기수모드의 합으로 볼 수 이를 그림 3(a) 에 나타내었다[6]. 우수 모드는 AA′ 면을 기준으로 양측이 대칭이 되어 기준면이 자계면(Magnetic Wall)으로 동작하며, 회로적으로 개방선로로 작용한다. 기수모드는 AA′ 기준면이 전계면(Electric Wall)으로 동작하며, 회로 개념으로는 단락회로가 된다. 이를 그림 2(b) 에 나타낸 바와 같이 우수모드는 급전점을 기준으로 폴딩을 지난 후 종단이 개방된 형태로서 모노폴 안테나와 같이 1/4 파장 길이에서 공진이 생성된다. 이것이 SFR 의 기본모드에 해당하며 이의 홀수배의 주파수에서 공진이 주기적으로 일어난다. 기수모드는 급전점을 기준으로 종단이 단락된 형태로서 1/2 파장길이의 정수배의 주파수에서 공진이 일어난다. 즉 전체적으로 1/4 파장길이의 홀수배의 주파수에서는 우수모드, 짝수배의 주파수에서는 기수모드가 공진기로서 작용한다.

앞에서 설명한 SFR 동작에 추가하여 그림 1의 방사체의 위에 추가한 개방형 스터브의 기능은 첫째, SFR 의 공진길이의 확장에 의한 소형화를 이룰 수 있고, 둘째, SFR 자체내의 단락점과 급전점을 기준으로 개방선로가 PIFA 형 공진기로서 작용한다. 본 논문에서는 이를 기본모드의 주파수에 맞추어 기본모드 주파수의 대역폭 확장 기능을 갖는다.

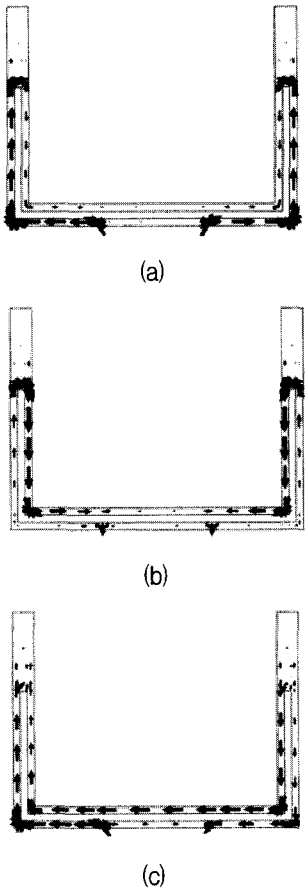


그림 4. SFR 구조의 전류 분포
Fig. 4. Current Distribution of SFR Structure.

그림 4에는 앞에서 설명한 SFR 구조에 대한 공진주파수에서의 전류분포를 나타내었다. 이는 IE3D 를 이용하여 방사체의 동박의 표면에서의 전류분포를 구한 것이다. L=40mm, W=20mm 에 대한 결과이며 내부 슬롯의 길이는 70mm, 슬롯의 폭은 1mm 에 대한 결과이다. 그림 4(a) 는 제시된 구조에서 900MHz 근처에서의 전류분포인데 AA′ 면에서 전류가 최소가 되어 등가적인 개방선로로 작용함을 알 수 있고 기준면을 통하여 대칭인 형태이다[7]. 급전점과 단락점에서 최대이고 전류의 방향이 개방점을 향하며 점차 감소하는 형태이다. 그림 4(b)는 PIFA 로서 작용하는 형태로서 급전점에서 개방스터브의 종단까지 공진기로 작용하며 1.7 GHz 에서의 결과이다. 그림 4(c)는 약 2.55GHz 의 주파수에서 기준면이 단락점으로 작용하며 1/2의 파장길이에서 공진이 발생함을 알 수 있다. 상용 다중대역 주파수에 대한 공진 주파수를 튜닝하는 것은 SFR 및 개방선로의 구조 파라미터를 이용하여 제어가 가능하다.

Ⅲ. SFR 구조의 제작 및 측정

그림 5에는 제작한 SFR 안테나의 사진을 나타내었다. 32x80 mm^2의 PCB 기판 위에 32x14x6 mm^3의 체적을 갖는 SFR 구조를 휴대폰의 최상부에 위치시켰다. 특히 기존의 내장형 안테나에 비하여 두께를 얇게 하였다. 여기에 급전은 스트립라인 급전을 이용하였다. 안테나의 소형화를 위해서 양측면에 스트립을 붙였으며 이를 도면의 측면도에 나타내었다. 공진 모드에 대한 경로는 스트립 라인의 길이와 내장형으로 형성된 슬롯의 구조에 의하여 결정된다. 그림 6 에는 그림 5의 구조에 대한 반사손실을 나타낸 것이다. GSM, DCS, Bluetooth 3개의 대역에 대한 동작이 관측되었다. 실험치와 이론치의 비교를 위해서 FDTD 시뮬레이터에 의한 계산결과를 함께 나타내었다. 계산 결과가 실험치를 어느 정도 비슷한 결과를 나타내었다. 그러나 GSM 대역에 대한 대역폭이 차이를 나타내는데 이는 측정된 결과가 FR4 기판의 옴 손실에 기인한 것으로 예측된다. 측정된 대역폭은 그림 6의 내부에 표시하였는데 측정된 3개의 특성이 밴드 규격을 만족한다. 가용 대역폭과 정합의 정도는 슬롯과 스트립의 길이에 의하여 제

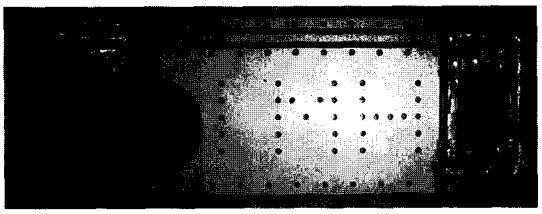


그림 5. 제안 안테나의 사진
Fig. 5. Photograph of the Fabricated Antenna.

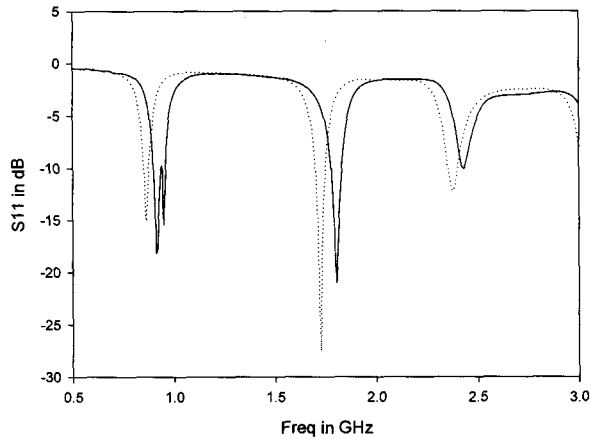
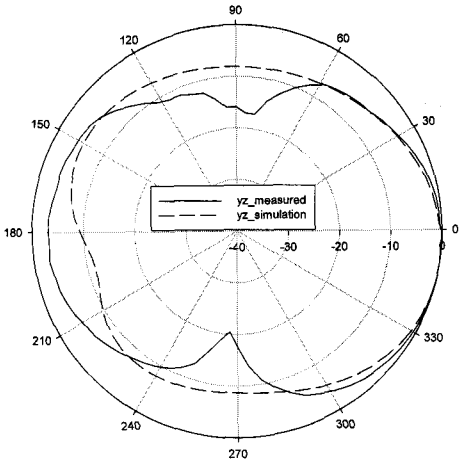
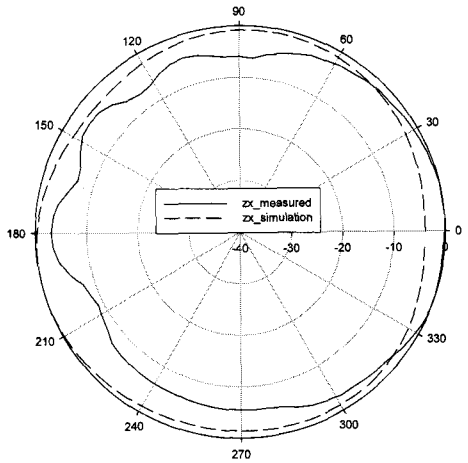


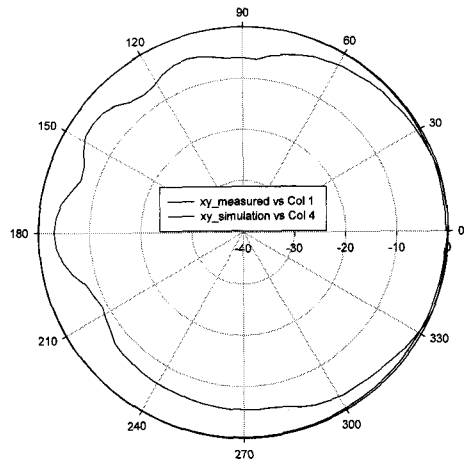
그림 6. 안테나의 산란 파라미터(점선: 계산결과, 실선: 측정결과)
Fig. 6. Scattering Parameter.



(a)

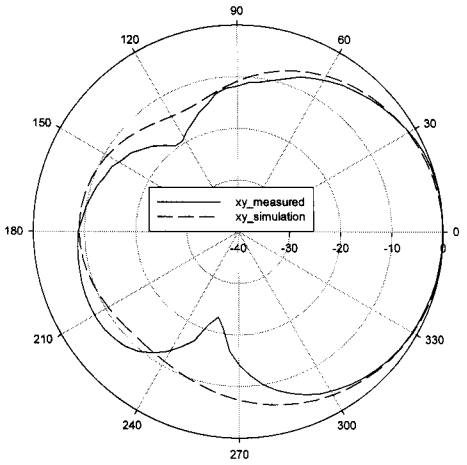


(b)

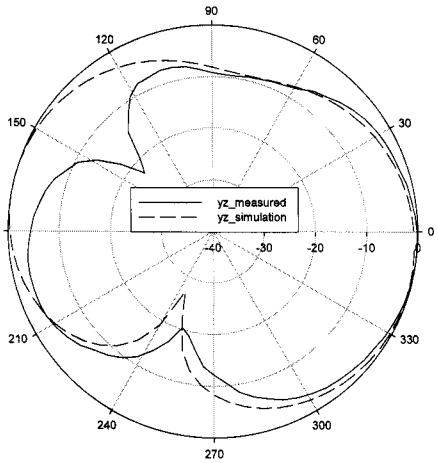


(c)

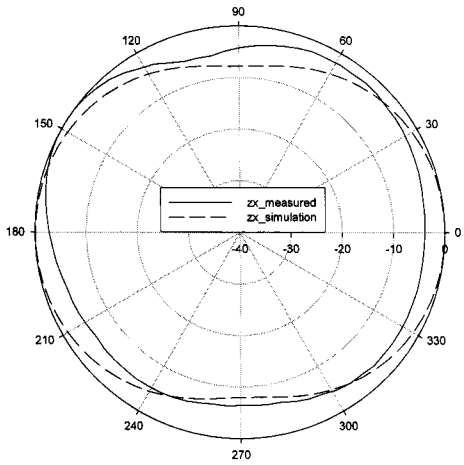
그림 7. GSM 대역에서의 방사패턴
(a) xy 평면 (b) yz 평면 (c) zx 평면
Fig. 7. GSM Radiation Pattern.
(a) xy plane (b) yz plane (c) zx plane



(a)



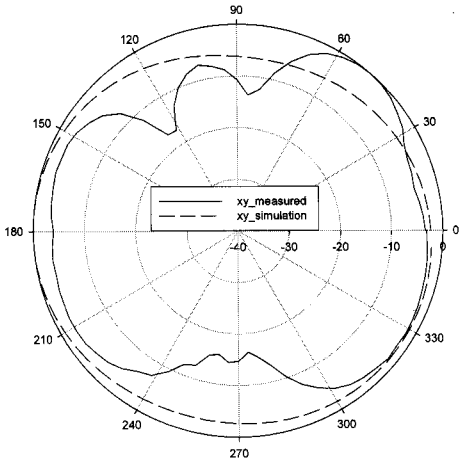
(b)



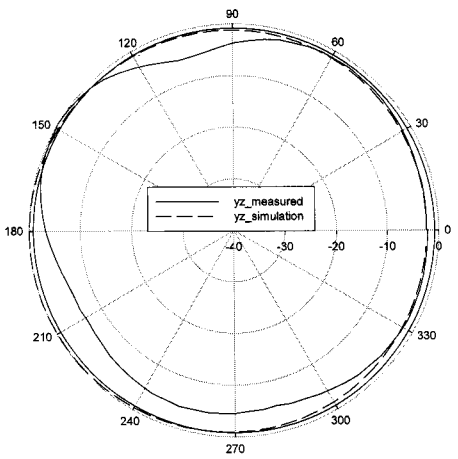
(c)

그림 8. DCS 대역에서의 방사패턴
(a) xy 평면 (b) yz 평면 (c) zx 평면

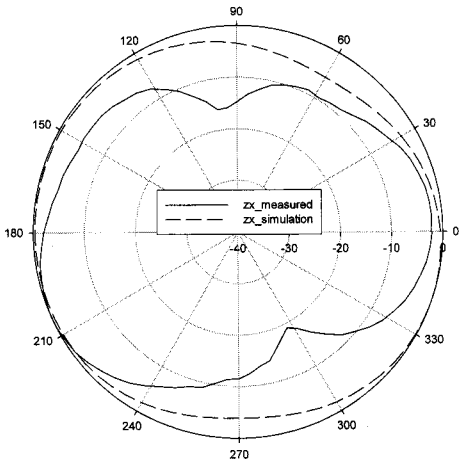
Fig. 8. DCS Radiation Pattern.
(a) xy plane (b) yz plane (c) zx plane



(a)



(b)



(c)

그림 9. Bluetooth 대역에서의 방사패턴
(a) xy 평면 (b) yz 평면 (c) zx 평면

Fig. 9. Bluetooth Radiation Pattern.
(a) xy plane (b) yz plane (c) zx plane

어가 가능하다. 현재의 구조는 작은 크기와 가용 대역폭에 대한 타협의 결과이다. 이 구조는 기존의 다중대역 PIFA 구조에 비하여 소형이고 복잡한 공정을 필요로 하지 않는다.

측정한 결과에서 GSM 대역의 공진은 그림3(b) 의 우수모드 구조와 이의 전류분포인 그림4(a) 에 의한 공진특성과 그림1 의 단락점과 (W1-W5) 의 개방형 스터브에 의한 1/4 파장길이에 의한 PIFA 특성의 공진이 동시에 일어나도록 설계하였다. 이에 의하여 그림 6에서 GSM 대역에서 2개의 공진이 나타나는 것을 볼 수 있다. 일반적으로 이동통신용 GSM/DCS 및 CDMA /PCS 다중대역 안테나에서 GSM 또는 DCS 대역에 대한 대역폭을 넓히는 것이 많은 기술적 어려움이 있다. DCS 대역에 대한 공진 특성은 그림4(b) 에 나타난 전류분포이며 이는 그림3(b) 의 우수모드가 GSM 대역의 모노폴 특성과는 달리 반파장 길이에 의한 공진특성을 나타내는 것이다. 블루투스 대역은 그림4(c) 의 전류분포이며 이는 그림3(b) 의 기수모드에 의한 공진특성이다. 그림4(c) 의 양쪽 대칭된 위치에서의 전류의 방향이 반대임을 볼 수 있다.

그림 7-9 에는 890, 1800, 2400 MHz 의 주파수에서 계산 및 측정에 의한 복사 패턴을 나타내었다. 측정결과와 계산결과가 잘 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 Blutooth 대역에서 약간의 차이를 나타내는데, 이는 측정 케이블에 의한 영향으로 볼 수 있다. zx 평면에서 3개의 대역에 대한 최대 이득은 1.45, 2.11 및 1.07 dBi 이다.

기존의 안테나의 구조에 비하여 본 논문에서 제안하는 구조가 갖는 특징은 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, SFR 구조는 폴딩과 단락을 함께 이용하므로 소형으로 제작가능하다. 본 논문에서 실험결과에서 기존의 안테나에 비해서 단면적이 작고, 특히 높이가 6mm 로 기존의 PIFA 에 비해서 작은 것이 휴대폰에 내장하기에 효율적인 잇점으로 작용한다[8]. 둘째, 그림 2와 같은 등가회로에 의하여 반쪽이 공진이 가능하기 때문에 안테나의 이득과 효율이 향상된다. 이에 대해서는 비교모델의 도출을 통하여 추가적인 측정이 더 요구된다. 셋째, 단락점과 급전점을 비대칭으로 설계하여 다양한 안테나 성능을 구현하는 것이 가능하다.

Ⅲ. 결 론

SFR 구조를 이용한 GSM/DCS/Bluetooth 대역을 위한 안테나를 제안하였다. 폴딩과 단락의 위치에 의하여 제안한 구조는 작은 크기에서도 요구되는 안테나 성능을 나타내었다. 제안한 설계가 작은 크기, 고효율 그리고 3중대역 동작 등 을 나타내며, 제안구조의 추가적인 구조연구를 통하여 성능개선이 기대된다.

참 고 문 헌

[1] K. L. Wong, "Planar Antennas for Wireless Communications," John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2003.

[2] Z. D. Liu, P. S. Hall, and D. Wake, "Dual-Frequency Planar Inverted-F Antenna," IEEE Trans. Antennas Propagation, , Vol. 45, pp.1451-1458, Oct., 1997.

[3] P. Salonen, M. Keskilammi, and M. Kivikoski, "Single-Feed Dual-Band Planar Inverted-F Antenna with U-Shaped Slot," IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol.48, No.8, pp.1262-1264, August, 2000.

[4] F. R. Hsiao, H. T. Chen, G.Y. Lee, T. W. Chiou, and K. L Wong, "A Dual-Band Planar Inverted-F Single-Feed Dual-Band Planar Inverted-F Patch Antenna with a Branch-Line Slit," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol.32, pp.310-312, Feb., 20, 2002.

[5] C. Di Nallo and A. Faraone, "Multiband Internal Antenna for Mobile Phones," Electron. Lett., 2005, 41, (9), pp. 1824-1826

[6] K. R. Boyle and L. P. Ligthart, "Radiating and Balanced Mode Analysis of PIFA Antennas" IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 54, No.1, pp.231-237, Jan., 2006.

[7] IE3D 8.04, Zeland Software, Inc., Fremont, CA.

[8] Hong-Twu Chen, Kin-Lu Wong, and Tzung-Wern Chiou, "PIFA with a Meandered and Folded Patch for the Dual-Band Mobile Phone Application," IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol.51, No.9, pp.2468-2471, Sept., 2003.

저 자 소 개

김 종 성(정회원)
대한전자공학회 논문지
vol. 44, no, 11 참조