GSM/GPS/DCS/US-PCS 대역 이동 단말기를 위한 저자세 내장형 안테나

A Low-profile Internal Antenna for GSM/GPS/DCS/US-PCS Mobile Handsets

정우재 정병운 이학용 이병제

(광운대, 석사과정) (광운대, 박사과정) (광운대, 박사과정) (광운대, 부교수)

Key Words : low profile, internal antenna, quad-band

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구 배경 및 목적
Ⅱ. 본론
1. 안테나 설계
2. 제작 및 측정
Ⅲ. 결론
참고문헌

Ⅰ. 서 론

최근 이동통신 서비스는 기술적인 급성장과 함께 서비스가 급속히 확대되고 국가 간의 이동 또한 활발해지고 있다. 따라서 하나의 시스템만을 지원하는 휴대용 단말기 보다는 다중대역 단말기의 필요성이 증가하고 있다. 특히 유럽이나 중국, 미국 등과 같은 국가에서는 지역적 특성상 단일 대역 보다는 다중 대역을 지원하는 단말기의 수요가 늘어나고 있다. 또한 최근의 이동통신 단말기는 기본적인 통화 기능은 물론 TV, 인터넷, 게임기, 카메라/캠코더 등등의 다양한 기능이 추가 되어 가고 있는 실정이다. 이제 사용자들에게 있어서 이동통신 단말기는 더 이상 단순한 무선 전화가 아닌 생활의 필수품으로 인식되고 있다. 이러한 사용자들의 변화된 인식은 이동통신 단말기의 디자인에까지 영향을 끼쳐서, 소비자들은 기능성 단말기의 컨셉에 맞는 디자인을 요구하게 되었고 이는 점차 외부 돌출형의 안테나에서 유려한 디자인을 제공할 수 있는 내장형 안테나에 대한 관심의 증대를 낳았다.

이러한 내장형 안테나를 구현하는데 가장 중요한 점은 전기적 소형 안테나의 효과적인 구현이다. 일반적으로 안테나를 소형화 시키면 안테나의 이득은 낮아지고 또한 안테나의 입력 저항은 매우 작아지고 리액턴스 성분은 매우 커지게 되므로 안테나의 대역폭이 매우 좁아지고 효율이 낮아지는 단점이 있다.[1]

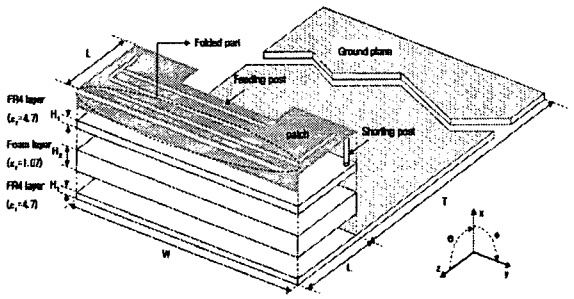
본 논문은 넓은 대역폭과 다중공진을 위해 하나의 링 방사체와 두 개의 PIFA 구조로 설계했고 방사체 중앙에 슬롯을 구현하여 매칭이 용이하도록 하였다. 또한 단말기 내부의 제한된 공간에 효과적으로 집적하기 위하여, 요구되는 성능 내에서 안테나의 전체적인 크기와 높이를 줄여 최대한 low-profile하게 설계하고자 하였다. 안테나의 설계는 Agilent 사의 HFSS ver. 5.4와 Zeland 사의 IE3D ver. 10.0을 동시에 사용하여 확인하였으며, 시뮬레이션 결과를 토대로 제작된 안테나는 Agilent 사의 E5071B와 Orbit 사의 far-field measurement system ver. 3.6을 사용하여 측정하여 시뮬레이션과 비교 및 분석하였다.

Ⅱ. 본 론

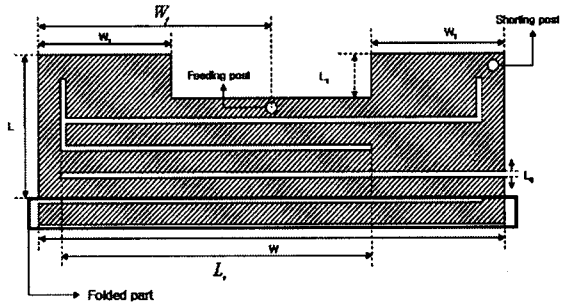
1. 안테나 설계

그림 1. (a)는 본 논문에서 제안한 안테나의 전체적인 구조를 나타내었다. 제안된 안테나는 그림 1. (b)와 같은 판형의 방사체에 급전핀(Feeding post). 단락핀(Shorting post), 슬릿(slit)을 사용하여 안테나의 전기적인 길이를 적절히 조정하여 $\lambda_g/4$ 파장으로 동작하는 두 개의 PIFA 구조의 방사체와 $\lambda_g/2$ 파장으로 동작하는 하나의 링 구조의 방사체를 동시에 구현하였다.

안테나의 전체적인 크기 $W\times L\times(H_1+H_2)$은 42mm×12mm×3.7mm로 최대한 low profile하게 설계하였으며 안테나의 아래 부분의 접지면은 안테나의 Q값(Quality factor)를 낮춰 안테나의 임피던스 대역폭을 향상시키기 위해 제거하였다. 접지면은 42mm×66mm×0.8mm의 FR4(ε_r = 4.7) 기판을 사용했다. 방사체가 구현되어져 있는 유전체 지지대는 두께 H_1=1mm인 FR4(ε_r = 4.7)를 사용했고, 그 아래에는 두께 H_2=2.7mm인 폼(ε_r = 1.07)을 사용하여 방사체와 접지면 사이의 전기적인 거리를 확보하였다. 또한 한정된 공간 내에서 안테나의 추가적인 물리적인 공간 확보 없이 공진 길이를 증가시키기 위하여 방사체의 일부분을



(a)



(b)

<그림 1> 안테나 구조

(a) 3차원 구조 (b) 방사체

<표 1> 안테나 파라미터

Parameter (unit : mm)			
L	12	W	42
L_1	4	W_1	12
L_s	0.5	W_f	21
L_v	29	T	78
H_1	1	H_2	2.7

그림 1(a)와 같이 측면으로 구부렸다. 제안된 안테나의 낮은 높이(H_1+H_2=3.7mm)와 방사체의 구부러진 부분으로 인해 low profile한 안테나는 협소한 단말기 내부 공간에 효과적으로 집적할 수 있다. 또한 방사체의 중앙 아랫부분에 홈을 만들어 실제 단말기 내부에 집적되었을 때 추가적인 공간을 확보할 수 있도록 제작하였다.

방사체 중앙의 또 다른 슬롯 Lv는 GPS/DCS/US-PCS 대역의 정합에 이용 되어졌다.안테나의 설계 검증을 위하여 방사체에서의 주파수별 유효 유전율 값(effective permittivity)을 계산하여 PIFA 안테나의 공진 길이와 링 형 안테나의 공진 길이를 설계한 후에 Agilent HFSS ver 5.4을 사용하여 시뮬레이션 하였다.[2]

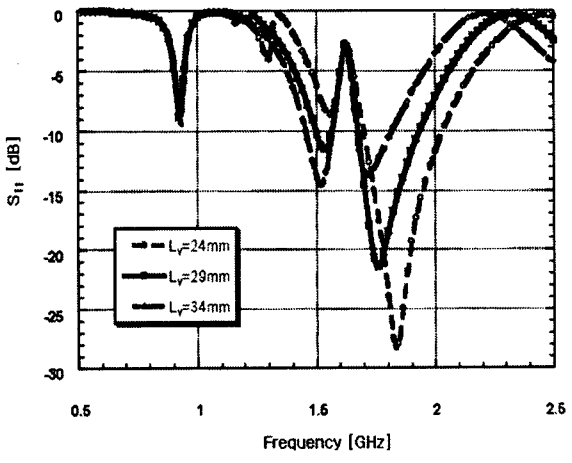
그림 2는 방사체 중앙에 위치한 슬롯의 길이 L_v에 대한 GPS, DCS, US-PCS 대역의 매칭 상태의 변화에 대한 시뮬레이션 결과이다. 방사체 중앙의 슬롯 길이에 따라 GPS/DCS/US-PCS 대역의 매칭 상태가 변하는 것을 알 수 있고 이는 스미스 차트의 로커스의 변화로 확인하였다. 최적의 슬롯의 길이는 그림 2에서 알 수 있듯이 29mm이고 이때 GSM/GPS/DCS/US-PCS의 전 대역에서 VSWR 3:1 하의 대역폭을 만족하였다.

그림 3은 Zeland社의 IE3D 10.0 시뮬레이션을 통해 제안된 안테나의 전류분포를 나타내었다.

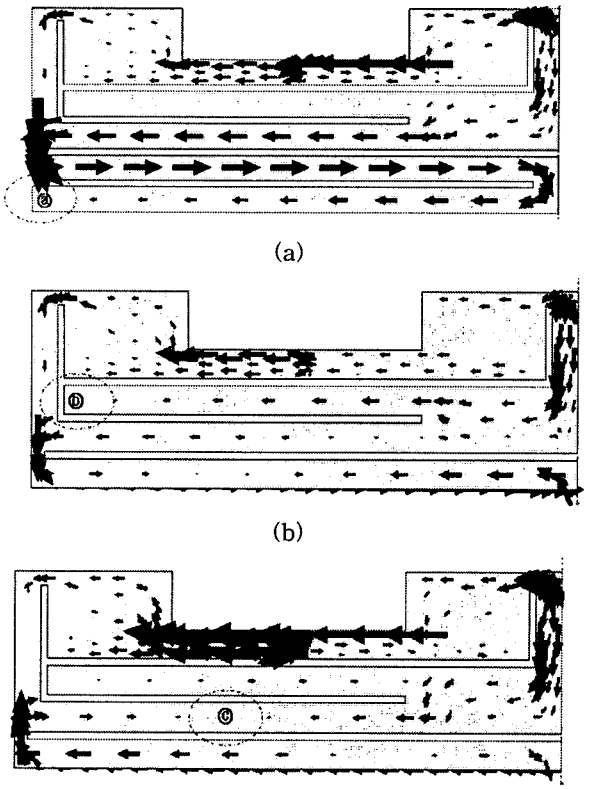
그림 (a)는 GSM 대역에서 전류분포이다. 전류분포는 알아보기 쉽도록 접힌 부분을 펼쳐서 나타내었다. GSM 대역의 공진 길이의 약 $\lambda_g/4$ 지점인 ⓐ지점에서 전류의 세기가 약해지는 것으로 보아 주요 방사는 ⓐ지점이고 PIFA로 동작함을 알 수 있다. 그림 (b)는 GPS 대역에서의 전류 분포이다. GPS 대역의 공진 길이의 약 $\lambda_g/4$ 지점인 ⓑ지점에서 전류의 세기가 약해지는 것으로 보아 주요 방사는 ⓑ 지점이고 또 다른 PIFA로 동작함을 알 수 있다. 그림 (c)는 DCS와 US-PCS 대역에서의 전류 분포이다. 이 대역에서는 DCS/US-PCS 대역의 공진길이의 약 $\lambda_g/2$ 인 링 안테나로 동작하고 주요 방사는 ⓒ지점에서 발생한다.

2. 제작 및 측정

그림 4는 시험 제작된 안테나를 Agilent 社의 E5071B를 이용하여 반사 손실을 측정하고 이를 시뮬레이션 데이터와 비교하였다. 측정값과 시뮬레이션 값은 거의 일치한다. 측정되어진 결과를 기준으로 GSM 대역에서는



<그림 2> 슬랏 길이 L_v에 따른 공진 주파수의 변화
(L=12mm, L_1=4mm, W=42mm, W_1=12mm, W_f=21mm)



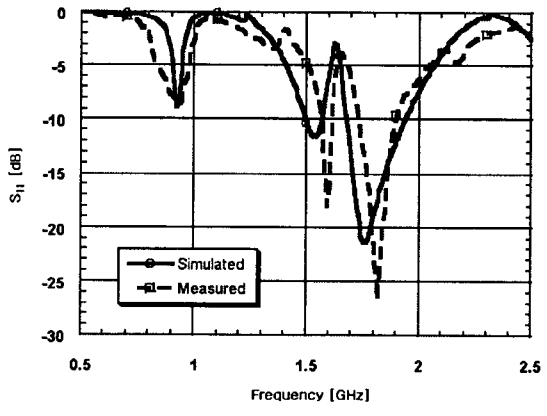
(a)

(b)

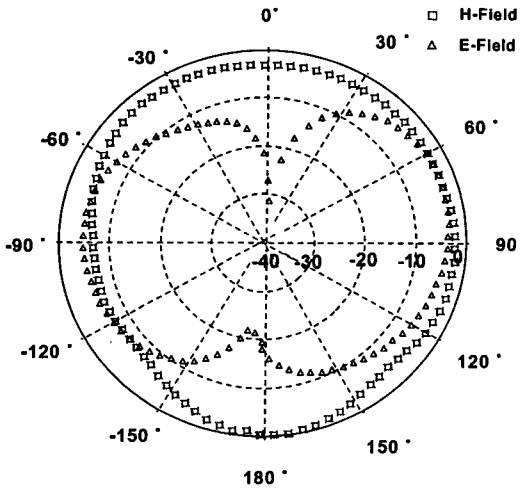
(c)

<그림 3> 전류분포
(a) 925MHz (b) 1575MHz (c) 1850MHz

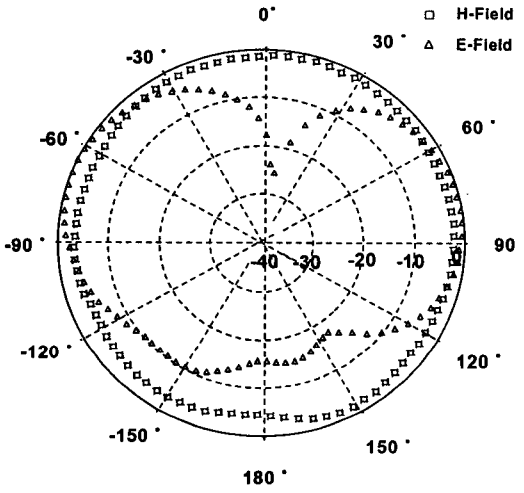
정재파비 3:1 이하의 주파수 대역이 880MHz~980MHz로서 10.81%의 임피던스 대역폭을 얻었고 GPS 대역은 정재파비 3:1 이하의 주파수 대역이 1520MHz~1620MHz 로서 6.34%의 임피던스 대역폭을 얻었다. 또한 DCS, US-PCS 대역에서는 정재파비 3:1 이하의 주파수 대역이 1690MHz~2030MHz로서 18.88%의 넓은 임피던스 대역폭을 얻었다.



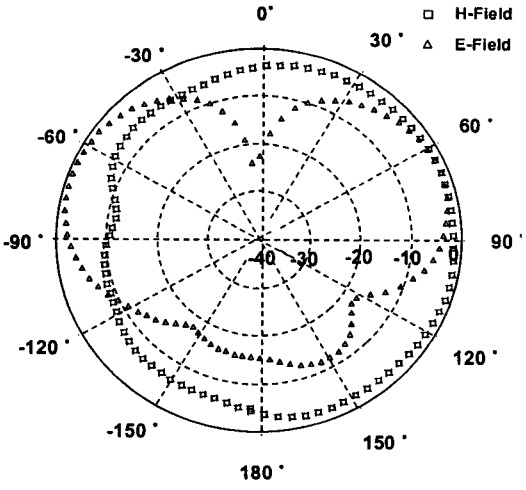
<그림 4> 제안된 안테나의 반사손실



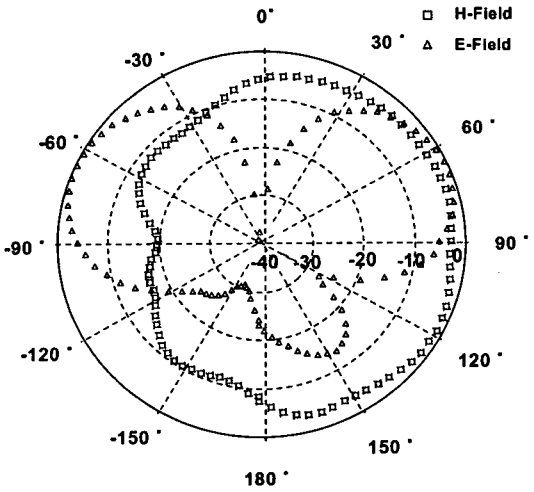
<그림 5> 925MHz 대역의 E, H 방사패턴



<그림 6> 1575MHz 대역의 E, H 방사패턴



<그림 7> 1795MHz 대역의 E, H 방사패턴



<그림 8> 1920MHz 대역의 E, H 방사패턴

그림 5, 6, 7, 8은 Orbit社 far field measurement system ver. 3.6에서 측정된 GSM, GPS, DCS, US-PCS 대역의 E,H Field의 방사 패턴을 나타내었다. 안테나는 수평면 방사패턴을 기준으로 거의 전방향성 특징을 가지는 것을 알 수 있다.

수평면 방사패턴을 기준으로 HPBW는 GSM/GPS 대역에서는 전 방향으로 측정되었다. 또한 DCS 대역에서는 176.57° ~ 182.20° 로 측정되었고 US-PCS 대역에서는 164.41° ~ 188.69° 로 측정되었다.

표 2는 안테나의 수직면 방사패턴과 수평면 방사패턴의 최고 이득과 평균이득을 나타내었다.

<표 2> 각 대역에서의 최고 이득과 평균이득

	frequency (MHz)	H-Field		E-Field	
		G_{max} (dBi)	G_{avg} (dBi)	G_{max} (dBi)	G_{avg} (dBi)
GSM	890	1.41	-1.63	-1.04	-5.20
	925	2.09	-0.98	-0.13	-4.54
	960	1.36	-1.36	-0.41	-4.88
GPS	1565	-0.38	-2.11	1.81	-2.76
	1575	-0.24	-2.06	1.76	-2.67
	1585	-0.11	-2.08	1.38	-3.05
DCS	1710	0.11	-2.27	1.73	-3.20
	1795	0.06	-2.62	2.39	-3.29
	1880	-0.20	-3.30	1.70	-3.11
US-PCS	1850	-1.12	-3.20	1.70	-3.08
	1920	-1.69	-4.14	1.30	-3.83
	1990	-2.19	-4.84	0.98	-4.22

III. 결 론

본 논문에서 제안한 안테나는 $\lambda_g/4$의 공진 길이에서 동작하는 두개의 PIFA 구조와 $\lambda_g/2$ 의 공진 길이에서 동작하는 링 구조의 안테나를 설계하여 GSM/GPS/DCS/US-PCS 대역에서 VSWR이 3:1이하로 만족하도록 설계, 제작, 측정하였다.

안테나의 위쪽 측면을 이용하여 추가적인 공간을 차지하는 것 없이 공진 길이를 효율적으로 늘렸고 안테나의 높이를 최대한 낮추어 단말기 내부의 공간에 쉽게 집적할 수 있도록 최대한 low profile하게 설계되었다. 그리고 패치 중앙에 위치한 슬롯으로 GPS/DCS/US-PCS 대역 매칭을 효율적으로 할 수 있었다. 측정 결과 전 대역에서 거의 전 방향 특성을 나타내었고 각 대역에서의 안테나의 이득역시 거의 일정함을 보여주었다.그러나 주파수가 올라감에 따라 null이 발생하는 것은 해결해야 할 점이다.

참고 문헌

1. H.wheeler *Small antennas*, Antennas and propagation, IEEE Transactions on, vol 23, pp462-469, July 1975

2. R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, *Microstrip antenna design handbook*, Artech House, 2001

3. Kin-Lu Wong, *Plannar Antennas for wireless comunications*, A john wiley & sons, INC., publication, 2003

4. M. Ali, G. J. Hayes, Huan-Sheng Hwang, R. A. Sadler, *"Design of a multiband internal antenna for third generation mobile phone handsets,"* Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 1452-1461, July 2003

5. Shih-Huang Yeh, Kin-Lu Wong, Tzung-Wern Chiou, and Shyh-Tirng Fang, *"Dual-band planner inverted F antenna for GSM/DCS mobile phones,"* Antennas and propagation, IEEE Transaction on, vol 51, pp. 1124-1126, May 2003

6. Yong-Xin Guo, M. Y. W Chia, Z. N. Chen, *"Miniature bult-in quad-band antennas for mobile handsets,"* Antennas and propagation society international symosium, IEEE, vol 3, pp. 22-27, June 2003