

# GSM/DCS 단말기용 이중대역 내장형 안테나

Dualband Internal Antenna for GSM/DCS Handset

박영구  
(광운대, 석사과정)

정병운  
(광운대, 박사과정)

이학용  
(광운대, 박사과정)

이병제  
(광운대, 교수)

## 목 차

### I. 서 론

#### 1. 연구배경 및 목적

### II. 본론

#### 1. Folded Loop 안테나

#### 1) 안테나 설계

#### 2) 안테나 제작 및 측정

### III. 결 론

## I. 서 론

### 1. 연구배경 및 목적

최근 이동통신 서비스가 급속히 확대되고 국가간의 이동 또한 활발해지고 있다. 따라서 하나의 시스템만을 지원하는 휴대용 단말기보다는 다중대역을 지원하는 단말기의 필요성이 증가하고 있다. 특히, 유럽이나 중국지역에서는 지역특성상 하나의 대역보다는 다중대역을 지원하는 단말기의 수요가 늘어나고 있다. 게다가 단말기 시스템은 다중대역을 지원하면서도 단말기는 소형화 되어가고 있다. 따라서 안테나도 여러 대역에 각기 다른 안테나를 사용하기보다는 하나의 다중대역 안테나를 사용하는 것이 소형화하는데 훨씬 유리하다. 이에 따라 휴대용 단말기의 안테나도 광대역, 다중화 되어가고 있다. 또한 단말기 외관의 미려함과 전자파의 인체에 대한 영향으로 인해 외장형 안테나보다는 단말기 내부에 실장할 수 있는 내장형 안테나의 선호도가 높아지는 추세이다. 이런 경향으로 인해 다중공진을 하는 내장형 안테나들이 많이 연구되고 있다. 지금까지 많이 연구되고 발표된 대표적인 내장형 안테나들은 모노폴 안테나, 고유전체를 이용한 세라믹 칩 안테나, 헬리컬 안테나, 단락 핀을 이용한 F-안테나, N-안테나 등이 있다.[1] 이 중에서 가장 대표적인 형태가 Planar Inverted F Antenna(PIFA)이다.[1][2] PIFA는 기본적으로 단락 핀이나 단락 판을 이용하기 때문에  $\lambda/4$ 에서 공진을 한다. 따라서 안테나의 크기를 쉽게 줄일 수 있기 때문에 내장형 안테나로 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만 임피던스 정합이 어렵고 대역폭이 협소하며 단말기의 구조변화와 환경에 민감하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하고, 단말기의 내부에 안정적으로 장착하기 위해 변형된 루프 형태의 안테나를 설계하였다.[3] 안테나는 일반적인 루프구조가 아닌 구부러진 루프 모양을 하고 있는데 구부러진 형태로 인해 단말기 내부에 주어진 안테나 공간도 최대한 이용할 수

있었다. 또한 지금까지 발표된 소형/내장형 안테나에 관련된 논문들을 보면 PCB상에 안테나와 급전부만 존재하는 경우에 대한 계산 및 실험결과를 서술한 것이 대부분이다. 따라서, 설계된 안테나를 실제 상용화 제품에 실장하는 경우에는 설계 환경을 고려하지 못한 탓에 여러 가지 문제에 봉착하게 되며 이를 해결하기 위하여 더 많은 시간과 노력이 필요한 경우가 발생한다. 이와 같은 문제는 먼저 안테나 설계자가 장 착환경을 충분히 고려하지 못한 결과라 할 수 있으나 시스템을 전반적으로 설계하는 기술자들이 안테나의 특성을 고려하지 않고 다른 부분에 대한 설계가 끝난 다음 남은 자리에 적당히 안테나 실장부분을 남겨놓은 채 성능이 좋은 안테나를 찾고 있기 때문이다.[4] 더군다나 내장형 안테나는 단말기 업체, 단말기의 종류에 따라 구조를 바꿀 수 밖에 없다. 따라서 본 논문에서는 위와 같은 문제를 고려하여 B社의 GSM/DCS 단말기를 이용하여 안테나를 설계/제작하였다. 본론에서는 먼저 단말기 내부의 안테나 공간과 크기에 맞춰 안테나를 설계한 후 Ensemble 5.1 simulator를 이용하여 안테나의 특성, 성능 및 구현가능성을 확인한 후 안테나를 제작하여 실제 단말기에 실장해 안테나의 성능을 확인하였다.

## II. 본 론

### 1. Folded Loop 안테나

#### 1) 안테나 설계

제안된 안테나 구조를 그림 1에 나타내었다. 설계된 안테나는 방사체, 급전부 그리고 한 개의 shorting pin으로 구성되어 있다. 안테나는 단말기의 뒷부분, 배터리 바로 윗부분에 위치해 있다. 안테나의 전체 부피는  $h, W, L$ 로 나타내었다. 접지면부터 Bending까지의 높이  $h$ 는 7mm, 폭  $W$ 와 너비  $L$ 은 각각 38.5mm, 10.05mm이다. 안테나는 구부러진 모양의 루프형

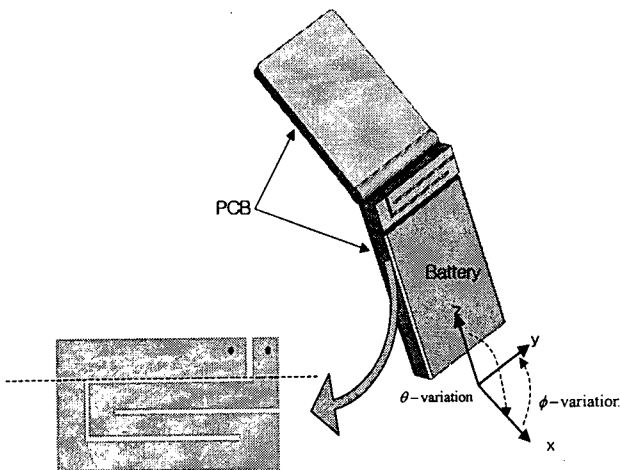
태로 되어있다. 이렇게 함으로써 GSM 대역에서는  $\lambda_w/4$ , DCS 대역에서는  $\lambda_w/2$ 에서 공진할 수 있는 전기적 길이를 확보할 수 있었다. 그 결과 이중대역 안테나를 설계하기 위하여 각각 방사체를 사용하지 않고 하나의 방사체로 안테나를 설계하는 것이 가능하였다.[5] 이 구조의 또 다른 장점은 안테나의 면적을 최대한 이용할 수 있다는 점이다. 안테나의 면적이 넓을 경우의 장점은 안테나의 Q값을 낮추어 안테나의 대역폭을 넓힐 수 있다는 점이다.

$$Bandwidth = \frac{f_2 - f_1}{f_r} \quad (1)$$

$$Q \propto \frac{1}{S} \quad (2)$$

$f_r$ 은 공진주파수,  $f_2$ 와  $f_1$ 은 각각 대역폭의 상한, 하한 주파수, Q는 안테나의 인자, S는 안테나의 체적을 나타낸다. 안테나의 체적이 커지면 Q는 작아지고 따라서 안테나의 대역폭은 늘어나게 된다.[6][7]

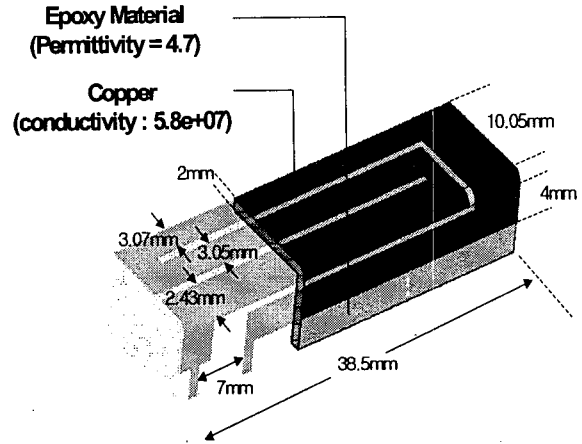
그림 1의 구조를 바탕으로 Ensemble 5.1 Simulator로 안테나의 특성과 성능을 검증하였다. PCB의 크기는 단말기와 동일한 39mm×72mm로 하였다. 시뮬레이터를 통해 shorting pin의 위치, 슬릿의 폭, 슬릿사이의 간격을 조정하면서 안테나의 특성변화를 확인하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 3에 측정 결과와 같이 나타내었다. 실제 안테나를 제작하여 단말기를 내장했을 경우와는 단말기의 PCB, 케이스등, 단말기의 환경에 의하여 결과가 상이하게 나오는 경우가 많기 때문에 시뮬레이션 결과로는 주로 GSM과 DCS 대역에서 공진이 일어나는 지를 확인하였다.



<그림 1> 제안된 안테나 구조

2) 안테나 제작 및 측정

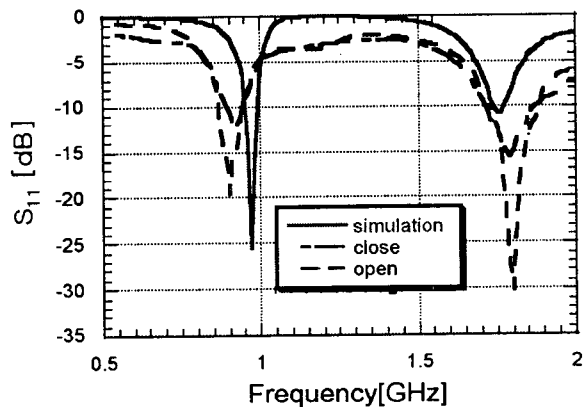
안테나의 제작은 안테나의 전체 폭, 너비와 동일한 크기를 갖는 비유전율 4.7의 지지대를 사용하여 제작하였다.



<그림2> 제작된 안테나의 설계 파라미터

그림 2에 제작한 안테나의 설계 파라미터를 나타내었다. 각 수치들은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 제작하여 실험을 통해 수정한 결과이다. 슬릿의 폭은 모두 0.5mm로 설계하였다.

그림 3에 제작한 안테나의 반사손실을 시뮬레이션 결과와 함께 나타내었다. GSM 대역에서는 폴더를 접었을 때와 펼쳤을 경우 모두 대역폭을 만족하였다. DCS 대역에서는 폴더를 접었을 경우 정재파비(VSWR) 2:1이하를 기준으로 중심주파수 1790MHz에서 8.4% (1720MHz ~ 1870MHz)의 대역폭을 얻었으며 폴더를 펼쳤을 경우 중심주파수 1800MHz에서 9.5% (1710MHz ~ 1880MHz)의 대역폭을 얻었다. 폴더를 접었을 경우가 전체적인 정합상태가 폴더를 열었을 경우보다 좋지 않았다.



<그림3> 안테나의 반사손실

그림 4, 5, 6, 7에 제작한 안테나의 방사패턴을 나타내었다. GSM과 DCS 대역 모두 H-plane에서 폴더를 접었을 때와 펼쳤을 경우 모두 전방향성에 가까운 패턴을 보여주고 있다. E-plane 방사패턴도 양호한 결과를 얻었다. 안테나의 이득은 폴더를 접었을 경우와 펼쳤을 경우 모두 GSM대역에서 각각 -2.01dBi ~ -0.67dBi, -0.34dBi ~ 0.32dBi의 최대 이득을 얻었고, DCS 대역에서도 폴더를 접었을 경우와 펼쳤을 경우 각각 -2.2dBi ~ -0.81dBi, -0.72dBi ~ -0.18dBi의 최대 이득을

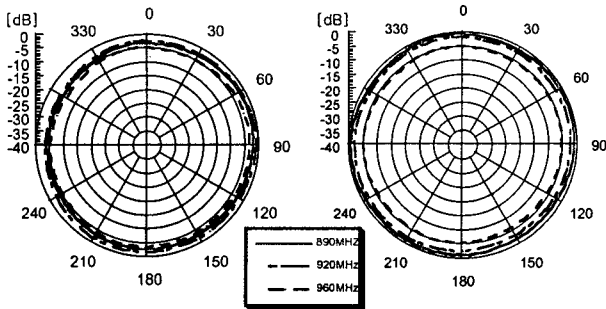
얻었다. 폴더를 접었을 경우가 정합상태가 상대적으로 좋지 않았고 대역폭이 다소 협소했으며, 폴더를 접으면서 생긴 단말기의 구조 변화가 주요원인이라고 볼 수 있다

표 1, 2에 측정된 안테나의 성능분석 결과를 나타내었다.

<표 1> GSM 대역에서 측정된 안테나의 성능

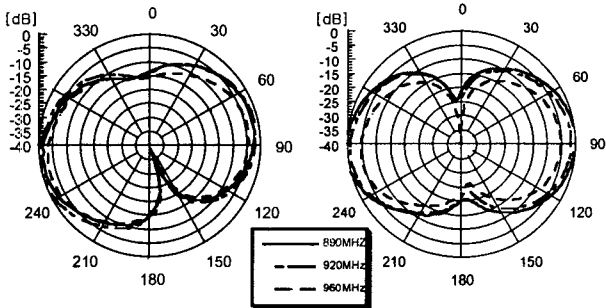
			H-Plane	E-Plane
Closed Handset	890MHz	$G_{max}$	-1.46	-1.28
		$G_{ave}$	-2.7	-4.21
		HPBW	inf.	58.1
	920MHz	$G_{max}$	-1.47	-0.67
		$G_{ave}$	-2.69	-4.15
		HPBW	inf.	62.22
960MHz	$G_{max}$	-2.01	-1.84	
	$G_{ave}$	-3.24	-4.89	
	HPBW	inf.	63.98	
Open Handset	890MHz	$G_{max}$	0.16	0.23
		$G_{ave}$	-1.78	-3.97
		HPBW	inf.	54.99
	920MHz	$G_{max}$	-0.14	0.32
		$G_{ave}$	-2.13	-3.92
		HPBW	inf.	58.39
	960MHz	$G_{max}$	-0.34	0.03
		$G_{ave}$	-2.36	-4.12
		HPBW	inf.	58.3

$G_{max}$ : 최대이득[dBi],  $G_{ave}$ : 평균이득[dBi], HPBW: 반치각[degree]



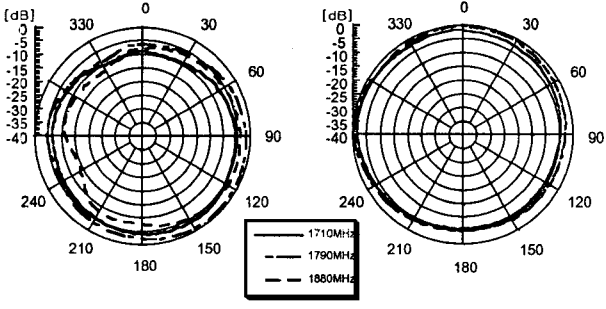
(a) 단말기를 닫았을 때 (b) 단말기를 펼쳤을 때

<그림 4> GSM 대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴



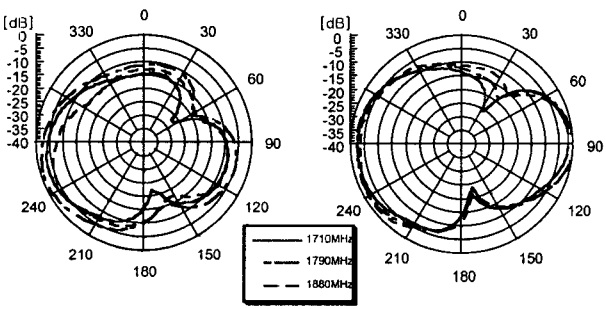
(a) 단말기를 닫았을 때 (b) 단말기를 펼쳤을 때

<그림 5> GSM 대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴



(a) 단말기를 닫았을 때 (b) 단말기를 펼쳤을 때

<그림 6> DCS 대역에서 측정된 안테나의 수평면 패턴



(a) 단말기를 닫았을 때 (b) 단말기를 펼쳤을 때

<그림 7> DCS 대역에서 측정된 안테나의 수직면 패턴

<표 2> DCS 대역에서 측정된 안테나의 성능

			H-Plane	E-Plane
Closed Handset	1710MHz	$G_{max}$	-1.98	-1.45
		$G_{ave}$	-3.84	-4.87
		HPBW	inf.	60.66
	1790MHz	$G_{max}$	-1.13	-0.81
		$G_{ave}$	-3.29	-4.18
		HPBW	inf.	65.75
1880MHz	$G_{max}$	-2.20	-1.59	
	$G_{ave}$	-4.56	-4.47	
	HPBW	139.28	72.1	
Open Handset	1710MHz	$G_{max}$	-0.18	-0.59
		$G_{ave}$	-2.29	-3.66
		HPBW	227.83	46.59
	1790MHz	$G_{max}$	-0.72	-0.53
		$G_{ave}$	-2.04	-2.72
		HPBW	253.84	43.49
	1880MHz	$G_{max}$	-0.41	-0.36
		$G_{ave}$	-2.88	-3.85
		HPBW	213.65	41.47

$G_{max}$ : 최대이득[dBi],  $G_{ave}$ : 평균이득[dBi], HPBW: 반치각[degree]

### III. 결 론

본 논문에서는 GSM/DCS 단말기용 이중대역 내장형 안테나를 B社의 GSM/DCS 단말기에 실장하여 구현하였다. 기존

에 많이 연구된 PIFA 형태의 단점을 보완하기 위해 변형된 루프 형태의 안테나 구조로 설계하였다. 제안된 안테나는 GSM대역에서는  $\lambda/4$ , DCS대역에서는  $\lambda/2$ 에서 공진하도록 설계하였다. 그 결과 GSM 대역에서는 1차공진, DCS대역에서는 2차공진을 이용하여 설계, 제작할 수 있었다. 안테나를 제작하여 측정한 결과 GSM 대역에서는 대역폭을 거의 만족하였지만, DCS 대역에서의 대역폭이 상대적으로 협소했다. 또 폴터를 펼쳤을 경우보다는 접었을 경우의 정합상태가 양호하지 못했다. 안테나의 방사패턴은 H-plane에서 GSM/DCS 두 대역 모두 전방향성에 가까운 패턴을 갖고 있음을 확인하였다. 안테나의 이득은 폴터를 접었을 때의 안테나의 구조변화로 인해, 접었을 경우의 안테나 이득이 폴터를 펼쳤을 때보다 낮게 나왔다. 폴터를 열었을 경우의 안테나 이득은 대역폭 내에서는 양호한 결과를 얻었다. 대역폭 문제와 폴터가 접혔을 경우의 안테나 이득감소 문제는 앞으로 더 많은 연구를 통해 보완해야 할 부분이다. 이와 병행하여 안테나 수신감도 측정과 전자파 흡수율(Specific Absorption Rate)에 대한 연구를 진행할 예정이며, 또한 단말기의 안테나 공간에 최근 많이 사용하고 있는 단말기용 카메라의 위치를 고려했을 경우의 안테나 구조도 제안할 예정이다.

## 참고문헌

1. Z. D. Liu, P. S. Hall, "Dual-Frequency planar inverted-F antenna" IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 45, no. 10, October 1997.
- 2.] D. Manteuffel, A. Bahr, "Design considerations for integrated mobile phoneantennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 36, no 480, pp. 252-256, 2001.
3. E. Lee, P. S. Hall, "Dual band folded monopole/loop antenna for terrestrial communicationssystem", Electronic Letters, vol. 36, no. 24, November 2000.
4. 문정익, 박성욱, "단말기용 소형 내장형 안테나 기술 동향" 한국 전자파 학회지, vol. 14, pp. 9-17, 2003.
5. D. Heberling, "Modern trends in the development of small and handy antennas", IEEE MTT-S International, vol. 2, 2001
6. M. Geissler, M. Gehrt and D. Heberling, "Investigations on radiation Q of integrated handset antennas", IEEE International Symposium, vol. 3, pp. 54-77, 2001.
7. C. A. Balanis, Antenna Theory : Analysis and Design, Wiley, New York, 1982.