

# GSM/GPS/DCS/US-PCS 단말기 내장형 폴디드 루프 안테나

The Loop antenna for GSM/GPS/DCS/USPCS Mobile Handset

이영중 (광운대, 석사 과정)      정병운 (광운대, 박사 과정)      강기조 (광운대, 박사 과정)      이병제 (광운대, 부교수)

Key Words : 사중대역, PIFA, Loop, Internal antenna

## 목 차

I. 서론	III. 결론
II. 본론	IV. 참고 문헌
1. 안테나의 구조 및 simulation	
2. 안테나의 측정결과	

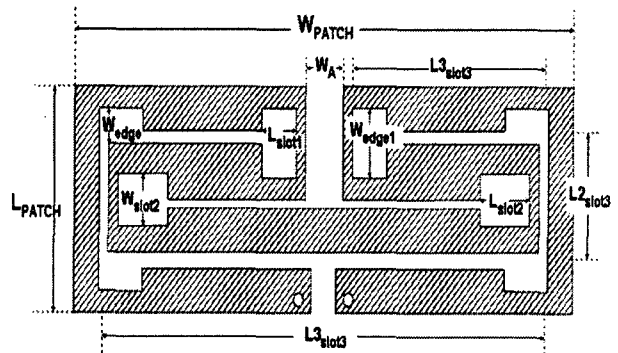
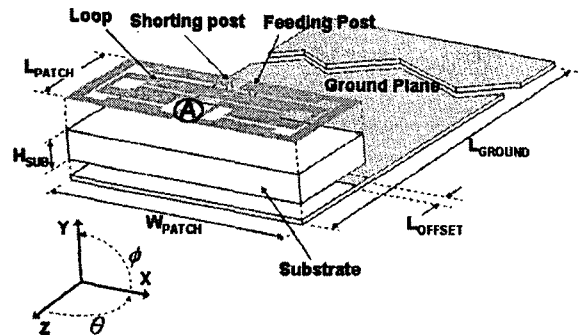
## I. 서론

최근 시장에 요구에 따라 이동 통신 휴대 단말기는 소형화, 다 기능화, 다중 밴드화 되어 가고 있다. 이에 따라 단말기용 안테나 또한 그 크기와 위치가 제한적인 whip 타입 / stubby 타입 등에서 내장형 안테나로 변화 하고 있다. 이러한 내장형 안테나는 얇은 두께, 신뢰성 있는 기계적인 강도와 단말기 디자인에 제공하는 많은 자유도 및 인체 두부에 미치는 전자파 영향 등에서 장점으로 부각 되면서 그 개발이 활발히 이루어지고 있다. 하지만 내장형 안테나는 전기적 소형안테나로서 높은 Q값에 의해 대역폭이 좁고, 단말기 내부에 제한적인 공간에 영향을 많이 받는다.[1]-[3] 이러한 특징 때문에 광대역 특성 및 전방향성 방사 특성을 만들기 어려운 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 어려움을 극복하는 넓은 대역폭으로 다중 대역과 전방향성 패턴 특성을 갖는 내장형 안테나를 제안하였다.

본 논문에서 제안된 안테나는 하나의 루프를 동일면에 적절히 구부러서 배치한 형태이며, 그 결과 루프에 의한 공진과 부가적으로 형성된 슬롯의 의한 공진으로 다중대역에서 넓은 임피던스 대역폭을 얻을 수 있었다.

제안된 안테나는 공진 길이에 근거 하여 GSM 대역에서  $\lambda_g / 2$  의 공진 길이와 GPS 대역에서는  $1 \lambda_g$ 의 공진 길이를 갖는 루프와 DCS / US-PCS 대역에서  $\lambda_g / 2$  길이를 갖는 slot을 협소한 단말기 내부공간을 고려하여 구부러 배치함으로써 다중대역 및 광대역 특성을 얻을 수 있었다.[2]

Ensemble 5.1.c 과 IE 3D 시뮬레이터를 사용하여 안테나의 설계 및 검증하였으며, Agilent社의 E5071B와 anechoic chamber로 측정하여 시뮬레이션 결과와 비교하였다.



<그림 1> 안테나의 구조

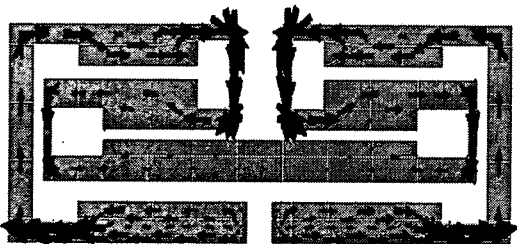
## II. 본론

### 1. 안테나의 구조 및 시뮬레이션

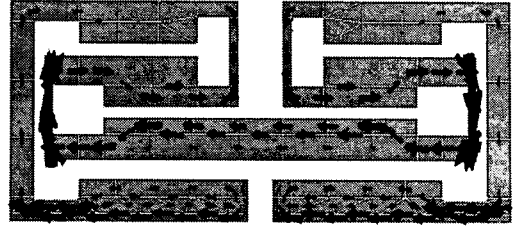
본 논문에서 제안한 안테나는 후면부의 접지 면이 제거된 형태의 루프 안테나로서 구조는 그림 1과 같다. 제안된 안테나는 하나의 긴 루프를 구부려서 패치 공간에 배치한 형태이다. 패치의 'A' 부분에서 중심부로 연결되는 부분의 폭이 좁아짐을 보인다. 이는 루프의 전체길이를 늘려 주는 효과, 슬롯의 길이를 최대한 확보 및 안테나를 정합하는 수단으로 사용할 수 있다.

본 안테나는 GSM 대역에서 half resonance mode로 동작하는데, 이는 fundamental mode로 동작하는 루프에 shorting pin을 이용하여 강제로 0 전위를 만들어 줌으로써 형성시킬 수 있다. GPS 대역에서는 fundamental mode로 동작하게 되고, DCS / US-PCS 대역에서는  $\lambda/2$  길이의 슬롯 공진이 접지면이 제거되어 넓은 대역폭으로 동작하게 된다.

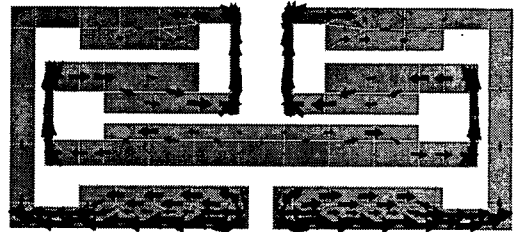
<그림 1>은 패치 아래면이 제거된 형태의 루프 안테나 구조를 보여주고 있다. 제안된 안테나는 방사체와 급전과 단락점 그리고 접지면으로 구성되어 있다. 방사체의 면적은  $40\text{mm} \times 13\text{mm} (=W_{\text{PATCH}} \times L_{\text{PATCH}})$  이고 접지면은 두께 0.8mm의 FR4 마이크로 스트립 기판을 사용하였으며 그 크기는  $40\text{mm} \times 81\text{mm} (=W_{\text{PATCH}} \times L_{\text{GROUND}})$  이다. 유전체는 4.5mm두께의 상대 유전율 4.7인 FR4를 사용하여 구현하였으며, 안테나의 위치는 루프 안테나 및 넓은 대역폭의 슬롯 안테나로 동작하기 위하여 패치의 아래의 접지면을  $40\text{mm} \times 11\text{mm} (=W_{\text{PATCH}} \times (L_{\text{PATCH}} - L_{\text{OFFSET}}))$ 만큼 제거한 상태이다. 루프가 꺾이는 지점에서의 사각형 슬롯은 불연속점에서의 커플링을 줄이는 효과와 전체적인 루프와 슬롯 길이를 늘려주는 효과를 위해 삽입하였다. 루프의 폭은 2.5 mm ~ 3 mm 로 구성되어 있으며, 사각형 슬롯이 있는 부분은 1 mm ~ 1.5 mm 그리고 'a' 부분은 0.5 mm의 폭을 갖는다. 제안된 안테나는 하나의 긴 루프를 구부려서 패치 공간에 배치한 형태이다. 패치의 'a' 부분에서 중심부로 연결되는 부분의 폭이 좁아짐을 보인다. 이는 루프의 전체길이를 늘려 주는 효과, 슬롯의 길이를 최대한 확보 및 안테나를 정합하는 수단으로 사용할 수



(a) GSM 대역(925MHz)에서의 전류 분포



(b) GPS 대역(1575MHz)에서의 전류 분포



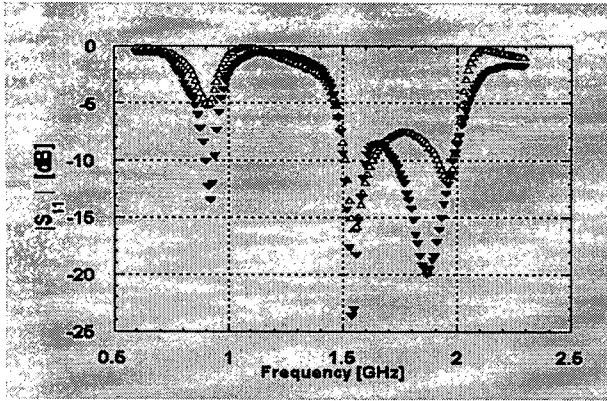
(c) DCS/US-PCS 대역(1820MHz)에서의 전류 분포

<그림 2>. 루프 각 대역에서의 전류 분포

있다.

본 안테나는 GSM 대역에서 half resonance mode로 동작하는데, 일반적으로 루프 안테나는 fundamental mode에서 전계의 최대 점과 최소점을 가지고 공진을 하는데, half mode는 급전점과 접지점을 이용해 하나의 전계 최대점만을 가지는 반파장 루프에 형성시킬 수 있다. 그리고 GPS 대역에서 a fundamental mode 동작하게 되고, DCS / US-PCS 대역에서는 슬롯의 섭동과 꺾어진 루프의 고차모드가 합쳐져서 넓은 임피던스 대역폭을 얻을 수 있었다.

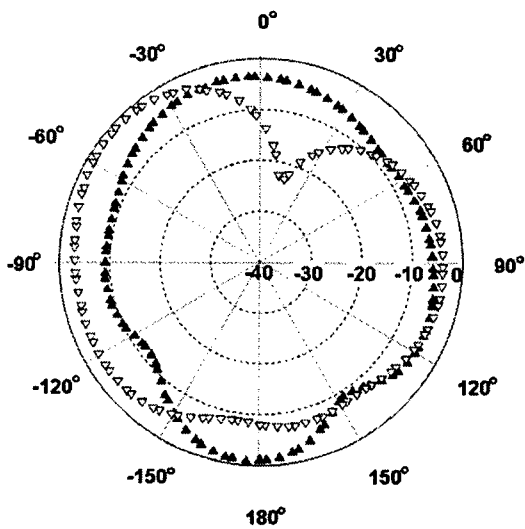
<그림 2>는 공진하는 3개 대역에서의 전류분포를 나타낸 것이다. GSM 대역에서 대칭적인 형태의 전류분포를 가지며 루프의 중심에서 최대방사가 일어남을 예측 할 수 있다. 이는 전체 길이의 루프가 반파장 길이를 가지는 half 공진 모드를 가지는 것을 보여준다. GPS대역에서는 루프의 급전점과 루프의 중심, 그리고 접지점과 루프의 중심 사이에서 최대 방사가 일어나는 fundamental mode로서 루프 안에서 필드의 최대점과 최소점이 좌우로 존재하게 되어 접지면과 관계없이 패치의 좌우로 전계가 형성 될 것을 예상할 수 있다.[5] DCS / US-PCS대역에서는 슬롯의 섭동과 꺾어진 루프의 고차모드가 합쳐져서 대칭적인 전류분포를 볼 수 있는데, 이는 전방향성 방사패턴이 형성될 것을 예상할 수 있다.



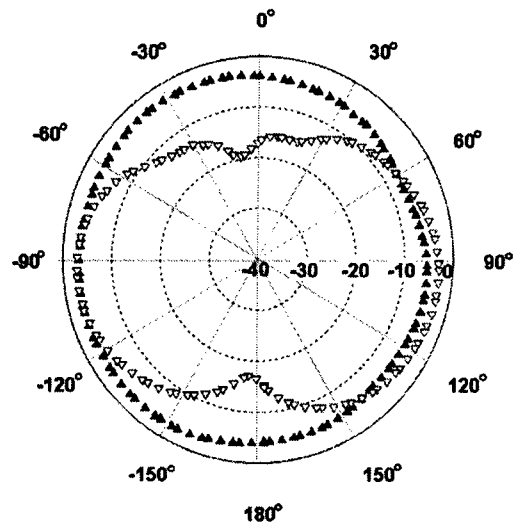
<그림 3> 제안된 안테나의 반사손실  
( ▽ : Measured , △ : Simulated )

## 2. 안테나의 측정결과

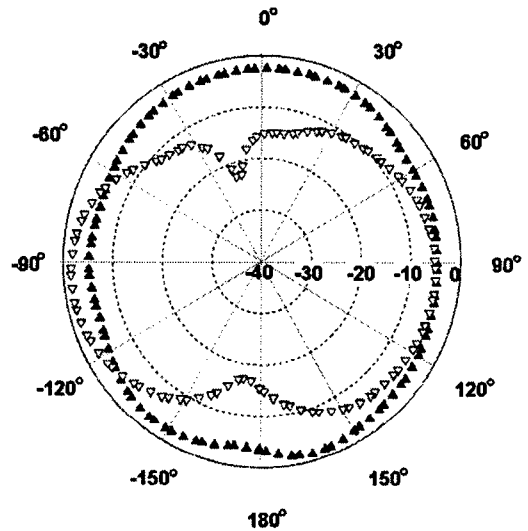
<그림 3>는 제안된 안테나의 시뮬레이션과 제작된 안테나를 Agilent社의 E5071B를 이용하여 측정한 반사손실을 함께 나타낸 것이다. GSM 대역의 임피던스 대역폭이 정재파비 2.5:1 기준에서 7.6%를 만족 할 수 있고, GPS 대역과 DCS / US-PCS 대역에서는 정재파비 2:1 기준으로 7% 와 6.2%를 만족하였다. <그림 4> 는 제작된 안테나의 방사패턴을 anechoic chamber에서 측정한 결과이다. 모든 대역의 H-Plane에서 전방향성 특성을 가지는 것을 볼 수 있다. GPS 대역의 경우 안테나의 H-plane은 다른 대역과 다르게 형성되는데 이는 전류분포에서 확인한 것처럼 제안된 루프안테나가 fundamental mode로 동작하기 때문에 접지면과의 필드 교환이 아닌 루프면상에 형성되는 전계 최대점과 최소점과의 필드 교환으로 수평편파가 형성되기 때문이다.



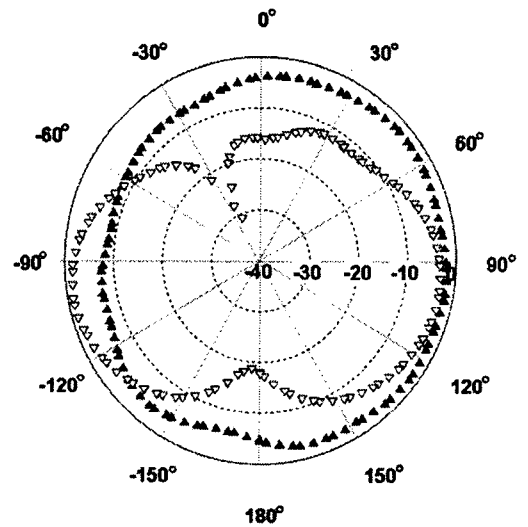
(a) GSM 대역 방사 패턴(925MHz)



(b) GPS 대역 방사 패턴(1575MHz)



(c) DCS 대역 방사 패턴(1795MHz)



(d) US-PCS 대역 방사 패턴(1920MHz)

<그림 4> 각 대역의 방사 패턴  
( ▲ : H-Plane , ▽ : E-Plane )

<표 1> 측정된 대역별 이득

	Frequency (MHz)	H-field		E-field	
		peak gain (dBi)	average gain (dBi)	peak gain (dBi)	average gain (dBi)
GSM	890	0.18	-4.51	-3.35	-6.84
	925	0.26	-4.39	-3.13	-6.75
	960	0.18	-4.10	-3.57	-7.10
GPS	1575	0.23	-1.88	1.12	-3.91
DCS	1710	0.11	-2.57	1.61	-3.51
	1795	1.58	-1.28	2.52	-2.57
	1880	1.35	-1.46	1.74	-3.36
US PCS	1850	1.17	-1.62	1.70	-3.23
	1920	1.31	-1.85	1.74	-3.35
	1990	0.50	-2.95	1.10	-4.45

하지만 우수 원형편파를 사용하는 GPS 신호를 수신하는데 있어서 수평편파나 수직편파 안테나는 동일한 성능을 가지게 되므로 문제가 되지 않는다. <표 1>은 각 대역에서의 이득을 나타내었다. 안테나의 이득은 전 대역에서 0.18 dBi ~ 1.58 dBi 으로 적은 편차의 이득을 가지고 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 GSM/GPS/DCS/US-PCS 대역 이동통신 단말기용 내장형 안테나를 설계, 제작, 측정을 해보았다. 제안된 안테나는 루프를 구부려서 배치하여 단말기 내부의 공간 제약을 극복할 수 있고, 대칭적인 구조의 설계로 전방향성 방사 패턴을 가진다. 특히 대칭구조는 PCB상에 전류분포 또한 대칭의 형태로 만들어 주므로 핸드 이펙트나 SAR(Specific Absorption Rate)에서 좋은 특성을 낼 것으로 예상된다.[6] 그러나 안테나가 이상과 같이 동작하기 위해서는 정확한 좌우대칭이 필요한데 이는 단말기 적용에 있어 급전부의 위치나 안테나 주변부의 대칭성이 확보되어야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, *Microstrip antenna design handbook*, Artech House, 2001
- [2] I. J. Bahl, P. Bhartia, *Microstrip antennas*, Artech House, 1982
- [3] Kin-lu. Wong, *Planar antennas for wireless communications*, John Wiley & Sons, Inc , 2003
- [4] S. Hayashida, H Morishita, Y. Koyanagi, and K. Fujimoto, "Wideband folded loop antenna for handsets," *Antennas and Propagation Society International Symposium*, Vol. 3, pp.2-5, 2002

- [5] Constantine A. Balanis, *Antenna theory analysis and design*, John wiley & sons, INC. 1997.
- [6] H. Furuuchi, H. Morishita, H. Ide, Z. Tanaka and K. Fujimoto, "A balanced-fed loop antenna system for handsets," *Antennas and Propagation Society, 1999. IEEE International Symposium 1999*, Volume: 1, Pages:6 - 9 , 11-16 July 1999