

# 루프 방사체를 포함한 역 F 형 삼중 대역 내장형 안테나

A Triple-Band Embedded F-type Antenna with a Loop element for Mobile Terminals

최동식                      이영중                      정병운                      이병제  
(광운대, 석사 과정)    (광운대, 석사과정)    (광운대, 박사과정)    (광운대, 부교수)

Key Words : 삼중대역, 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 이동 통신 단말기는 지속적으로 소형, 경량화, 다 기능화 그리고 다중 대역화 되어가고 있는 실정이고 그에 따라 기존의 모노폴이나 헬리컬 형태의 외장형 안테나에 비해 단말기 외부로 돌출된 부위가 없어 단말기를 휴대 및 보관하기가 편리할 뿐만 아니라 외부의 물리적인 충격에 보호할 수 있고 단말기의 디자인을 좀 더 미려하게 할 수 있다는 장점을 가진 내장형 안테나에 대한 관심이 점점 커지고 있다.[1] 그러나 내장형 안테나는 단말기 내부의 제한적인 공간에 안테나가 장착됨으로 인하여 안테나의 전기적인 특성이 구조뿐만 아니라 접지면상에서 안테나의 위치와 휴대용 단말기의 스크린나 카메라 등에 큰 영향을 받게 되며, 이중이나 다중공진이 요구되는 경우는 임피던스 매칭, 방사패턴 등의 성능 문제로 안테나를 디자인하는 것이 매우 어려운 것이 현실이다.[2] 내장형 안테나에서 가장 널리 사용되는 PIFA 형태의 안테나의 경우 기본적으로  $\lambda/4$ 에서 공진하기 때문에 안테나의 전기적인 소형화를 이룰 수 있으며 두 개 이상의 방사소자를 이용한 다중공진을 만들기가 쉽고 휴대용 단말기에 적용할 경우 전방향성에 가까운 방사패턴을 형성한다고 알려져 왔다[3]. 그러나 대부분의 경우 일정 방향으로의 방향성을 가지게 되고 이에 따른 null point를 가지는 것을 측정할 수 있다. 특히 높은 주파수 대역에서 이러한 현상은 더욱 심하게 나타난다

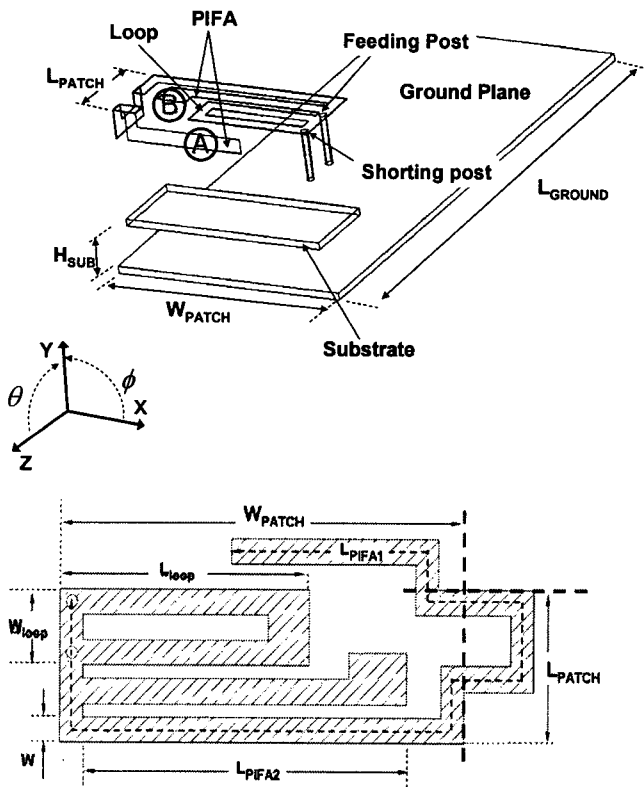
본 논문에서는 Cellular / GPS / US-PCS 대역의 삼중대역 내장형 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 PIFA 형태와

loop형 방사체가 동일 면상에 배치한 형태로 높은 주파수 영역에서 PIFA형 안테나가 null 이 발생할수 있다는 점을 고려하여 PIFA형 방사체를 낮은 주파수 영역인 Cellular / GPS대역에서 주요 방사체로 사용하고 US-PCS 대역에서는 loop형 방사체를 사용하여 대역폭 및 방사 특성을 확보 하였다. Ensemble 5.1c simulator를 이용하여 안테나의 다중 대역을 설계하였으며, IE3D를 이용하여 그 전류 분포 특성을 판단하였다. 또한 실제 제작을 통해서 안테나의 공진 특성과 방사패턴을 측정하여 시뮬레이션과 비교하였다.

## II. 본론

### 1. 안테나의 구조 및 시뮬레이션

다중 대역 안테나를 만들기 위해 Patch 윗면을 디자인하는 방법은 여러 가지가 있지만, 크게 나누면 두 가지 개념으로 구분할 수 있다. 하나는 동일한 공진 길이 상에서 첫 번째 공진과 두 번째 공진을 만드는 것이고, 다른 하나는 서로 다른 공진 길이를 사용하여 두 개 이상의 공진 모드를 만드는 것이다. 본 논문에서 제안한 안테나는 후자의 경우로 대략  $\lambda/4$ 의 길이를 가지는 두 개의 PIFA와 약  $\lambda/2$ 의 길이를 갖는 루프 형태의 방사체를 가진 구조가 되겠다. PIFA의 경우 Cellular 대역의 비교적 긴 공진 길이를 커버하기 위해 PIFA를 적절한 구부러 유전체의 옆면까지 활용하였고, GPS대역의 PIFA는 패치의 윗면만으로도 충분한 공진 길이를 가진다. 루



<그림 1>. 제안된 안테나의 구조

프형 방사체는 급전점과 단락점을 이용하여 fundamental mode에서의 공진을 반으로 나누어 half mode로 동작할수 있게 하였다. <그림 1>은 제안된 안테나의 구조를 나타내고 있다. 그림에서 A와 B 부분은 PIFA 형태의 방사체로 Cellular 대역과 GPS 대역에서 주요 방사체로 동작하도록 설계 되었다. PIFA의 일반적인 설계 수식은 다음과 같다

$$f_r = r \times f_a + (1 - r) \times f_b \quad \text{for } k \leq 1$$

$$f_a = \frac{c}{4(L_p + h)}$$

$$f_b = \frac{c}{4(W_p + L_p + h - w)}$$

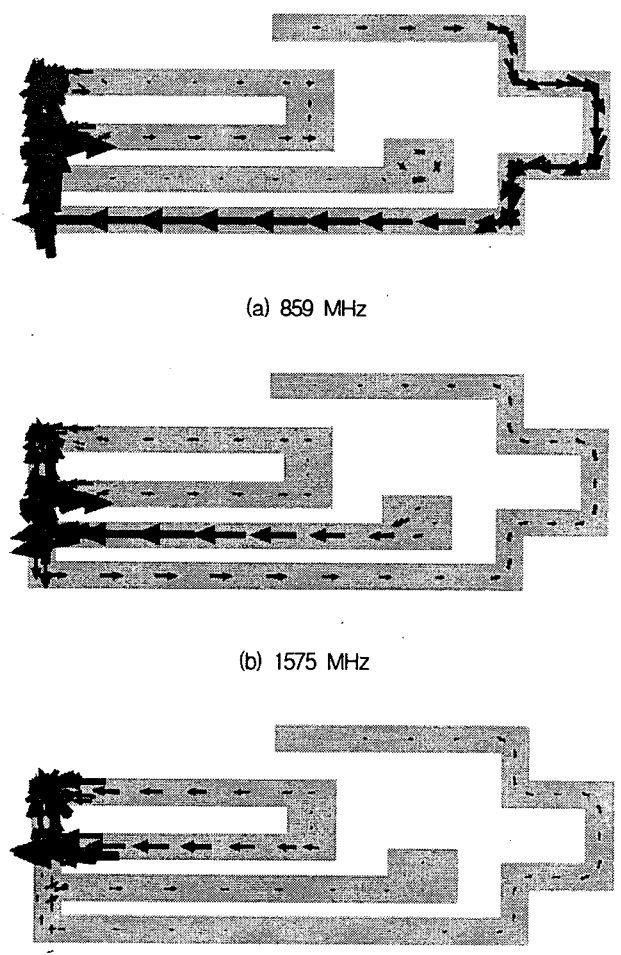
$$r = \frac{w}{W_p}$$

$$k = \frac{W_p}{L_p}$$

여기서, c는 빛의 속도, fr은 공진 주파수, Wp는 패치의 폭, Lp는 패치의 길이, h는 패치의 높이 그리고 w는 단락편의 지름이다.[4] 위의 수식에 근거하여 Cellular / GPS 대역에서의 PIFA의 공진 길이를 결정하였고, US-PCS 대역은 fundamental mode의 루프에 전류가 가장 많이 흐르는 루프의 중심 양쪽에 급전점과 단락점을 배치하여 루프를 절반만

사용하는 형태의 반파장의 반 공진 모드를 목표로 설계 하였다.[5] 제안된 안테나의 구조와 세부 크기는 다음과 같다. 접지면은 40mm×82mm (WGROUND×LGROUND)이며, 안테나는 35mm×12mm(WPATCH×LPATCH), 안테나를 고정하고 있는 Substrate 두께 0.8mm의 FR4(ε=4.7) 유전체와 접지면과 유전체 사이에 6mm 높이의 공기층을 배치하여 구현하였다. 안테나의 구조의 세부적인 크기는 LPATCH = 12 mm, WPATCH = 35 mm, Lloop = 21.5 mm, Wloop = 6 mm, W = 2 mm, LPIFA2 = 28 mm, LPIFA1 = 76 mm 이다.

<그림 2>는 제안된 안테나의 표면 전류 분포를 IE3D를 사용하여 나타낸 그림이다. Cellular 대역에서는 그림(a)에서와 같은 긴 전류 길이를 이용한 PIFA에서 주요 방사가 일어나며,[6] GPS 대역은 Patch 가운데 위치하는 짧은 길이의 PIFA가 동작하는 것을 볼 수 있다. US-PCS 대역은 위쪽에 위치하는 루프 형태의 방사 소자와 Cellular 대역 PIFA의 2차 모드에서 공진하며, 주요 방사는 위쪽의 루프 형태의 방사 소자라 할 수 있다.

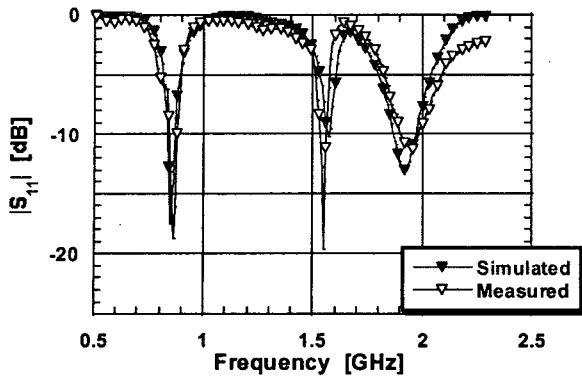


(a) 859 MHz

(b) 1575 MHz

(c) 1920 MHz

<그림 2>. 대역별 중심 주파수에서 안테나의 전류 분포

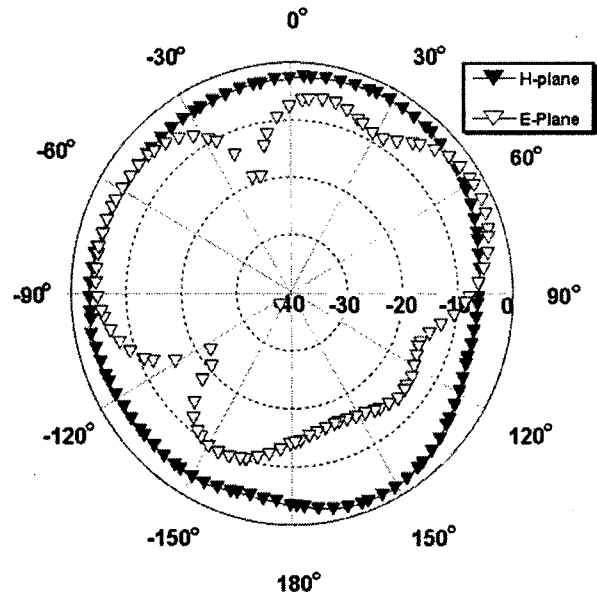


<그림 3>. 제작된 안테나의 반사 손실

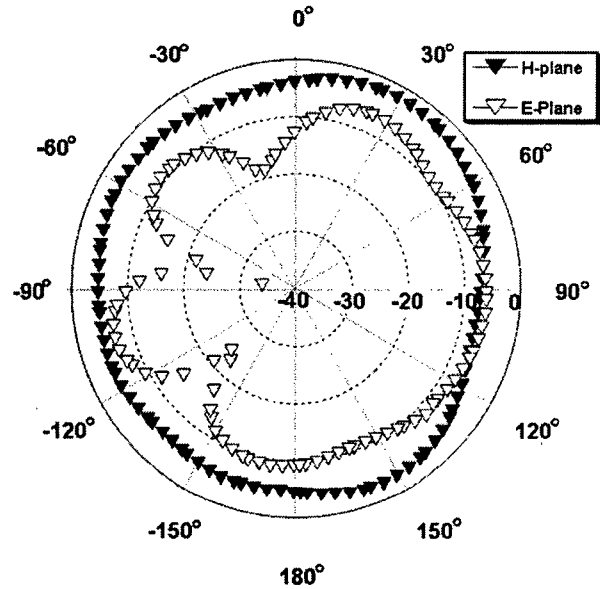
## 2. 안테나의 측정 결과

<그림 3> 은 제안된 안테나의 리턴 로스 특성을 시뮬레이션 결과와 제작 측정된 결과를 비교하여 함께 나타낸 그림이다. 그림에서와 같이 시뮬레이션과 측정이 거의 일치함을 확인 할 수 있었다.

측정된 안테나의 임피던스 대역폭은 Cellular 대역에서 정재파비 3:1 기준으로 9.7 % 로 측정되었고, GPS 및 US-PCS 대역에서 정재파 비 3:1기준으로 각각 4.1 %, 12.1 % 로 측정되었다. <그림 4>에는 실제 제작된 안테나를 전자파 무반사실(10m×6m×4m)에서 측정한 방사패턴으로서  $\phi$  방향으로 측정한 H-plane과  $\theta$  방향으로 측정한 E-plane을 각 대역의 중심 주파수에서 동시에 나타내었다. 제안된 안테나는 H-plane에서 전방향성 패턴을 측정할 수 있었다. 측정된 안테나의 이득은 표 1. 에 나타내었으며 전대역 최대 이득이 -1.83 dBi ~ 0.4 dBi 로 그 편차가 크지 않음을 확인할 수 있었다.

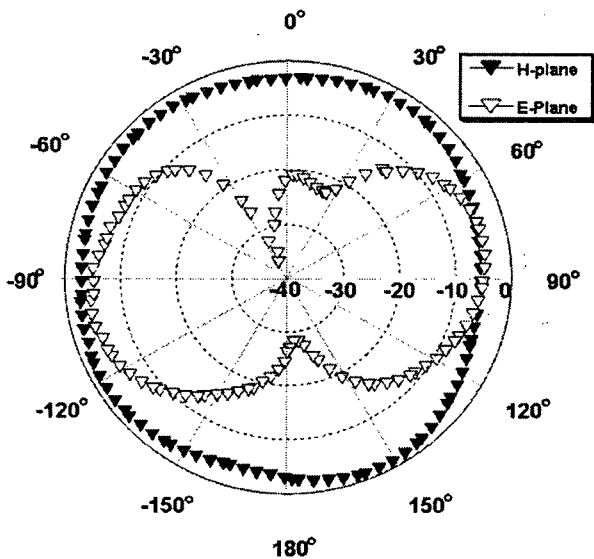


(b) 측정된 방사 패턴 ( 1575 MHz )



(c) 측정된 방사 패턴 ( 1920 MHz )

<그림 4> 대역별 측정된 안테나의 방사 패턴



(a) 측정된 방사 패턴 ( 859 MHz )

<표 1> 안테나의 측정된 대역별 이득

Band / Frequency [MHz]	H-Plane		E-Plane	
	Peak Gain [dBi]	Average Gain [dBi]	Peak Gain [dBi]	Average Gain [dBi]
Cellular	824	-0.84	-0.57	-6.12
	859	-0.43	-1.28	-7.36
	894	0.12	-1.34	-7.83
GPS	1575	-1.83	-4.77	-8.15
US-PCS	1850	-0.37	-2.14	-7.65
	1920	0.32	-2.75	-8.45
	1990	0.44	-3.41	-8.34

### III. 결 론

본 논문에서는 단말기용 Cellular/GPS/US-PCS 대역 내장형 안테나를 설계 제작 하였다. 제안된 안테나는 동일 면상에 PIFA와 링 형 방사체를 배치한 형태로 서 단말기 내부의 제한적인 공간을 효율적으로 사용하기 위해 최대한 공간을 활용한 설계를 하였다. 다중공진 구현시 발생하는 null 을 제거하기 위하여 서로 다른 주파수 대역에서 공진하는 방사 소자간의 간섭을 최소화하여 전대역에서 전 방향에 가까운 방사패턴을 얻을 수 있었다.

제안된 안테나는 VSWR < 3:1을 기준으로 3중 대역에서 공진하는 다중 대역 특성을 가지며, 각각의 공진주파수에서 0.12dBi, -1.83dBi, 0.44dBi의 최고 이득을 얻었다. 향후 본 논문에서 제안된 안테나를 실제 단말기에 적용하여 안테나 성능 시험과 인체모형을 이용하여 전자파 흡수율에 대한 연구를 수행할 예정이다.

### 참고 문헌

- [1] M. Geissler, D. Heberling, I. Wolff, "Bandwidth and radiation properties of internal handset antennas", in *IEEE Antennas and Propagat. Soc. Int. Symp.* Jul., 2000, vol. 4, pp. 2246-2249
- [2] M. Ali, G. Hayes, H. Huan-Sheng, R. Sadler, "Design of a multiband internal antenna for third generation mobile phone handsets", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 51, pp. 1452-1461, Jul. 2003.
- [3] Michael A. Jensen, Yahya Rahmat-Samii, "Performance Analysis of Antennas for Hand-Held Transceivers Using FDTD", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 42, no. 8, Aug. 1994
- [4] K.Hirasawa, M.Haneishi, *Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-Profile Antennas* Boston, Artech House Inc., 1992
- [5] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, *Microstrip antenna design handbook*, Artech House, 2001
- [6] K. -L. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, New York, John Wiley & Sons, 2003.