

# 방사부의 H형 Silt을 이용한 이동통신 단말기용 이중대역 PIFA 안테나 특성

## A Characteristics of Dual-Band PIFA for Mobile Phones Using H-Types Slits in the Radiators

이 영 훈

Young-Hun Lee

### 요 약

본 논문에서는 PIFA(Planar Inverted F Antenna)의 방사부에 H형 슬릿을 부가하여 이중대역 휴대이동전화기의 안테나 특성에 관하여 연구하였다. 안테나 방사부에 위치한 슬릿의 형태에 의하여 안테나의 임피던스의 리액턴스 성분에 영향과 공진 메카니즘을 변형함으로써 안테나의 공진특성에 영향을 준다. 그러므로 안테나는 이중대역(셀룰라 대역, 한국형 PCS 대역)에서 공진하며, 슬릿의 길이와 모양에 의해서 안테나의 대역폭, 입력 임피던스, 방사패턴 등에 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서 제시한 이론의 타당성 및 객관성을 증명하기 위해서 H형의 슬릿을 이용하여 4종류의 안테나를 제작하여 실험한 결과 반사손실의 -5 dB 대역폭은 셀룰라 대역과 한국형 PCS 대역을 만족하였고, 안테나 이득은 약 -8 ~ -1 dB이며, x, y 편파에 대한 방사패턴은 대체적으로 전방향 방사패턴을 형성하였다. 따라서 본 논문의 결과를 이용함으로써 단말기용 내장용 안테나로 사용할 수 있음을 확인하였다.

### Abstract

In this papers, we study the characteristics of dual band PIFA(Planar Inverted F antenna) for handy phones using H-type silt in the antenna radiators. Slit types on the antenna radiator vary resonance mechanism of the antenna, and affect reactance component of impedance for the antenna. Therefore the antennas resonate at the dual band(cellular band, Korea-PCS band), the bandwidth, input impedance and radiation patterns of the proposed antenna is affected by the silt length on the radiators. In order to demonstrate the validity of the proposed theory, it is implementation the antenna of the 4 types. From results for the experiment of the implementation antenna, -5 dB bandwidth of return loss is content with the allocated bandwidth of Cellular and Korea-PCS system, the gains of the antenna is about -8 ~ -1 dB, the radiation patterns for x-polarized or y-polarized are omnidirectional pattern. From above the results of this papers, it is conclude mobile phones antenna for handy phones using this papers results.

Key words : Dual Band PIFA Antenna, Mobile Phone Antenna, H-Type Slits, Ommnidirectional Radiation Pattern, Cellular Band, K-PCS Band

### I. 서 론

최근 이동통신 서비스는 멀티미디어화와 광대역

화에 의해서 높은 이득과 넓은 대역 특성을 갖는 안테나를 요구하고 있다. 또한 향후 무선 LAN, UWB, Home LAN, 무선 이동통신 기술의 급속한 발전에

「본 연구는 2003년 금오공과대학교 교내학술연구비에 지원에 의한 것임.」

금오공과대학교 전자공학부(School of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology)

· 논문 번호 : 20041027-143

· 수정완료일자 : 2004년 12월 14일

상됨으로써 기존의 이동통신과 신규 이동통신 서비스를 수용할 수 있는 멀티밴드 안테나의 개발 및 이에 관한 연구가 필요하다.

현재 이동통신 단말기에 널리 사용되는 안테나는 횡과 헬리칼 안테나이며, 이 안테나를 이용하여 향후 다양한 이동통신 서비스를 수용할 수 없다. 그 이유는 단말기 크기는 점점 더욱더 소형화되고, 다중대역 서비스를 수용하여야 한다. 이를 위해서 안테나의 전기적인 특성은 광 대역특성, 고 효율, 다중대역 및 높은 이득을 갖추고 있어야 하며, 특히 휴대폰 디자인 관점에서 보면 단말기의 미적 감각을 수용하기 위해서 단말기 내부에 안테나를 장착하여야 한다.

이동통신 서비스 요구와 기술의 발전을 수용할 수 있는 안테나의 구현방법은 안테나 구조 변형, 고유전율을 이용한 설계방법 등 다양한 방법이 제시되고 있다. 특히 휴대폰 내부에 장착할 수 있는 방안으로는 높은 유전체 표면에 패턴을 형성하여 구현하는 칩 안테나, 안테나 길이를 크게 줄일 수 있는 PIFA 구조, 슬롯을 이용하는 방법 등 다양한 방법 등이 적용되고 있다<sup>[1]</sup>.

칩 안테나는 크기면에서는 매우 작으나 안테나의 다른 구조에 비하여 이득이 상대적으로 매우 낮다는 단점이 있고, 슬롯구조의 안테나는 슬롯의 크기가 반파장이 되어야 하므로 상대적으로 크다는 단점이 있다. 그리고 PIFA 구조는 안테나 자체의 접지면을 가지고 있으면서 세트에 대한 영향은 적은 편이며, 크기는  $\lambda/4$ 이므로 상대적으로 작은 구조를 구현할 수 있다<sup>[2],[3]</sup>.

본 논문에서는 FIF의 방사부에 H형 슬릿을 이용하여 셀룰라 대역과 한국형 PCS 대역에서 동작하는 이중 대역에서 공진하는 이동통신 단말기용 안테나에 관하여 연구하였다. 안테나 방사부에 슬릿은 안테나의 입력임피던스의 리액턴스 성분을 조정함으로써 PIFA 안테나의 제 2차 공진점이 낮은 주파수로 이동한다. 따라서 슬릿의 길이를 조정함으로써 셀룰라 대역과 PCS 대역에서 동작하도록 공진특성을 조정할 수 있다. 이와 아울러 H형 슬릿은 방사부에 위치한 형태에 의하여 안테나의 임피던스의 리액턴스 성분에 영향을 줌으로서 안테나 대역폭, 입력 임피던스 등에 영향을 준다. 본 논문에서 제안한 이론의 타당성 및 객관성을 증명하기 위하여 셀룰라 대역

(820~900 MHz), 한국형 PCS 대역(1.75~1.87 GHz)에서 동작하는 안테나를 설계하였으며, 실험결과 제안한 안테나의 안테나 방사패턴은 다이폴 안테나와 같은 전방향 방사패턴(Omnidirectional radiation pattern)이며, 이득은  $-8 \sim -1$  dB이다. 따라서 본 연구의 결과를 적용하면 이동통신 단말기용 안테나에 적용할 수 있다.

## II. 안테나 구조 및 특성

### 2-1 제안한 PIFA 구조

그림 1은 본 논문에서 제안한 PIFA 구조이다. 제안한 PIFA는 접지면을 갖는 기판, 방사부, 급전봉, 접지봉으로 구성되어 있다. 접지봉은 접지면과 방사면 사이에 부착되며, 급전선은 접지면에 연결되어 있는 급전봉을 통하여 급전된다. 그리고 접지면은 기존의 휴대폰 크기와 비슷한 크기로 가정하여 모델링한다. 한편 PIFA는 선형 안테나인 IFA를 대역폭 개선을 위하여 선형 소자를 평면소자로 대체한 것으로 간주할 수 있다<sup>[4]</sup>. 따라서 한쪽면이 단락된 마이크로스트립 안테나로 간주할 수 있으며, 공진모드는  $TM_{100}$ 이다.

안테나가  $TM_{100}$  모드로 공진하면 안테나의 공진 주파수는<sup>[4]</sup>

$$D + L + H + t_1 = \frac{\lambda}{4} \tag{1}$$

이며, 여기서  $D, L, t_1, H$ 는 그림 1에 나타낸 것과 같이 안테나 각 변의 길이이다.

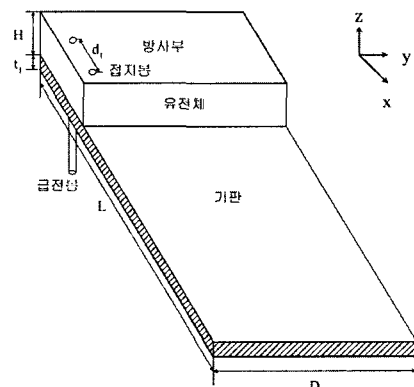


그림 1. 제안한 PIFA 구조  
Fig. 1. Proposed PIFA structures.

특히 PIFA는 유한 접지면 위에 있는 사각형 패치에 급전을 통하여 여기시키며 접지면과 함께 복사소자로서 동작한다. PIFA의 특성은 패치의 높이, 넓이, 길이와 단락봉의 위치에 의하여 안테나 특성인 이득, 대역폭, 공진주파수가 결정된다. 방사부의 길이가 길수록 공진주파수가 낮아지고 방사부가 높을수록, 단락봉의 단면적이 넓어질수록, 대역폭이 넓어진다. 또한 급전봉과 단락봉의 간격이 증가함으로써 공진주파수는 증가한다. 따라서 이러한 특성을 이용하여 단말기용 안테나의 설계에 이용한다<sup>[5]</sup>.

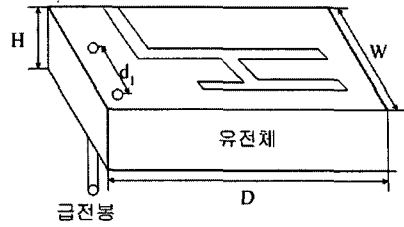
2-2 H형 슬릿을 이용한 이중대역 PIFA 구조

그림 2는 본 논문에서 제안한 H형 슬릿을 이용한 안테나 구조도이다. 제안한 PIFA의 방사부에 슬릿을 형성하면 리액턴스 성분을 생성시키고, 따라서 2차 공진주파수를 이동시키게 된다. 즉 PIFA를 마이크로 스트립 안테나로 간주하여 Cavity model을 이용하여 해석하면 공진모드는  $TM_{100}$ ,  $TM_{200}$ ,  $TM_{300}$ 이며, 여기서 기본 모드인  $TM_{100}$  모드는 전방향으로 방사하고,  $TM_{200}$  모드는 안테나 전방향으로 방사하지 않고 옆면으로 방사하며,  $TM_{300}$ 은 그레이팅 로브(grating lobe)를 발생시킨다<sup>[3]</sup>. 이때에 그림 2(b)에서와 같이 횡축의 슬릿을 부가함으로써  $TM_{100}$  모드에서 슬릿은 리액턴스 성분을 생성하며, 이는 공진주파수를 낮은 주파수로 이동시키는 원인이 된다. 이때 전류분포는 슬릿이 없는 경우와 비슷한 형태를 갖는다. 즉 급전점에서 전류의 크기는 최대가 되고, 방사부에서는 전류의 크기가 최소가 된다. 횡축의 슬릿에 의해서  $TM_{300}$  모드의 공진점의 주파수 이동을 결정한다. 즉 2차 공진 주파수를 결정한다. 따라서 슬릿의 위치는

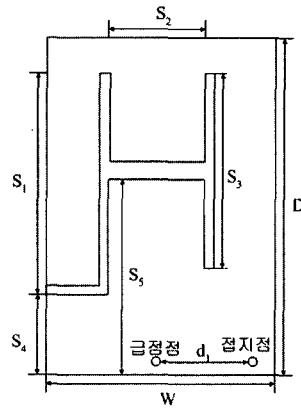
$$L_n = \frac{C}{2f_n \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

이며, 여기서  $C$ 는 광속이며,  $\epsilon_r$ 은 유전율이다. 즉 급전점에서 횡축의 슬릿까지의 거리( $S_5$ )는 공진점의 한 파장이 되고, 슬릿에서 전계는 영이 되며, 안테나의 급전부에서는 전계는 최대가 된다. 그리고 종축 방향으로 있는 슬릿은 리액턴스 성분으로 작용하여 안테나의 공진모드인  $TM_{100}$ ,  $TM_{300}$  모드의 공진주파수를 낮은 주파수로 이동시킨다<sup>[6]</sup>.

다른 방법으로 이용하여 해석하면 슬릿에 의해서



(a) 입체도  
(a) Three-dimensional geometry



(b) 평면도  
(b) Plane geometry

그림 2. H형 슬릿을 이용한 이중대역 PIFA 입체도 및 평면도  
Fig. 2. Dual-band PIFA three-dimensional and plane geometry using H-type slits.

안테나의 방사체는 두 개로 나누어지며, 하나는 주파수  $f_1$ 에서 동작하며, 다른 영역은 다른 주파수  $f_2$ 에서 동작하게 된다. 즉, 두 영역의 전기적인 길이는 각각 공진 주파수에 대하여 전기적인 길이는 약  $\lambda_g/4$ 의 전기적인 길이를 갖는다. 여기서 급전점과 접지점은 같다. 따라서 슬릿은 안테나 특성에 큰 영향을 미치므로 인하여 원하는 안테나 특성을 갖도록 최적화하여야 한다.

안테나의 전기적인 특성은 슬릿의 모양과 형태에 의해서 크게 변한다. 슬릿의 폭은 캐패시터를 생성 시킴으로써 안테나의 공진 주파수는 낮아지게 되므로 안테나의 소형화가 가능하다. 또한 슬릿의 길이와 갭의 간격은 안테나의 밴드 폭과 공진 주파수를 변화시킨다<sup>[1]</sup>.

따라서 본 논문에서는 제안한 이론을 적용하여 PIFA에서 횡축 방향의 슬릿과 종축방향의 슬릿을

결합하여 형성된 H형 슬릿을 이용하면 PIFA를 셀룰라 대역(820~890 MHz)과 한국형 PCS 대역(1.75~1.87 GHz)에서 동작하는 안테나를 구현할 수 있다.

### III. 수치해석

본 절에서는 제안한 H형 슬릿이 있는 PIFA에 관하여 정량적인 특성을 유도하기 위해서 수치해석을 하였다. 그림 1의 구조에서 기판은 기존의 휴대폰 크기와 비슷한 크기  $L=100\text{ mm}$ ,  $D=40\text{ mm}$ ,  $t_1=1\text{ mm}$ , 유전율이 4.4인 FR4를 사용하였으며, 방사부는  $W=18\text{ mm}$ ,  $D=40\text{ mm}$ ,  $H=8\text{ mm}$ 이며, 유전율은 1.9인 스티로폼 계열인 포맥스(Foamex)를 사용하였다. 포맥스는 비중이 0.7로써 아주 가볍고, 가공성이 우수하며, 특히 인쇄성이 우수하여 RF 부품 및 안테나에 적용이 가능하다<sup>[10]</sup>. 본 연구에서는 수치해석의 객관성을 얻기 위해서 Ansoft사 HFSS V9.2를 사용하였다.

그림 3은 그림 1에서 제시한 안테나에서 접지봉과 급전봉 사이의 거리에 의한 입력임피던스의 궤적을 보여주고 있다. 이들 사이의 거리가 증가할수록 임피던스 궤적의 반경이 증가함으로써 리액턴스가 증가함을 알 수 있다. 따라서 이들의 값을 이용함으로써 안테나의 공진주파수 및 반사손실과 대역폭을 결정할 수 있다.

그림 4는 PIFA 안테나의 방사부에 슬릿을 추가하

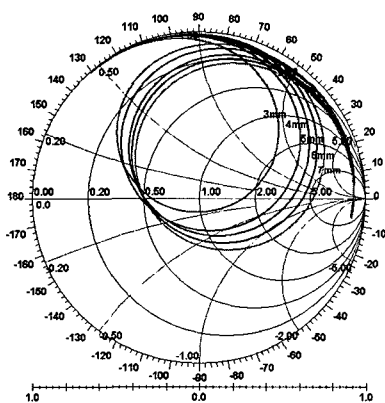


그림 3. 접지봉과 급전봉과의 거리에 따른 임피던스 궤적도  
Fig. 3. Impedance charts of the antenna varying the distance between feeding probe and shorting probe.

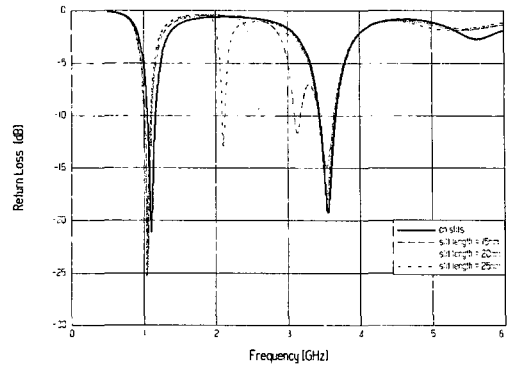
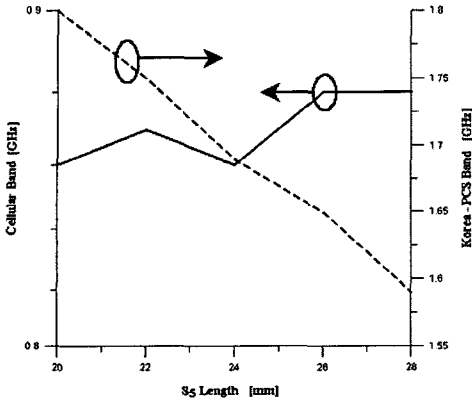


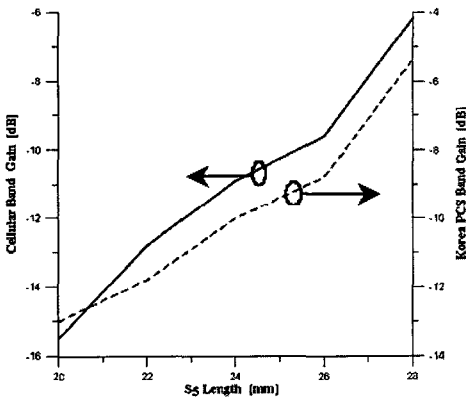
그림 4. 슬릿의 길이에 따른 공진주파수  
Fig. 4. Resonance frequency versus length of silts.

여 슬릿의 길이를 증가하였을 경우에 1차 공진주파수와 2차 공진주파수가 낮은 주파수로 이동하고 있는 것을 보여주고 있다. 이때에 슬릿의 폭은 1 mm이며, 슬릿의 길이는 각각 15 mm, 20 mm, 25 mm이다. 수치해석 결과, 1차 공진주파수는 미소한 변화를 보였으며, 반면에 슬릿의 길이가 25 mm가 되면 2차 공진주파수는 약 1.5 GHz 낮은 주파수로 이동하였다. 따라서 1차 공진주파수는 PIFA 안테나 전체 크기에 의해서 공진주파수가 결정되며, 2차 공진주파수는 슬릿에 의해서 생성되는 리액턴스에 의해서 크게 영향을 받음으로써 슬릿을 이용하여 셀룰라 대역과 PCS 대역에서 동작하는 안테나를 구현할 수 있음을 알 수 있다.

그림 5는 H형 슬릿의 횡축 방향의 슬릿의 위치, 즉 그림 2에서  $S_5$ 의 길이에 따른 PIFA의 공진특성에 관하여 고찰하였다. 그림 5(a)에서  $S_5$ 의 길이가 증가함으로써 제2의 공진점이 낮아지고 있음을 알 수 있다. 즉 이는 앞에서 설명한 것과 같이 슬릿에서 전계는 영이 되고, 개방면에서의 전계는 최대가 되므로써 횡축 슬릿에서 개방면까지의 거리가  $\lambda_g/4$ 가 되는 것을 의미하며, 또한 안테나를 2개의 영역으로 나눔으로써 하나는 공진주파수  $f_1$ 에서 공진하고, 하나는  $f_2$ 에서 공진함을 의미한다. 또한 그림 5(b)는  $S_5$ 의 길이가 증가함으로써 안테나의 이득이 선형적으로 증가함을 보여주고 있다. 이에 대한 결과를 이용하여 휴대 단말기용 안테나를 구현할 수 있음을 보여주고 있으며, 본 논문에서 제안한 H형 슬릿은 이론적인 객관성을 입증하고 있다.



(a) 공진주파수 특성  
(a) Resonance frequency characteristics



(b) 이득특성  
(b) Gain characteristics

그림 5.  $S_5$ 의 거리에 따른 안테나 공진주파수와 이득 특성  
Fig. 5. Resonance frequency and gain characteristics of the antenna varying distance of  $S_5$ .

그림 6은 그림 2(b)에서 H형 슬릿에서 종방향 슬릿 사이의 이격거리에 의한 안테나의 공진주파수를 나타내고 있다. 이들의 간격이 증가함으로써 셀룰라 대역의 공진주파수는 거의 선형적으로 증가한 반면 한국형 PCS 대역은 약간의 공진주파수가 변화함을 보여주고 있다. 즉  $S_2$ 의 거리는 셀룰라 대역의 공진주파수에 큰 영향을 주며, 반면에 안테나 이득과 대역폭에는 큰 영향을 미치지 않고 있다.

본 절에서 수행한 수치해석 결과를 종합하면 슬릿의 길이, H형 슬릿의 종방향, 횡방향에 의해서 안테나의 대역폭과 이득, 공진주파수에 크게 영향을 준다. 즉, 슬릿의 길이와  $S_5$ 의 길이는 PCS 대역 공

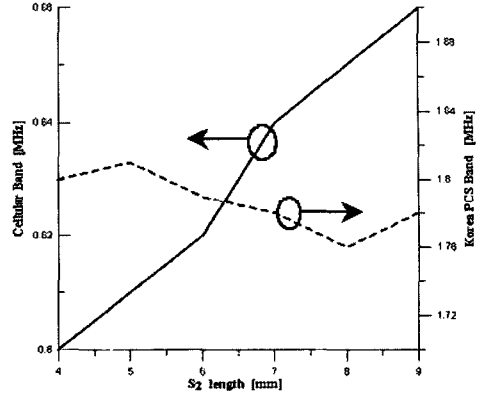


그림 6.  $S_2$ 의 거리에 따른 안테나 공진주파수 특성  
Fig. 6. Resonance frequency characteristics of the antenna varying distance of  $S_2$ .

진주파수의 편이와 이득에 큰 영향을 주며,  $S_2$ 는 셀룰라 대역의 공진점에 지대한 영향을 미치며, 반면에 이득과 대역폭에는 영향이 없다. 따라서 본 결론을 사용하면, PIFA 안테나와 H 슬릿을 이용하여 단말기용 듀얼대역 안테나를 구현할 수 있다.

#### IV. 안테나 제작 및 실험

##### 4.1 안테나 설계 및 제작

앞 절에서 얻은 수치해석 결과를 이용하여 본 논문에서 제시한 이론의 타당성 및 객관성을 입증하기 위해서 셀룰라 대역과 한국형 PCS 대역에 적용할 수 있는 안테나를 설계 및 제작하였다. 설계한 안테나의 크기는 실제 휴대폰 크기와 같은 100 mm, 폭 40 mm, 두께 9 mm를 이용하였다. 따라서 세부적인 설계파라미터는 그림 1과 그림 2에 제시한 설계파라미터에 기판의 크기는  $D \times L \times t_1 (40 \times 100 \times 1 \text{ mm}^3)$ 이며, 재질은 FR4, 유전율은 4.4이고, 방사부는 스티로폼 계열인 포맥스이며, 크기는  $D \times H \times W (40 \times 18 \times 8 \text{ mm}^3)$ , 유전율은 1.9, 슬릿의 폭은 1 mm이며, 슬릿의 규격과 접지봉과 신호봉 사이의 간격에 따라 설계변수가 서로 다른 4개 종류의 안테나를 제작하였으며, 이에 대한 세부사항은 표 1과 같으며, 그림 7은 표 1에서 제시한 규격을 이용하여 제작한 안테나이다.

##### 4.2 안테나 실험 결과

본 연구에서는 셀룰라 대역의 중심주파수는 855

표 1. 안테나 설계규격(단위: mm)

Table 1. Design specification of the proposed antennas.

구분	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
기판 크기	40×100×1			
방사부 크기	40×18×8			
슬릿의 폭	1			
$d_1$	5	5	6	7
$s_1$	22	8	25	30
$s_2$	5	5	4	4
$s_3$	19	13	20	26
$s_4$	11	13	9	5
$s_5$	25	25	25	13

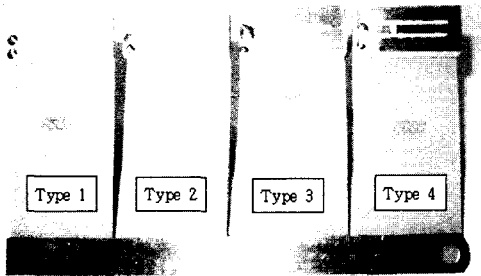


그림 7. 제작한 안테나

Fig. 7. Implemented the proposed antenna.

MHz이며 대역은 820~890 MHz이며, 한국형 PCS 대역에서 중심주파수는 1.810 MHz이며 대역은 1.750~1.870 GHz에서 동작하는 안테나를 설계 및 제작하여 실험하였다. 안테나의 실험은 반사손실은 Anritsu MS4623B를 사용하였으며, 방사패턴은 (주) MTG의 장비를 이용하여 측정하였다. 이에 관한 실험결과는 표 2에 제시하였으며, 셀룰러 대역과 PCS

표 2. 제작한 안테나의 실험결과

Table 2. Experimental results of the implemented antennas.

구분		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	
대역폭 (5 dB)	셀룰러	이론치	0.82~0.90	0.83~0.90	0.82~0.90	0.82~0.89
		실험치	0.83~0.91	0.84~0.92	0.82~0.89	0.81~0.89
	PCS	이론치	1.72~1.94	1.72~1.96	1.72~1.92	1.72~1.94
		실험치	1.73~1.93	1.72~1.90	1.71~1.93	1.72~1.94

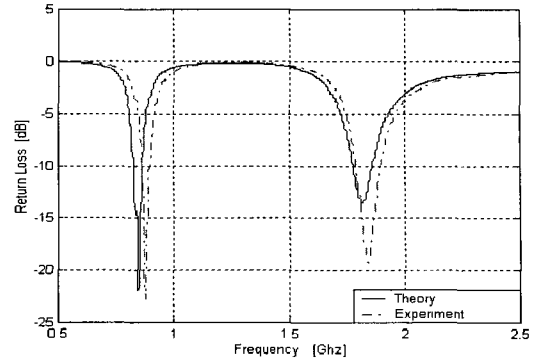
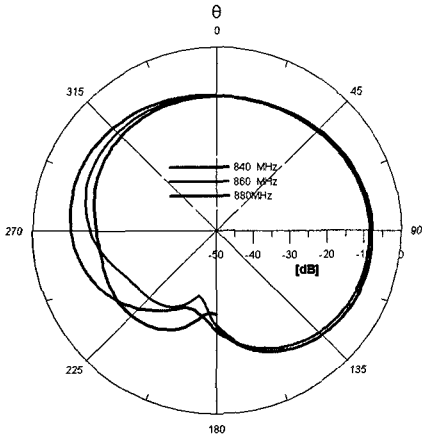


그림 8. 제작한 안테나의 반사손실(type 1)

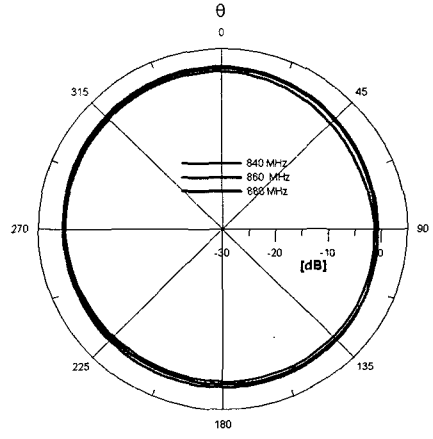
Fig. 8. Return Loss of the implemented antennas(type 1).

대역에 대한 -5 dB 대역폭은 셀룰러 대역에서 10~20 MHz, 한국형 PCS 대역에서 10~60 MHz의 오차를 보이고 있으나, 대체적으로 셀룰러 대역과 PCS 대역을 만족함을 알 수 있다. 그림 8은 표 2에서 제시한 Type 1의 안테나에 대한 반사손실과 셀룰러 대역과 한국형 PCS 대역에 대한 방사패턴에 대한 실험 값을 제시하고 있다. 반사손실의 크기는 대체적으로 이론 값과 실험 값과는 약 -5 dB 정도 오차가 발생하였으며, 대역폭에서는 5 MHz 정도의 차이를 보여주고 있다. 이는 안테나의 제작으로 인한 오차로 인하여 발생한 것으로 사료된다.

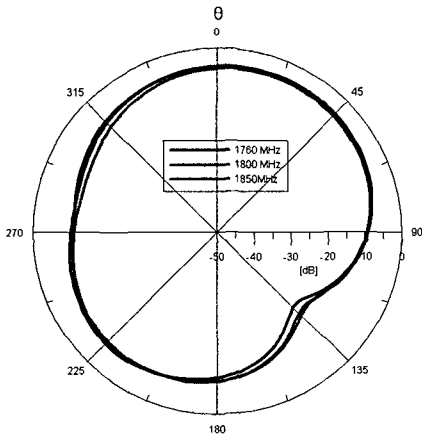
그림 9는 x-편파에 대하여  $\phi=0$ 일 때에 셀룰러 대역과 PCS 대역에 대한 방사패턴을 나타내고 있으며, 그림 10은 y-편파에 대한 셀룰러 대역과 PCS 대역에 대한 방사패턴을 나타내고 있으며, 안테나 이득은 셀룰러 대역과 PCS 대역에서 -1~-8 dB이다. 특히 일반적인 PIFA의 경우에 주로 x편파 특성을 가지고 있다. 그러나 방사부에 슬릿을 인가함으로써 x, y 편파의 경우에 비슷한 전방향(Omnidirectional) 방사패턴을 보여 주고 있다. 따라서 안테나의



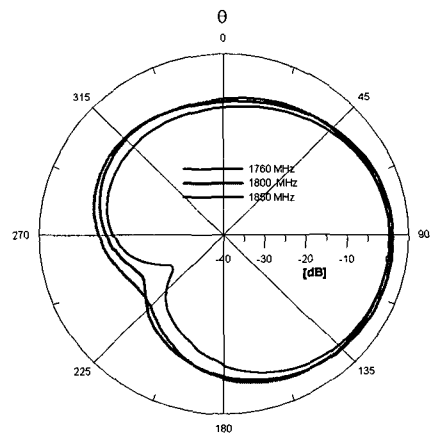
(a) 셀룰라 대역 방사패턴  
(a) Radiation pattern for cellular band



(a) 셀룰라 대역 방사패턴  
(a) Radiation pattern for cellular band



(b) 한국형 PCS 대역 방사패턴  
(b) Radiation pattern for Korea PCS band



(b) 한국형 PCS 대역 방사패턴  
(b) Radiation pattern for Korea PCS band

그림 9. x-편파에 대한  $\phi=0^\circ$ 에서의 방사패턴(type 1)  
Fig. 9. Radiation pattern for x-polarized fields at  $\phi=0^\circ$  (type 1).

그림 10. y-편파에 대한  $\phi=0^\circ$ 에서의 방사패턴(type 1)  
Fig. 10. Radiation pattern for y-polarized fields at  $\phi=0^\circ$  (type 1).

방사전력 특성이 일반적인 PIFA에 비하여 특성이 개선되었음을 확인할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제시한 이론을 적용하면 H 슬릿을 이용하여 이동통신용 단말기용 안테나에 사용할 수 있음을 알 수 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 PIFA(Planar Inverted F Antenna)의 방사부에 H형 슬릿을 이용하여 휴대이동전화기에 사용할 수 있는 이중대역에서 동작하는 안테나 특성에 관하여 연구하였다. 안테나 방사부에 슬릿을 인

가함으로써 슬릿은 안테나의 임피던스의 리액턴스 성분부에 영향과 공진 메커니즘을 변형함으로써 안테나의 공진특성에 영향을 준다. 그러므로 안테나는 셀룰라 대역, 한국형 PCS 대역에서 공진하며, 슬릿의 길이와 모양에 의해서 안테나의 대역폭, 입력 임피던스, 방사패턴 등에 영향을 미친다.

본 논문에서 제시한 이론의 타당성 및 객관성을 입증하기 위해서 총 4개 종류의 안테나를 설계 제작하였으며, 실험결과 반사손실은 셀룰라 대역(0.82~0.89 MHz)과 한국형 PCS 대역(1.75~1.87 GHz)에서 공진하였다. 안테나 이득은  $-1 \sim -8$  dB이었으며,

안테나 방사패턴은 전방향 방사패턴이다. 따라서 본 논문에서 제시한 H형의 슬롯을 이용함으로써 PIFA 안테나의 크기의 변화없이 이중 대역에서 동작하는 안테나를 구현할 수 있음을 확인하였으며, 단말기용 내장용 안테나로 사용할 수 있음을 확인하였다.

향후 연구로는 크기의 소형화 방안 및 삼중대역 이상에서 동작할 수 있는 안테나 구조 방안과 아울러 안테나 효율은 안테나 크기와 밀접한 관련이 있으므로 효율을 높일 수 있는 방안에 관하여 연구가 수반되어야 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] Zi Dong Liu, P. S. Hall, "Dual-frequency planar inverted-F antenna", *IEEE Trans. on AP*, vol. 45, no. 10, pp. 1451-1448, Oct. 1997.
- [2] M. Kahaizi, T. K. Sarker, "Analysis of a wide radiating slot in the ground plane of a microstrip line", *IEEE Trans. on MTT*, vol. 45, no. 10, pp. 29-37, Jan. 1993.
- [3] S. Maci, "Dual-band slot-loded patch antenna", *IEE Proce.-Microw, Antennas Propagation*, vol. 142, no. 3, pp. 225-232, Jun. 1995.
- [4] R. W. P. King, "Transmission line missile antenna", *IRE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 8, no. 1, pp. 88-90, Jan. 1960.
- [5] Koichi Ogawa, Tomoki Uwano, "A diversity antenna for very small 800 MHz band portable telephones", *IEEE Trans. on Antenna Propagation*, vol. 42, no. 9, pp. 1342-1345, Sep. 1994.
- [6] 이영훈 외, "부하슬롯(Loaded Slot)을 이용한 이중대역 이동통신 단말기용 패치 안테나 특성", 전자과학기술 하계학술대회 논문집, pp. 69-72, 2002년 7월.
- [7] Takashi, "Multifrequency Antenna", US patent, No. 6225958B1, May 2001.
- [8] Gray Geroqe, "Inverted-F antennas with multiple planar radiating elements and wireless communicators incorporating same", US patent, no. 62268-831B1, Jul. 2001.
- [9] Kin-Lu Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, John Wiley & Sons, 2003.
- [10] [http://www.lgchem.co.kr/upload/product/lg\\_foamex \[1\].pdf](http://www.lgchem.co.kr/upload/product/lg_foamex[1].pdf)

### 이 영 훈



1986년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
 1988년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1995년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1995년 3월~2002년 2월: 호남대학교

교 전파공학과 전임강사, 조교수, 부교수 근무  
 2002년 3월~현재: 금오공과대학교 전자공학부 조교수  
 2004년 1월~현재: 한국전자과학회 영남지부 총무  
 [주 관심분야] 마이크로파 수동 및 능동소자 해석 및 설계, 안테나 설계 및 해석, EMI/EMC 대책기술