

# 이동통신단말기용 광대역 테이퍼형 PIFA

<sup>o</sup>김 병찬 · 박 주덕 · 최 형도

한국전자통신연구원 무선방송연구소 전파기반연구부

E-mail : [bckima@etri.re.kr](mailto:bckima@etri.re.kr)

## A BROADBAND TAPERED PIFA FOR MOBILE PHONES

<sup>o</sup>Byung-Chan Kim · Ju-Derk Park · Hyung-Do Choi

Advanced Radio Technology Dep., Radio & Broadcasting Research Lab., ETRI

### Abstract

In this paper, a new compact PIFA, applicable to PCS system, is described. The central aim in design is to broaden the bandwidth within limited height of mobile phones. To overcome the narrow bandwidth characteristics, which is typical of a patch antenna, tapered type radiation patch is employed. The antenna is designed using CST microwave studio and its characteristics are compared with a basic PIFA with similar volume.

**Key words** : PIFA, bandwidth, tapered, mobile phones

### I. 서론

이동통신의 급격한 발달과 이동통신 단말기의 소형화 경향으로 인해 단말기용 안테나의 소형화에 대한 관심이 끊임없이 증가하고 있다. 이로 인해 단말기 내부에 내장될 수 있는 구조(low-profile)라는 점과 그 구조의 간편함 때문에 평면형 역 F 안테나(planar inverted-F antenna, PIFA)가 많은 주목을 받아 왔다<sup>1-6)</sup>. 이 PIFA는 제작하기가 쉽고 제조 비용이 적게 든다는 이점도 가지고 있다. PIFA는 설계 구조가 자유로운 점도 있지만, 반면 설계 시에 접지 구조를 함께 고려해야 하는 어려움이 있기도 하다. 이 때문에 PIFA는 단독의 소자로서 설계하는 일이

쉽지 않다. 무엇보다도 평면형 안테나로써의 PIFA가 가지고 있는 협대역 특성 때문에 다양한 응용 분야에의 적용 가능성이 제한되고 있다. 따라서, PIFA를 이동통신 단말기를 포함한 무선통신의 여러 분야에 적용하기 위해서는 주파수 대역폭을 넓히는 것이 무엇보다 중요한 과제이다. 일반적으로 주파수 대역폭에 영향을 미치는 안테나의 여러 인자들은 아래와 같은 관계를 가지고 있다.

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_u - f_l}{f_r} \propto \frac{1}{Q} \quad (1)$$

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2)$$

$$Q \propto \frac{1}{S} \quad (3)$$

여기서,  $f_r$  는 공진 주파수이고  $f_u$  와  $f_l$  은 주파수 대역폭의 상한 주파수와 하한 주파수이다.  $Q$  는 안테나 인자이며  $R$  은 안테나의 손실 항,  $L$  과  $C$  는 각각 안테나의 인덕턴스와 커패시턴스 성분이다.  $S$  는 안테나의 체적을 의미한다.

현재 사용중인 PIFA는 그 구조가 접지면 (ground plane)과 상단의 사각형 패치(patch), 접지면과 패치를 연결하는 단락판(shorting plane), 그리고 통상적으로 동축선(coaxial cable)을 사용하는 급전 부분(feeder)으로 구성되어 있다. 이런 구조를 갖는 PIFA의 대역폭을 넓히기 위해 가장 흔히 사용하는 방법은 단락판의 높이를 높여 체적을 크게 하는 방법을 많이 사용한다<sup>[2]</sup>. 그 외에도 PIFA의 대역폭을 넓히기 위한 여러 가지 방법들이 있는데 그 중 몇 가지 예를 보면 추가적인 패치를 하나 더 배치하여 설계 주파수 근처에서 이중 공진이 발생하게 함으로써 대역폭을 넓히는 방법과<sup>[3]</sup> 유전율의 유전체를 상단 패치에 추가하는 방법<sup>[4]</sup> 그리고 안테나의 전체적인 손실 항을 크게 하기 위해 단락판 대신 칩 저항을 사용하는 방법<sup>[5]</sup> 등이 있다. 그러나 이러한 방법들은 추가적인 소자를 필요로 함으로써, 설계 인자가 증가하여 안테나에 대한 튜닝이 오히려 복잡해 지는 단점이 있다. 따라서 PIFA의 여러 장점들을 그대로 취하면서도 최대의 단점인 협대역 특성을 현재 이동통신 단말기에 적용되고 있는 모노폴 안테나 수준까지 증가시키는 것은 안테나 설계자들에게 매우 관심 있는 연구 분야이다.

본 논문에서는 기존의 PIFA가 가지고 있는 형태에 비해 형상 변형에 대한 유연성을 부여하는 한편 주파수 협대역 특성을 극복할 수 있는

새로운 구조의 PIFA를 제안하였다. 여기에서 언급하는 대역폭의 기준은 전압정재파비(VSWR)가 2:1 이하인 것으로 정의 하며 전압 정재파비 2:1 은 -10 dB 의 반사 손실(return loss)을 갖는 것과 동일하다.

## II. 설계

그림 1은 본 논문에서 제안한 PIFA의 형태를 보여 주고 있다. 기존의 PIFA와 비교해서 접지면과 단락판 및 동축선을 기본으로 하는 급전 구조를 갖고 있다는 것은 동일하나 상단 패치가 제안된 구조에서는 테이퍼 형태(tapered type)로 되어 있다는 것이 그 특징이다. 그림 1의 구조에서 주요 설계 인자는 상단 패치의 길이( $L_p$ )와 폭( $W_p$ ), A 와 B, 급전선의 위치 그리고 단락판의 폭( $W_s$ ) 및 높이( $h$ )이다. 본 논문에서 이들 여러가지 설계 인자들 중에서 특히 고려한 인자는 단락판의 높이로 이동통신단말기에 장착 여부에 매우 중요한 파라미터이다.

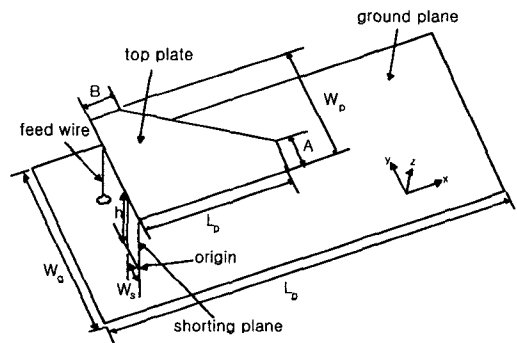


그림 1. 테이퍼형 PIFA의 형상

제안된 테이퍼 형태의 PIFA에 대한 설계 과정은 간단하다. 우선, 접지면과 상단 패치의 간격을 일정한 높이로 두고 일반적으로 사용되는 PIFA의 설계 기법을 이용하여 공진주파수에 맞

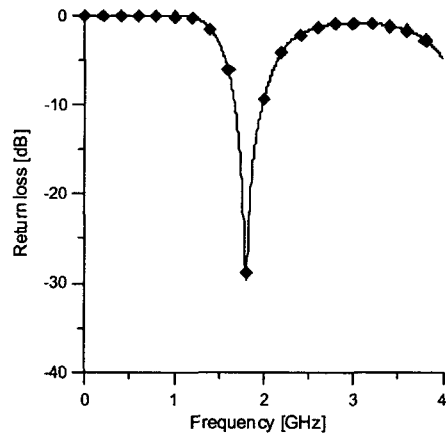
준다. 그러나 이때 기존의 정사각형 패치를 갖는 PIFA 구조와 비교하여 상단 패치의 일부분을 잘라낸다는 점과 PIFA의 공진주파수는 상단 패치의 크기에 반비례함을 감안하여 원하는 공진주파수 보다 약간 낮은 주파수에서 공진하도록 맞춘다. 그리고 단락판의 위치와 폭 그리고 급전점의 위치를 조정하여 적절한 매칭(matching)이 이루어 지도록 조정한다. 그림 1의 A와 B의 길이는 위에서 언급한 것처럼 공진주파수에 영향을 미치므로 원하는 공진주파수에 공진이 되도록 결정하면 된다.

### III. 시뮬레이션

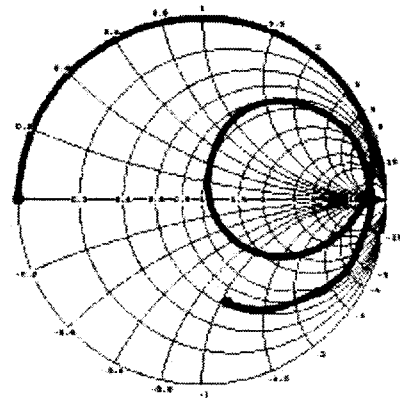
제안된 테이퍼 형태의 PIFA는 1.8 GHz 대역에서 동작하도록 설계하였으며, 이것의 광대역 특성을 확인하기 위한 시뮬레이션은 FIT(finite integral technique)알고리즘을 기반으로 하는 3차원 시뮬레이터인 CST社의 Microwave Studio를 이용하여 수행하였다. 그림 2에 반사 손실에 대한 시뮬레이션 결과가 나타나 있는데 설계 파라미터를 보면  $L_p = 35$  mm,  $W_p = 25$  mm,  $W_s = 3.5$  mm,  $h = 6.0$  mm,  $A = 5.0$  mm,  $B = 5.0$  mm 이고 급전점의 위치 (x, y, z)는 (2.0, 19.0, 6.2) mm 이다. 상단 패치의 좌측, 상단 및 하단 가장 자리(edge)는 접지면의 해당 가장 자리로부터 각각 5.0 mm, 2.5 mm 및 2.5 mm 씩 떨어져 있다. 상단 패치와 접지면의 두께는 각각 0.1 mm 로 두었으며 접지면의 크기는 ( $L_g, W_g$ ) = (70, 30) mm 에서 최적화 되었다. 상단 패치와 접지면 사이는 공기층(air)이며 동축선 구조를 갖는 급전선의 내부 도체는 접지면을 통해 상단 패치에 연결되어 있고 바깥 도체는 접지면과 직접 연결되어 있다.

그림 2(a)와 2(b)에서 보는 것과 같이 최대 반사 손실은 -27.97 dB이며 공진주파수는

1.766 GHz 이다. 공진주파수에서 임피던스는 약  $53.99 + j 1.15$  이다. 주파수 대역폭의 상한 및 하한 주파수는 각각 1.938 GHz 와 1.645 GHz 로써 16.6 % 의 대역폭을 얻을 수 있는데 이것은 비슷한 체적의 기존의 PIFA와 비교할 때 상당히 개선된 값이다<sup>[6-7]</sup>.



(a) 반사 손실



(b) 입력 임피던스

그림 2. 시뮬레이션 결과

### IV. 제작 및 실험

그림 3은 제안된 광대역 테이퍼형 PIFA에 대한 특성을 확인하기 위하여 시뮬레이션에 사용

된 설계 파라미터와 동일한 규격으로 동판 (copper)을 이용하여 제작한 테이퍼 형태의 PIFA이다. 급전은 50 오옴 짜리 SMA 콘넥터를 통해 이루어 지도록 되어 있다.

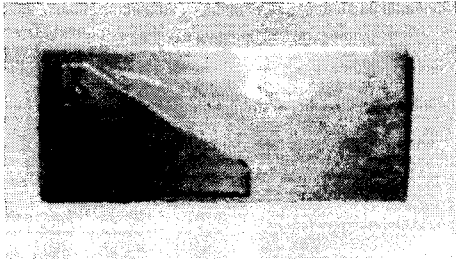
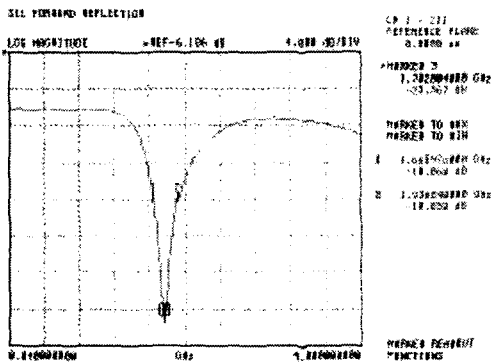
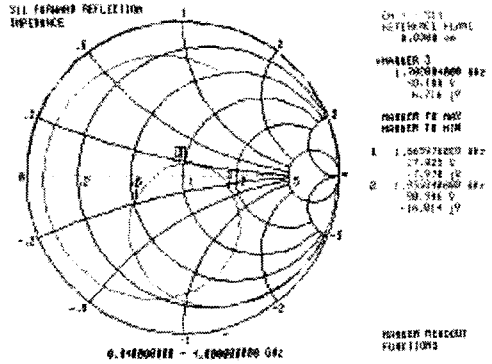


그림 3. 제작된 테이퍼형 PIFA의 형상

제작된 안테나를 대상으로 반사 손실과 입력 임피던스를 측정한 결과가 그림 4에 나타나 있는데 그림 2의 시뮬레이션과 결과와 비교해서 큰 차이가 없이 광대역 특성을 그대로 나타내었다. 먼저 -10 dB 대역폭을 측정한 결과 상한 및 하한 주파수는 각각 1.937 GHz 와 1.666 GHz 이며 공진주파수가 약 1.782 GHz 로서 주파수 대역폭은 약 15.2 % 였다. 공진주파수에서의 반사 손실은 약 -23.4 dB 로서 시뮬레이션 결과와 비교했을 때 약 4.6 dB 정도의 차이를 보였다. 공진주파수에서의 입력 임피던스는 약  $48.18 + j 6.716$  였다.



(a) 반사 손실



(b) 입력 임피던스

그림 4. 테이퍼형 PIFA 에 대한 측정 결과

### V. 결론

본 논문에서는 이동통신단말기에 장착이 가능하고 대역폭 특성이 개선되었으며 1.8 GHz 대역에서 동작하도록 설계된 테이퍼 형태의 PIFA를 제안하고 그 특성을 살펴 보았다. 안테나의 대역폭 특성은 물리적 크기에 관련이 있지만 제안된 PIFA의 경우에는 체적을 줄이면서도 향상된 대역폭 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 본 논문에서 제안된 PIFA는 사각형 형태의 방사 패치를 갖는 일반적인 PIFA에 비해 보다 유연한 형상 변형이 가능하여 다양한 구조체에 적용이 가능할 뿐만 아니라 기존의 방법과 달리 부가적인 소자의 추가 없이 상단 패치를 테이퍼 형태로 설계하는 간단한 방법으로 광대역화가 가능하여 그 응용의 가능성이 많은 것으로 생각된다.

### VI. 참고 문헌

[1] C.W. Chiu and F.L. Lin, "Compact dual-band PIFA with multi-resonators", *Electronic Letters*, vol.38, no.12, pp.538-540, June 2002.

- [2] Kathleen L. Virga and Yahya Rahmat-Samii, "Low-Profile Enhanced-Bandwidth PIFA Antennas for Wireless Communications Packaging", *IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques*, vol.45, no.10, pp.1879-1888, October 1997.
- [3] A.F. Muscat and C.G. Parini, "Novel Compact Handset Antenna", *Antennas and Propagation, 2001. Eleventh International Conference*, vol.1, pp.336-339, April 2001.
- [4] Terry Kin-chung Lo and Yeongming Hwang, "Bandwidth Enhancement of PIFA Loaded with Very High Permittivity Material Using FDTD", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol.2, pp.798-801, June 1998.
- [5] Kin-Lu Wong and Kai-Ping Yang, "Modified planar inverted F antenna", *Electronic Letters*, vol. 34, no.1, pp.7-8, January 1998.
- [6] Pedro Pinho and J.F. Rocha Pereira, "Design of a PIFA Antenna Using FDTD and Genetic Algorithms", *Antennas and Propagation Society 2001 IEEE International Symposium*, vol.4, pp.700-703, July 2001.
- [7] 김 병찬 외, "이동통신단말기용 PIFA", *마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문집*, vol. 25, no. 2, pp.313-316, 2002. 9.