

WLAN용 이중공진 평면 역F 칩 안테나 설계

이지면, 이범선

경희대학교 전파통신공학과

jeemyunlee75@hotmail.com, bomson@khu.ac.kr

Design of Dual Resonant Planar Inverted-F Chip Antenna for WLAN Applications

Jeemyun Lee, Bomson Lee

Radio & Communication Engineering, Kyunghee University

요 약

본 논문에서는 저가의 FR4 칩의 전면과 후면을 이용하여 ISM대역을 만족하는 이중대역 특성의 평면 역F 칩 안테나(PIFCA)를 설계·분석하였다. 제안된 PIFCA의 크기는 $21 \times 5 \times 1$ mm이고, 10dB 반사손실을 기준으로 하여 2.45GHz에 9.54%(2390~2630MHz), 5.775GHz에서 13.89%(5670~6520MHz)의 이중대역 특성을 갖는다. 안테나는 2.45GHz에서 2.2dBi, 5.775GHz에서 5.2dBi의 이득특성을 나타내며, 방사패턴은 일반적인 PIFA 방사패턴과 유사하다.

I. 서 론

최근의 무선통신 기술의 발달로 일반가정, 사무실 등의 실내·외 무선통신망 구축에 WLAN(Wireless Local Area Network)을 이용하는 추세이다. 이런 WLAN의 가용대역은 ISM(Industrial Scientific and Medical)대역이라 불리는 주파수 대역으로 일반적으로 2400~2500MHz를 이용하였으나 최근에는 5725~5875GHz대역까지 확대되어지고 있다[1]. 이와 같은 최근의 무선통신용 단말기 안테나는 다양한 요구를 동시에 만족해야 한다[2]. 초소형화, 광대역화, 내장형의 칩화, 다중대역화 등의 요구를 만족하기 위한 방안으로 소형의 칩 구조에 다중의 안테나 공진 길이를 이용하는 방법이 이용되고 있다. 그러나 다중대역, 광대역의 특성을 갖는 안테나를 설계하기 위해서는 안테나의 크기가 증가 할 수밖에 없는데 이런 단점을 보완위한 여러 가지 소형화 방법이 제시되고 있다. 이러한 소형 안테나의 설계방법 중 고유전율의 세라믹에 conductor를 코팅하는 방법의 칩 안테나가 있다[3]. 이는 안테나의 침소화를 가져올 수 있고, MMIC등에 응용이 쉬워진다. 특히 SMD형태의 내장형 칩 안테나는 초소형이라는 장점과 대량생산이 가능하다는 경제적인 장점으로 인하여 차세대 무선통신 서비스를 위해 국내·외 연구소에서 지속적인 연구가 진행 중에 있으며,

실제 개발하여 일부 단말기에 장착 중에 있다[4][5]. 이와 함께 소개되는 방법으로는 평면 역F 안테나(PIFA)가 있는데, 이는 안테나의 크기를 일반적으로 $\lambda/4$ 까지 줄일 수 있고[6][7], PIFA 내부에 용량성 성분을 추가하여 안테나의 전체 크기를 $\lambda/8$ 까지 줄일 수 있는 안테나의 설계도 소개되고 있다[8]. PIFA는 부착한 옆면의 모양이 역F형으로 부착되어 붙여진 이름으로 소형, 저자세, 임피던스 매칭이 용이하다는 등의 특징을 가지고 있다[9]. 그러나 이와 같은 내장형 안테나들은 소형화에 따른 이득 및 방사패턴의 변화와 안테나의 실장구조와 환경에 따른 영향을 많이 받는다. 특히 실장기판의 그라운드에도 전류가 흐르기 때문에 기판 자체가 안테나의 공진에도 영향을 미치므로 안테나의 실장구조에 대한 분석 또한 필요하다.

본 논문에서는 평면 역F 안테나 형태를 이용하여 이중대역의 ISM대역을 만족하는 이중공진 PIFCA를 설계·분석한다. 10dB 반사손실(VSWR2:1)을 기준으로 하여 2.45GHz에 9.54%, 5.775GHz에서 13.89%의 이중대역을 갖는 안테나를 설계하였다. 그리고 설계된 안테나의 방사패턴은 일반적인 PIFA 방사패턴과 유사하다.

II. 단일공진 평면 역F 칩 안테나

II-1. 단일공진 평면 역F 칩 안테나의 설계

PIFCA를 구성하는 파라미터들의 크기는 그림1에서 보는 바와 같다. 그림1의 (a)는 평면 역F 칩 안테나가 실장된 구조이고, (b)는 측면도, (c)는 하단에서 본 구조, (d)는 PIFCA의 상세도를 나타낸다. PIFCA의 공진길이 L 은 $\lambda/4$ ($\approx 20\text{mm}$) 정도의 길이를 갖도록 설계하였다[7]. PIFCA의 칩 크기는 $21 \times 5 \times 1\text{mm}$ 이고, 실장 될 PCB기판은 크기는 $80 \times 40\text{mm}$ 이고, 두께 1mm , 유전율 4.7의 FR4를 이용하였다.

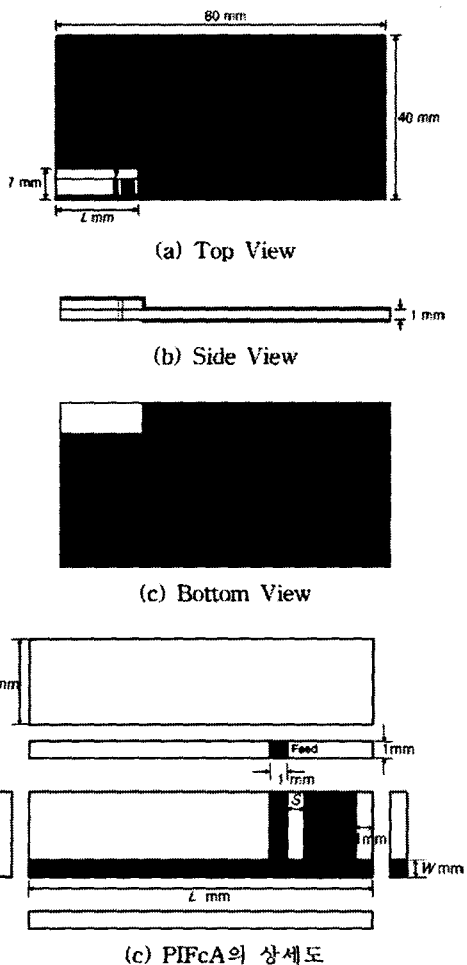


그림1. 단일공진 평면 역F 칩 안테나의 구조

II-2. 단일공진 PIFCA의 파라미터 비교·분석

PIFCA의 안테나 특성비교를 위해 나머지 파라미터 값들을 고정시키고 공진주파수, 반사손실, 대역폭에 많은 영향을 주는 L , S , W 를 변화시켜보았다. 그림2는 안테나의 공진길이에 가장 큰 영향을 주는 L 의 길이를 19mm 에서 23mm 까지 1mm 씩 변화시키기에 따른 S_{11} 의 변화를 나타내고 있다. L 의 길이가 길어지면 공진주파수가 낮은 주파수에서 공진하고, 짧아지면 높은 주파수에서 공진함을 알 수 있다.

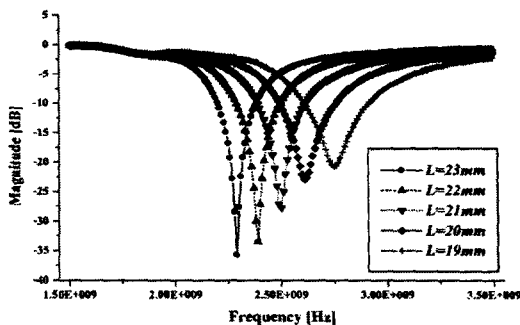


그림2. L 의 변화에 따른 반사손실(S_{11}) 변화 ($S=1\text{mm}$, $W=1\text{mm}$)

그림3은 S 의 길이를 0.6mm 에서 1.4mm 까지 0.2mm 씩 변화시키기에 따른 S_{11} 의 변화를 나타내고 있다. 간격(S)의 변화에 따라 반사손실의 변화가 나타나고, 약간의 공진 주파수의 이동이 있다.

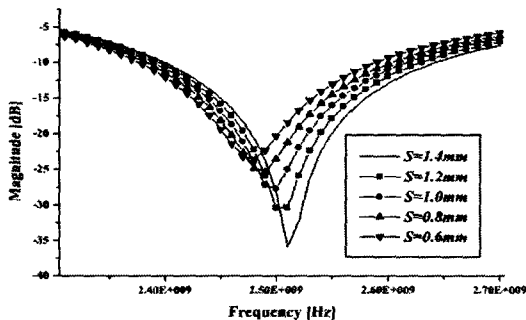


그림3. S 의 변화에 따른 반사손실(S_{11}) 변화 ($L=21\text{mm}$, $W=1\text{mm}$)

그림4는 W 의 길이를 0.5mm 에서 2.0mm 까지 0.5mm 씩 변화시키기에 따른 S_{11} 의 변화를 나타내고 있다. L 의 길이 변화에 따른 공진주파수의 변화 보다는 적은 변화이지만, 폭(W)의 변화에 따라 공진주파수의 이동이 있다. 폭(W)이 넓어질수록 안테나의 공진주파수가 하향함을 알 수 있다.

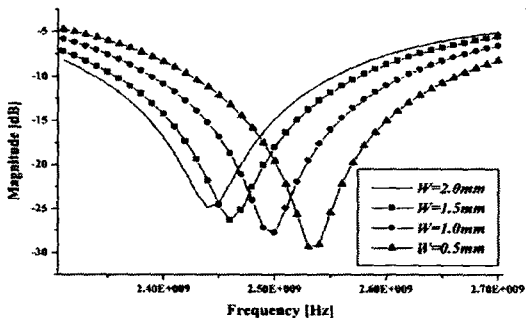


그림4. W 의 변화에 따른 반사손실(S_{11}) 변화 ($L=21\text{mm}$, $S=1\text{mm}$)

L , S , W 의 조절을 통하여 안테나의 반사손실 및 공진 주파수의 변화시킬 수 있고, 이와 같은 파라미터 분석을

통하여 안테나 특성의 제어가 용이함을 알 수 있다.

III. 이중공진 평면 역F 칩 안테나

III-1. 이중공진 평면 역F 칩 안테나의 설계

최근에는 ISM대역의 2.4GHz대역뿐 아니라 5.7GHz대역까지 함께 사용하는 요구가 커지고 있다. 이를 위한 칩 안테나의 이중공진을 위하여 상단과 하단을 모두 이용하였다. 그림5의 (a)는 측면도, (b)는 이중공진 PIFcA의 상세도를 나타내고 있다.

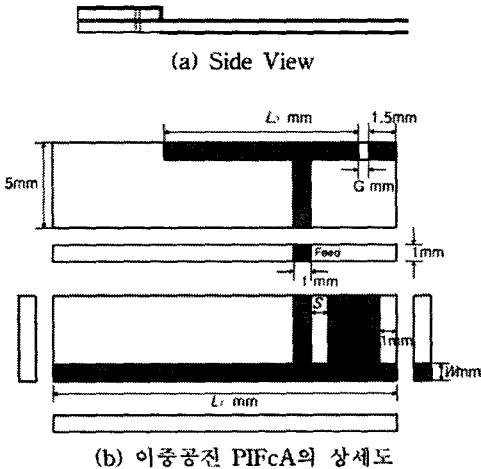


그림5. 이중공진 평면 역F 칩 안테나의 구조

III-2. 이중공진 PIFcA의 파라미터 비교·분석

이중공진 PIFcA의 L_1 는 단일공진 PIFcA에서와 같이 L_1 의 길이가 길어지면 공진주파수가 낮은 주파수에서 공진하고, 짧아지면 높은 주파수에서 공진한다. L_1 의 또한 안테나의 공진주파수 조절이 가능하다. 그림6은 이중공진 PIFcA의 L_2 의 길이변화에 따른 S_{11} 의 변화를 나타내고 있다. L_2 의 변화에 따라 2.4GHz대역에서의 변화는 거의 볼 수 없으나, 5.7GHz대역에서의 반사손실과 대역폭의 변화를 알 수 있다. L_2 의 길이가 14.2mm일 때 가장 좋은 특성을 보이고 있다.

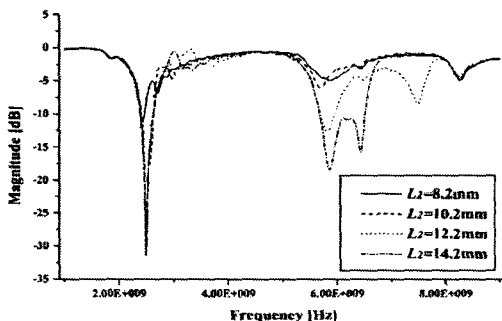


그림6. L_2 의 변화에 따른 반사손실(S_{11}) 변화 ($L_1=21\text{mm}$, $S=1\text{mm}$, $W=1\text{mm}$, $G=0.5\text{mm}$)

그림7은 G 의 변화에 따른 안테나의 S_{11} 의 변화를 나타내고 있다. G 의 변화에 따라 5.7GHz대역에서의 반사손실의 변화가 나타남을 알 수 있고, 1.5mm일 때 가장 좋은 반사손실 특성을 보이고 있다.

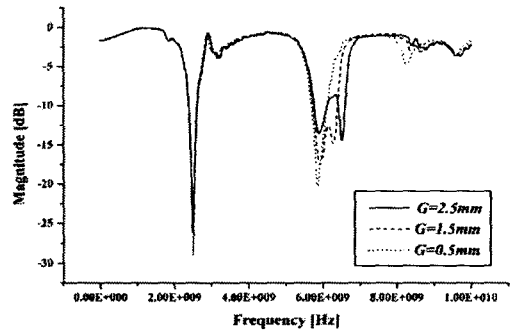


그림7. G 의 변화에 따른 반사손실(S_{11}) 변화 ($L_1=21\text{mm}$, $L_2=14.2\text{mm}$, $S=1\text{mm}$, $W=1\text{mm}$)

그림8은 단일공진과 이중공진 PIFcA의 S_{11} 을 비교하고 있다. 하단구조의 삽입으로 인하여 5.7GHz의 공진이 이루어 이루어지는데 이는 하단구조가 독립적으로 안테나로서 공진 한다면보다는 상단 공진구조의 제2고조파의 공진을 도와주는 역할을 하고 있다. 그림9는 2.4GHz대역과 5.7GHz대역에서의 각각의 스미스차트를 나타내고 있다.

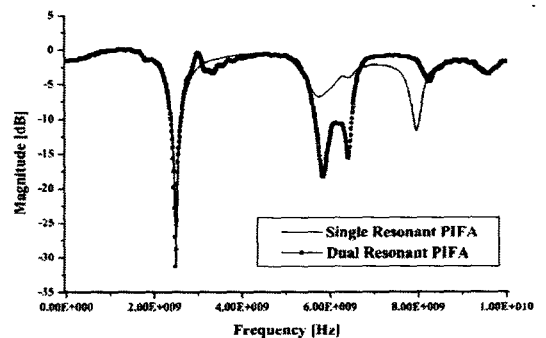
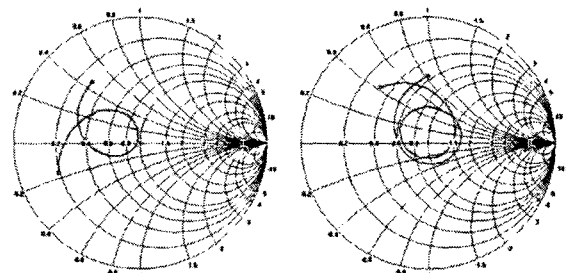


그림8. 단일과 이중공진 PIFcA의 반사손실(S_{11}) 비교 ($L_1=21\text{mm}$, $L_2=14.2\text{mm}$, $S=1\text{mm}$, $W=1\text{mm}$, $G=1.5\text{mm}$)



(a)2.45GHz

(b)5.775GHz

그림9. 이중공진 PIFcA의 Smith Chart ($L_1=21\text{mm}$, $L_2=14.2\text{mm}$, $S=1\text{mm}$, $W=1\text{mm}$, $G=1.5\text{mm}$)

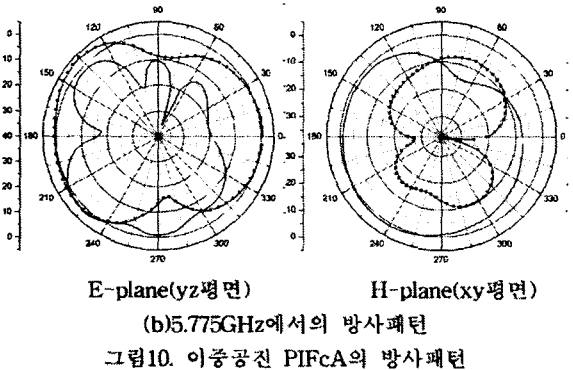
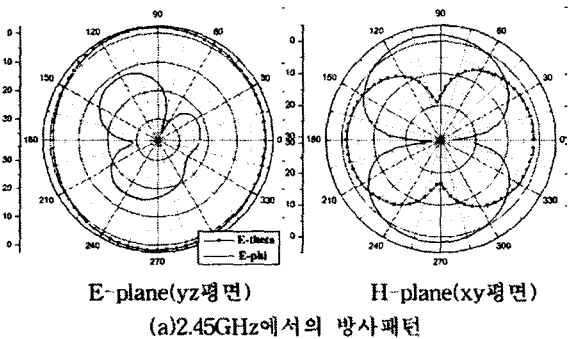
다음의 표1에서는 각 대역에서의 이중공진 PIFcA의 상세특성을 나타내고 있다.

표1. 이중공진 평면 역F 칩 안테나의 특성
($L_1=21mm$, $L_2=14.2mm$, $S=1mm$, $W=1mm$, $C=1.5mm$)

이중공진 PIFcA	2.45GHz 대역	5.775GHz 대역
Resonant freq.[GHz]	2.492	5.846
Return loss[dB]	31.35	18.44
Bandwidth[%]	9.54	13.89
Gain[dBi]	2.2	5.2
비고	ISM대역 2400~2480 MHz 5725~5825 MHz	

III-3. 이중공진 PIFA의 방사패턴

그림10은 이중공진 평면 역F 칩 안테나(PIFcA)의 방사패턴을 나타내고 있다. 그림7(a)와 (b)는 2.45GHz와 5.775GHz에서의 E-plane과 H-plane을 나타내고 있다. 2.4GHz에서의 방사패턴은 일반적인 PIFA의 방사패턴과 유사하나, 5.7GHz에서의 방사패턴은 약간 다른 특성을 보이고 있다.



성을 가지는 평면 역F 칩 안테나(PIFcA)를 설계·분석하였다. 평면 역F 안테나 형태와 다양한 파라미터의 분석을 통하여 다중의 ISM대역을 만족하는 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나 크기는 $21 \times 5 \times 15mm$ 에 유전율 4.7의 저가의 FR4를 이용하였고, 10dB 반사손실을 기준으로 2.45GHz에서 9.78%(2390~2630MHz), 5.775GHz에서 13.89%(5670~6520MHz)의 이중대역 특성을 갖는다. 안테나의 방사패턴은 일반적인 PIFA 방사패턴과 유사하다.

참고 문헌

- [1] <http://www.kora.or.kr/junggi/contents99/>
- [2] <http://www.rapa.or.kr/korean/data/>
- [3] Fujimoto, K., and James, J.R.: 'Mobile antenna systems handbook', 2nd edition, (Artech House, Boston/London, 2000)
- [4] Dakeya, Y., Suesada, T., Asakura, K., Nakajima, N., and Mandai, H.: 'Chip multiplayer antenna for 2.45GHz-band application using LTCC technology', IEEE MTT-S Digest, June 2000, vol. 3, pp. 1693-1696
- [5] W.Choi, S.kwon, and B.Lee, 'Ceramic chip antenna using meander conductor lines', Electronics letter 19th July 2001 vol.37 no.15 pp.12
- [6] Mohammad Ali and Gerard J. Hayes, "Analysis of integrated inverted F-antenna for bluetooth applications", IEEE Antenna and Propagation 2000 IEEE Conference on, 2000 pp. 21-24
- [7] Ramesh Garg and Prakash Bhartia, "Microstrip Antenna Design Handbook", AH 2001 pp.620-621
- [8] Rowell Corbett R., and Murch, R.D.: 'A capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone handsets', IEEE Transactions on Antennas and Propagation, May 1997, vol. 45, no. 5, pp. 837-842
- [9] Fujimoto K., henderson A., Hirasawa K., and James J.R., 1987, "Small Antennas", Research Studies Press, England and J. Wiley & Sons, USA

V. 결론

본 논문에서는 이중공진 구조를 이용하여 이중대역 특