

LC필터를 이용한 이중대역 소형 안테나

A dual-band electrically small antenna with using LC filter

김기문 강기조 정우재 이병제

(광운대, 석사과정) (광운대, 박사과정) (광운대, 석사과정) (광운대, 부교수)

Key words : Internal antenna, LC Filter, null

목 차

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

II. 본론

1. 이론적 배경

2. 필터 설계

3. 안테나 구조 및 측정 결과

III: 결론

I. 서론

최근 이동통신 기술은 급속히 발전하고 있고 다양한 부가 서비스를 제공하고 있다. 따라서 하나의 단말기로 다양한 부가서비스를 원활하게 받을 수 있도록 이중대역 이상의 안테나가 필요하게 되었다. 더불어 신속하게 변화하는 이동통신 단말기의 소형화 및 경량화를 위하여 내장형 안테나의 요구가 증대되고 있다.

내장형 안테나는 기존의 외장형 안테나에 비해 돌출 부위가 없기 때문에 디자인을 유려하게 만들 수 있고 외부 충격에 의한 영향을 줄일 수 있다. 그러나 좁은 공간에 안테나를 구현하여 전기적으로 소형 안테나로 동작하기 때문에 이득이 떨어지고 좁은 대역폭과 효율이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

이러한 다중대역 내장형 안테나에 가장 많이 사용되는 구조는 PIFA 이다. PIFA의 가장 큰 특징은 구조가 간단하고 인체의 두부에 미치는 영향을 감소시킬 수 있고 단말기에 요구되는 전방향성 방사패턴을 가지며 $\lambda/4$ 의 공진길이에서 동작하기 때문에 안테나의 소형화에 유리하고 제한된 공간의 단말기 내부에 쉽게 집적시킬 수 있는 점이다. [1, 2]

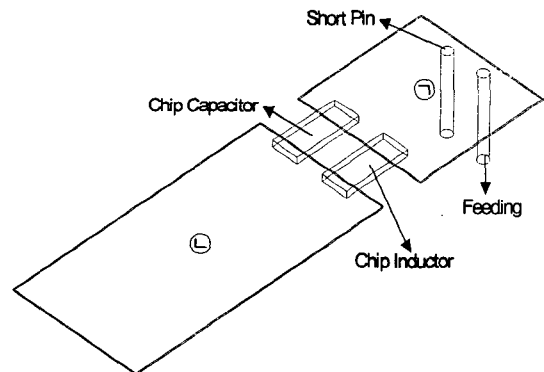
본 논문은 현재 활발히 진행되고 있는 900MHz와 1800MHz의 이중대역 안테나를 기준으로 L-C 필터를 이용하여 이중대역 안테나의 높은 주파수에서 발생하는 null이 최소화 되도록 방사 특성을 개선하여 단말기 안테나의 기본 특성인 전방향 지향성을 갖도록 하였다.

이중공진을 하는 PIFA의 형태로 안테나를 설계하여 제안된 방법을 적용하였다. 필터 설계는 Agilent社의 ADS 시뮬레이션을 이용하였고 안테나 설계는 Agilent社의 HFSS ver 5.4와 Zeland社의 IE3D ver. 10.0 시뮬레이션을 이용하였으며 이를 토대로 제작된 안테나는 Agilent社의 E5071B와 Orbit社의 Far field

measurement system ver. 3.6을 사용하여 측정하였다.

II. 본론

1. 이론적 배경



<그림 1> 기존에 발표된 L-C 공진기를 가진 PIFA 구조

기존의 L-C 필터를 사용한 이중대역 안테나는 방사체에 직접 L-C 필터를 연결하여 사용하였다. 그림 1은 방사체에 L-C 필터를 사용하여 설계된 안테나 구조이다.

이러한 구조의 L, C의 값은 다음과 같은 수식으로 유도 될 수 있다. [3]

$$L = \frac{-3j}{4\pi f_1} \frac{Z_{LC}(f_2)Z_{LC}(f_1)}{2Z_{LC}(f_2) - Z_{LC}(f_1)}$$

$$C = \frac{-j}{2\pi f_1} \left(\frac{1}{Z_{LC}(f_1)} - \frac{1}{j2\pi f_1 L} \right)$$

이 값을 이용하여 방사체에 고주파 대역저지 필터 (High Frequency Band Reject Filter)를 설계하여 ㉠ 방사체는 높은 주파수에서 동작을 하고 ㉡ 방사체는 낮은 주파수에서 동작을 한다.

그러나 안테나의 방사부분에 집중형 소자 (Lumped element)를 직접 사용함으로써 안테나의 이득, 효율, 방사 특성은 저하된다. 특히 실제로 이용되어지는 내장형 안테나에 적용시키기에는 많은 어려움을 가지고 있다. 본 논문은 이러한 점을 해결하기 위하여 안테나의 방사체에 집중형 소자를 이용하지 않고 short pin을 이용하여 접지면에 L-C 필터를 이용하여 구현하였다.

2. 필터 설계

본 논문에서는 두 가지의 실험을 병행하였다. 첫번째는 기존에 발표되었던 방사체에 직접 L-C 필터를 연결하여 이중대역 안테나를 구현한 것이고 두 번째는 short pin을 이용하여 접지면에 단락이 되는 부분에 L-C 필터를 구현한 안테나이다.

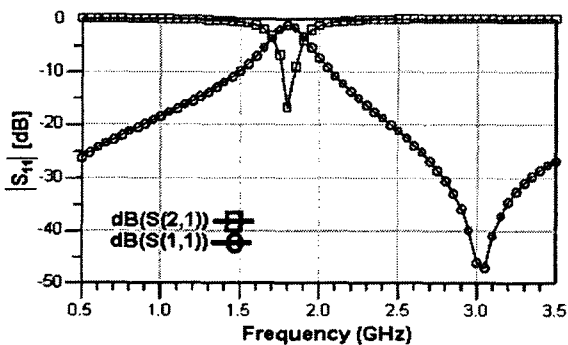
따라서 두 가지 종류의 필터가 필요하다. 하나는 1800MHz 대역의 주파수를 저지하는 고주파 대역 저지 필터 (High Band Reject Filter)이고 다른 하나는 900MHz대역의 주파수를 저지시키는 저주파 대역 저지 필터 (Low Band Reject Filter)이다. ADS 시뮬레이션을 이용하여 높은 Q값을 가지도록 필터 설계를 하였고 그림 2, 3에 각각의 필터의 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

3. 안테나 구조 및 측정결과

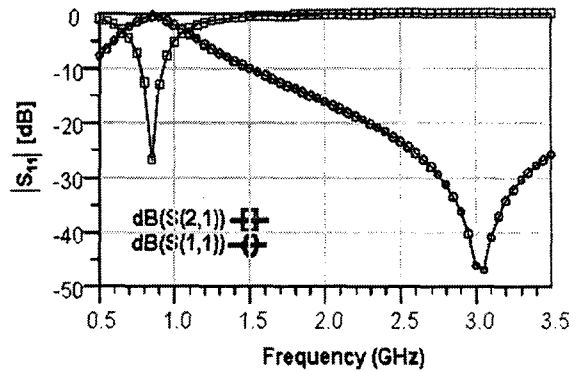
1) 방사체에 L-C 필터를 이용하여 구현한 안테나

그림 4는 가장 많이 사용되는 PIFA 구조의 방사체의 중간지점에 L-C 필터를 이용한 구조를 나타내었다.

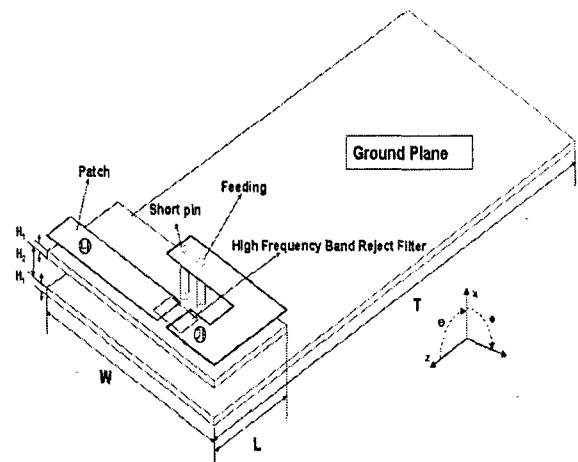
방사체의 전체 크기 W*L은 33*16mm이고 접지면의 크기 W*T는 33*80mm로 1mm 두께의 FR4($\epsilon_r = 4.7$)



<그림 2> 고주파 대역 저지 필터 시뮬레이션 결과



<그림 3> 저주파 대역 저지 필터 시뮬레이션 결과

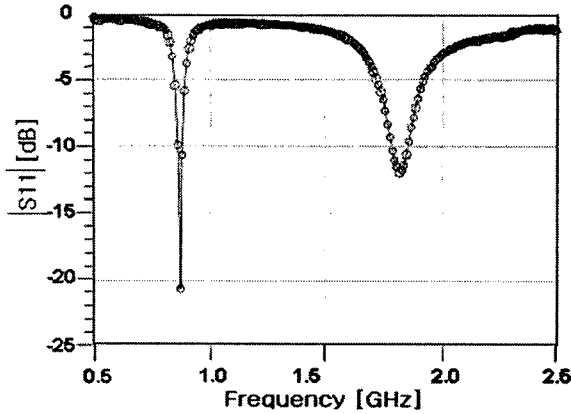


<그림 4> 제안된 안테나 구조 ①
(W=33, L=16, T=80, H₁=1, H₂=7, 단위 : mm)

기판을 이용했다. 방사체의 아랫부분에는 두께 H₁ = 1mm인 FR4($\epsilon_r = 4.7$)를 사용했고 FR4 유전체 아래에는 두께 H₂ = 7mm인 폼($\epsilon_r = 1.07$)을 이용하여 방사체의 전체 높이 h=8mm를 확보하였다. 방사체의 ㉡ 부분에서 높은 주파수 대역에서 공진하고 방사체의 ㉠ 부분에서 낮은 주파수 대역에서 공진한다. ㉠ 방사체와 ㉡ 방사체 사이에 1mm의 gap을 주어 고주파 대역 저지 필터를 구현하였다. 고주파 대역 저지 필터는 1800MHz 대역에서 open으로 동작하고 900MHz 대역에서는 short로 동작하여 이중대역 안테나를 만족시키지만 방사체 중간에 필터의 페이징 변화로 인해 낮은 주파수 대역의 방사체의 길이는 짧아지고 임피던스 대역폭은 좁아지게 된다.

그림 5는 시험 제작된 안테나를 Agilent社의 E5071B를 이용하여 반사 손실을 측정된 그래프를 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 900MHz 대역의 임피던스 대역폭이 협소한 것을 알 수 있다.

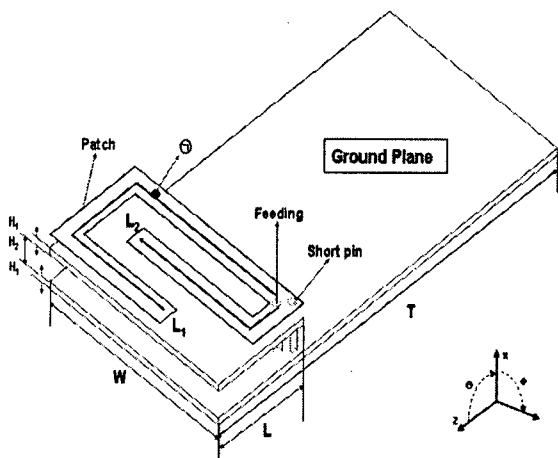
2) 접지면에 L-C 필터를 이용하여 구현한 안테나



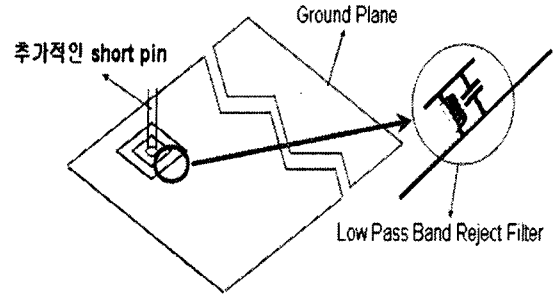
<그림 5> 제안된 안테나 ①의 반사 손실

일반적으로 다중대역 안테나를 구현하는 방법중의 하나는 다중 방사체를 사용하는 것이다. 본 논문에서는 가장 기본적인 구현 방법은 G형 방사체를 사용하였다. 그림 6. (a)는 안테나의 구조를 나타낸다. 방사체의 전체 크기 $W \times L$ 은 $40 \times 20\text{mm}$ 이고 접지면의 크기 $W \times T$ 는 $40 \times 80\text{mm}$ 로 1mm FR4($\epsilon_r = 4.7$) 기판을 이용했다. 방사체의 아랫부분에는 두께 $H_1 = 1\text{mm}$ 인 FR4($\epsilon_r = 4.7$)를 사용했고 FR4 유전체 아래에는 두께 $H_2 = 7\text{mm}$ 인 폼($\epsilon_r = 1.07$)을 이용하여 방사체의 전체높이 8mm를 확보하였다.

그림에 나타나 있듯이 L1은 low frequency의 $\lambda/4$ PIFA 구조로 동작하고 L2는 high frequency의 $\lambda/4$ PIFA 구조로 동작한다. 임피던스 측면에서 볼 때 이 안테나는 low frequency에서 동작할 때, high frequency 방사체는 low frequency 방사체의 open stub로 동작을 하고 high frequency에서 동작할 때 low frequency 방사체는 high frequency 방사체의 open stub로 동작을 한다. 그리고 방사 패턴을 볼 때 low frequency에서 동작할 때 high frequency 방사체는



<그림 6> 제안된 안테나 구조 ②
($W=40, L=20, T=80, H_1=1, H_2=7$, 단위 : mm)



<그림 7> 저주파 대역 저지 필터의 위치

동일한 전하 분포를 가지므로 low frequency 동작에 영향을 주지 않지만 high frequency에서 동작할 때 low frequency 방사체는 반대 전하 분포를 가지게 되어 안테나의 방사 패턴에 널(null)이 발생하게 된다. 이는 Agilent社의 HFSS ver. 5.6 시뮬레이션을 이용하여 확인하였다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 low frequency 방사체의 전하 분포가 반대가 되는 ① 부분에 그림 7에서 보는 바와 같이 추가적인 shorting pin과 접지면의 단락 지점에 저주파 대역 저지 필터를 연결하여 낮은 주파수 대역에서는 open으로 동작하고 높은 주파수 대역에서는 short로 동작하도록 설계하였다. 이는 높은 주파수 대역의 방사체가 낮은 주파수 대역의 방사체의 2차 모드 공진에 대한 영향을 받지 않고 주파수에 독립적으로 동작하기 위함이다. 이 구조에서 L-C 필터는 접지면에 위치하고 있어 실제 단말기에 구현하기 쉽고 안테나의 주요 전류를 지나가지 않기 때문에 효과적으로 임피던스 대역폭과 방사패턴을 개선할 수 있다.

그림 8은 시험 제작된 안테나를 Agilent社의 E5071B를 이용하여 접지면에 저주파 대역 저지 필터를 사용했을 경우와 사용하지 않았을 경우의 반사손실을 측정하여 나타낸 그래프이다.

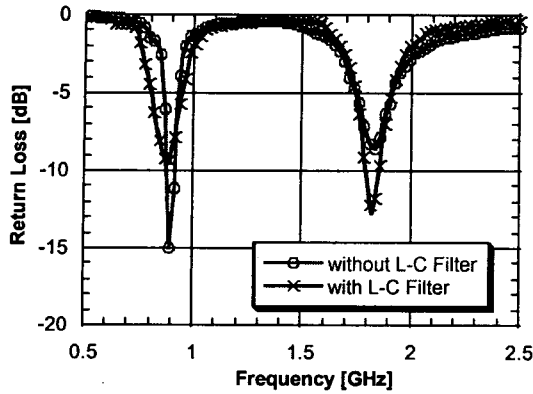
그림에서 보는 바와 같이 저주파 대역 저지 필터를 사용했을 때 낮은 주파수 대역의 안테나 대역폭은 105MHz로 저주파 대역 저지 필터를 사용하지 않았을 때의 대역폭 65MHz에 비해 크게 개선된 것을 확인할 수 있다. 또한 방사체에 직접 L-C 필터를 사용한 안테나와 비교했을 때 대역폭이 크게 개선된 것을 확인할 수 있다.

그림 9, 10은 Orbit社 far field measurement system ver. 3.6으로 저주파 대역 저지 필터를 사용하지 않았을 때와 사용했을 때의 방사 패턴을 900MHz와 1800MHz에서 각각 측정하여 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 1800MHz 대역의 방사패턴에서 저주파 대역 저지 필터를 사용하지 않았을 때 한 방향에서 널(null)이 약 27dB 발생하지만 접지면에 저주파 대역 저지 필터를 사용하였을 때에는 널이 발생하지 않고 전방향 지향 특성을 가지게 된다.

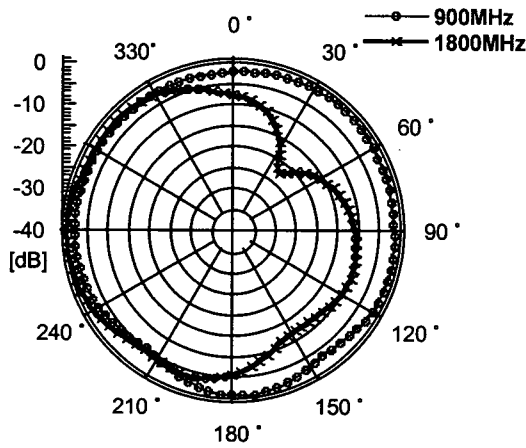
III. 결론

본 논문은 다중대역 안테나의 문제점인 높은 주파수 대역의 방사패턴에서 발생하는 null을 최소화하고 낮은 주파수 대역, 또는 높은 주파수 대역의 협소한 대역폭을 해결하기 위하여 추가적인 short pin과 접지면의 단락 지점에 저주파 대역 저지 필터를 이용하였다. 이를 통하여 낮은 주파수 대역의 대역폭은 약 40MHz 개선하였고 방사패턴에서의 null을 제거하여 전방향 지향특성을 얻을 수 있었다.

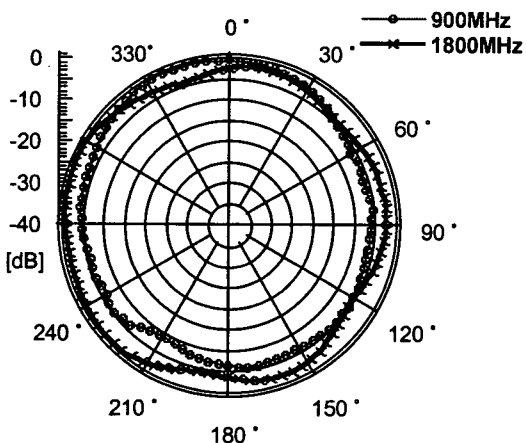
또한 L-C 필터를 방사체가 아닌 접지면에 연결하여 안테나의 특성에 큰 영향을 주지 않고 단말기 내부에 효과적으로 안테나를 집적시킬 수 있다.



<그림 8> L-C 필터의 유무에 따른 안테나의 반사손실



<그림 9> 접지면에 L-C 필터를 사용하지 않은 안테나의 방사패턴



<그림 10> 접지면에 L-C 필터를 사용한 안테나의 방사패턴

참고문헌

1. M. A Jensen and Y. Rahmat-Sami, "Performance analysis of antennas for hand-held transceivers using FDTD," *IEEE Tran. Antennas Propagat*, vol. 42, pp. 1106-1113, Aug. 1994.
2. G. F. Pedersen and J. B. Anderson, "Integrated antennas for hand-held telephones with low absorption." in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conf.* pp 1537-1541, June, 1994
3. Lui, G. K. H., Murch. R. D., "Compact dual-frequency PIFA designs using LC resonators", *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol. 49, no. 7, pp 1016-1019, July, 2001
4. Rnadall W. Rhea, *HF Filter Design and Computer Simulation*, Noble publishing Coporation, 1994
5. Kin-Lu Wong, *Plannar Antennas for wireless communications*, A john wiley & sons, INC., publication, 2003
6. C. W. Chiu and F. L. Lin, "Compact dual-band PIFA with multi-resonators," *Electron. Lett.*, vol. 38, no. 12, pp. 538-540, June 6, 2002