

집중소자를 이용하여 특성 조절이 가능한 소형 역-F 안테나

A small Inverted-F Antenna with adjustable characteristics using lumped elements

유진하*, 도상인*, 이영순*

Jin-Ha Yoo*, Sang-In Do*, Young-Soon Lee*

요 약

본 논문에서는 집중소자인 캐패시터 및 저항을 사용하여 특성조절이 가능한 소형 역-F 안테나를 제안하였다. 캐패시터는 안테나 크기 및 공진주파수의 조절을 위해 안테나 종단과 접지면 사이에 삽입된다. 반면에 0 Ω 저항은 접지면과 단락되는 선로를 대체하여 구현한 것으로서, 단락점의 위치 이동은 안테나의 입력임피던스를 변화시킬 수 있다. 따라서 구조의 재설계 없이도 적절한 캐패시터 및 단락점 위치 선택으로 최적의 안테나 특성을 얻을 수 있다. 이와 같은 본 논문의 타당성 검증을 위하여 2.4 GHz 대역용 안테나를 설계 및 제작하여 지그비 무선 리모컨의 한 제품에 적용하였다. 적용된 안테나의 크기는 $8.5 \times 4.5 \text{ mm}^2$ 이며 재설계 없이도 대역폭 150 MHz 및 이득 2 dBi의 측정결과를 얻을 수 있다.

Abstract

In this paper, a small inverted-F antenna with adjustable characteristics is proposed with use of lumped elements, capacitor and resistor. Capacitor is inserted between end of the antenna and ground for size reduction and tuning of resonant frequency. On the other hand, 0 Ω resistor is replaced as the short line connected to ground. The movement of short point due to use of 0 Ω resistor results in providing variation of input impedance. Therefore optimum characteristics can be obtained only by proper choice of capacitor and short point without redesign of its geometry. In order to check the validity, the proposed antenna is designed and fabricated for 2.4 GHz frequency band, and then is applied to a product of Zigbee wireless remote controller. As a result, the size of applied antenna is $8.5 \times 4.5 \text{ mm}^2$ and it is observed that the measured bandwidth and antenna gain are 150 MHz and 2 dBi respectively without redesign of the antenna.

Key words : Inverted-F antenna, Zigbee RF4CE, adjustable characteristic, lumped elements

I. 서 론

무선통신기기는 휴대단말기, 무선인터넷 등과 같은 기존의 다양한 시스템과 무선충전과 같은 새로운

서비스들의 출현으로 날이 갈수록 다양해지고 일상 생활에 필수요소가 되어있다. 더불어 이러한 기기에는 휴대성을 고려하여 소형화, 경량화, 다기능화가 요구되며 적용되는 안테나에도 같은 특성이 요구된

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

· 제1저자 (First Author) : 유진하 (Jin-Ha Yoo)

0 교신저자 (Corresponding Author) : 이영순 (Young-Soon Lee, tel : +82-54-478-7501, email : yslee@kumoh.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 9월 5일 · 심사(수정)일자 : 2013년 9월 7일 (수정일자 : 2013년 12월 15일) · 게재일자 : 2013년 12월 30일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.6.646>

다. 다양한 종류의 안테나 중 PCB기판에 회로부분과 함께 제작되는 인쇄형 안테나는 와이어타입이나 개구형 안테나에 비해 크기가 작고 가벼우며 제작이 간단하고 대량생산에 용이한 장점이 있다. 이러한 인쇄형 안테나로 마이크로스트립 패치 안테나, 소형 모노폴 안테나, 역-F형 안테나, 슬롯 타입 안테나 등의 공진형 안테나들이 주로 설계 및 적용되며, 적용빈도는 상대적으로 적지만 소형화를 주목적으로 한 0차 공진 안테나 등도 활발히 연구 및 적용되고 있다 [1]-[6]. 이 중에서도 역-F 안테나는 $\lambda/4$ 의 공진길이를 가져 소형화에 유리할 뿐 아니라 구조상 임피던스 매칭에도 유리한 장점이 있다 [3], [6]. 설계자의 관점에서 크기가 작고 공진주파수의 조절과 임피던스 매칭이 가능한 안테나는 다양한 RF 모듈에 적용이 가능할 것이다.

일반적으로 특정 사용주파수 대역에서의 전형적인 RF 모듈의 PCB 접지면 크기를 기준으로 한번 최적 설계된 Prototype 안테나를 실제로 제품 케이스 내부로 실장 시킬 경우, 주변 부품 배치 및 케이스 영향 등의 요인들로 인해 설계된 안테나의 공진주파수 및 임피던스가 다소 변화되기 때문에 안테나를 다시 설계해야하는 어려움이 있다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 문제점을 해소하기 위한 하나의 방법으로 소형화 및 안테나 특성 조절에 유리한 구조를 가진 역-F 안테나를 선택하여 적당한 위치에 캐패시터 및 0 Ω 저항의 집중소자를 부착하고 부착된 캐패시터 용량의 크기변화 및 0 Ω 저항의 위치 조절이 가능한 구조로 공진주파수 및 안테나 입력임피던스를 변화시킬 수 있는(즉, 특성 조절이 가능한) 안테나를 제안하고자 한다.

II. 안테나 구조 및 설계

그림 1은 제안된 안테나의 구조로써 FR-4기판의 단면만을 사용하여 설계되었다.

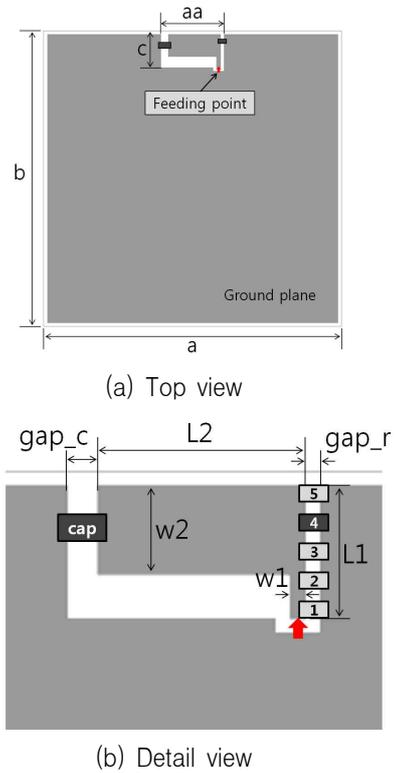


그림 1. 제안된 안테나 구조
Fig. 1. Proposed antenna structure.

PCB의 크기는 2.4 GHz 대역용 소출력 무선 통신 기기의 전형적인 RF 모듈의 크기인 $40 \times 40 \text{ mm}^2$ 이고 안테나는 PCB의 중상단 $8.5 \times 4.5 \text{ mm}^2$ 의 면적에 설계되었다. 제안된 안테나부분을 자세히 나타낸 그림 1의 (b)를 보면 안테나는 가로패턴과 세로패턴이 있는 Γ 자 형태이고, 가로패턴의 폭이 상대적으로 넓으며 세로 패턴의 아래쪽에 급전점이 존재한다. 세로패턴과 접지면 사이에 1~5로 표기된 패드가 있으며 이 중 한 곳에 0 Ω 저항이 부착될 수 있도록 하여 단락점의 위치를 변화시킬 수 있도록 설계하였다. 이렇게 단락점의 위치 변화에 따라서 입력임피던스 조절이 가능할 것으로 사료된다. 유사하게 가로패턴의 종단과 접지면 사이에 캐패시터가 부착되는 패드가 존재하여 캐패시터를 연결하여 공진길이를 변화시킬 수 있는(즉, 공진주파수를 변화시킬 수 있는) 구조로 안테나를 설계하였다.

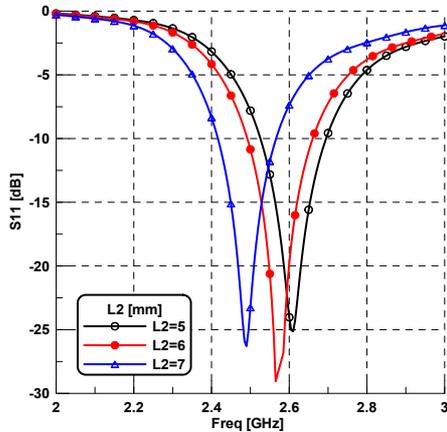


그림 2. L2의 변화에 따른 반사계수
Fig. 2. Return losses by variation of parameter L2.

최적화된 2.4 GHz 대역용 안테나 설계를 위해 다양한 설계 파라미터에 따른 반사계수 결과를 시뮬레이션 해 보았다. 그림 2는 안테나 가로패턴의 길이를 결정하는 파라미터 L2에 따른 반사계수의 변화를 나타낸 시뮬레이션 결과이다. 예측되는 바와 같이 L2는 안테나의 공진길이를 결정하는 주 파라미터이므로 L2가 길어짐에 따라 공진주파수가 낮아짐을 알 수 있다.

그림 3에서는 안테나 가로패턴의 폭을 결정하는 파라미터 w2에 따른 반사계수의 변화를 시뮬레이션 한 결과를 제시하였다. 폭이 좁아지면 전류가 흐르는 구간이 길어져 공진주파수에 변화를 주며 반사계수의 크기에도 어느 정도 영향이 있음을 알 수 있다.

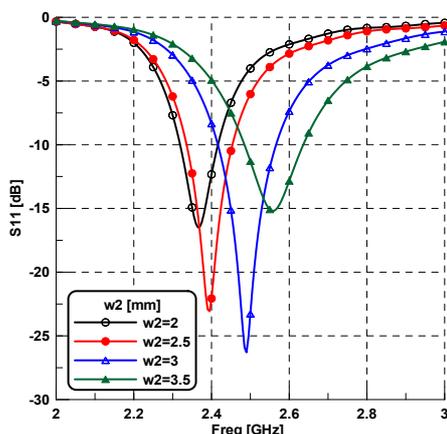


그림 3. w2의 변화에 따른 반사계수
Fig. 3. Return losses by variation of parameter w2.

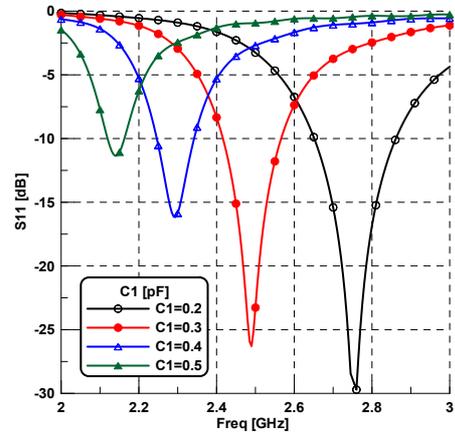


그림 4. C1의 변화에 따른 반사계수
Fig. 4. Return losses by variation of parameter C1.

그림 4는 안테나 선로의 종단과 접지면 사이에 삽입되는 캐패시터의 용량 크기인 C1에 따른 반사계수 변화를 시뮬레이션 한 결과이다. 예측되는 바와 같이 C1값이 커질수록 안테나의 공진길이가 길어지는 효과가 있어 공진주파수가 감소하는 것을 알 수 있다.

그림 5에서는 안테나의 세로패턴과 접지면 사이에 삽입되는 0 Ω저항의 위치에 따른 반사계수의 변화의 시뮬레이션 결과를 제시하였다. offy1의 값은 그림 1 (b)의 1 ~ 5번 위치를 의미하며, 이 위치의 이동에 따라 임피던스가 변화하며 이를 잘 선택하여 임피던스 매칭을 위해 응용 할 수 있을 것으로 판단된다.

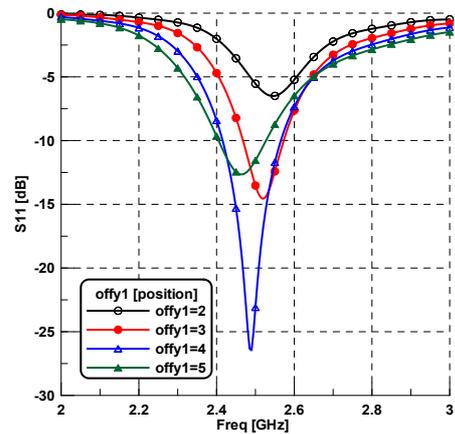


그림 5. offy1의 변화에 따른 반사계수
Fig. 5. Return losses by variation of parameter offy1.

III. 제작 및 측정결과

앞서 언급한 여러 파라미터들의 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 바탕으로 설계목표로 하는 주파수 대역인 2.4 GHz ISM대역을 만족하는 최적화 값을 도출할 수 있다. 그림 6은 최적화되어 제작된 안테나이고, 시뮬레이션에서와 같이 $40 \times 40 \text{ mm}^2$ 의 크기에 두께 1.6 mm인 FR-4기판이 사용되었다. 안테나의 크기는 시뮬레이션에서와 같이 $8.5 \times 4.5 \text{ mm}^2$ 이고, 그림에서와 같이 PCB의 중상단에 위치하고 있다. 이렇게 최적 설계된 안테나를 국내 RF 리모컨 전문 제조업체인 'ㅇ'사의 2.4 GHz 지그비 RF4CE 규격의 한 제품의 RF 모듈에 실제로 적용해 보았다. 그 결과 제품 케이스 내부에 실장 되었을 때 안테나의 최적 단락 위치 및 커패시터의 용량값은 그림에서 알 수 있듯이 0Ω 저항의 위치는 4번, 안테나의 종단에 삽입된 커패시터의 용량은 0.3 pF이었다.

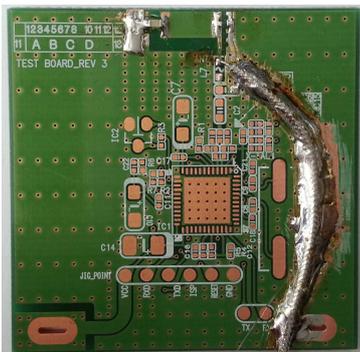


그림 6. 제작된 안테나
Fig. 6. Fabricated antenna.

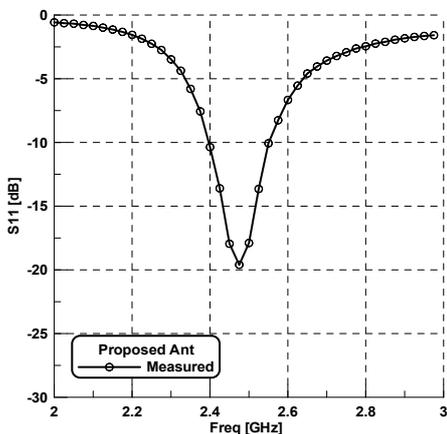
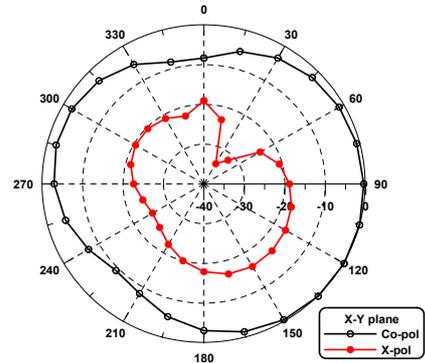
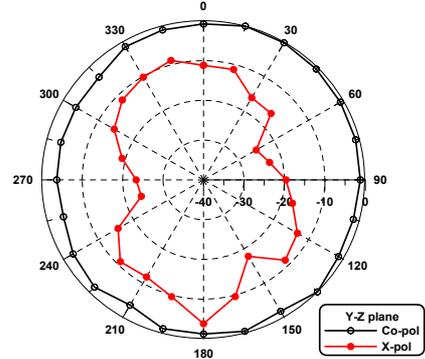


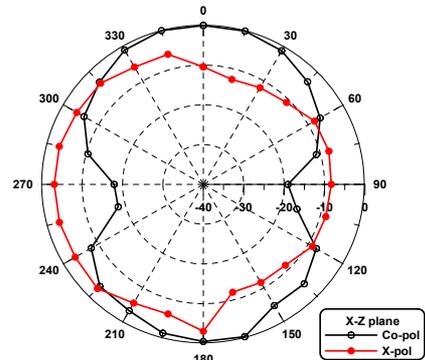
그림 7. 측정된 반사계수
Fig. 7. Measured return losses.



(a) X-Y plane



(b) Y-Z plane



(a) X-Z plane

그림 8. 측정된 2D 방사패턴
Fig. 8. Measured 2D radiation patterns.

그림 7에서는 제작된 안테나의 반사계수 측정값을 제시하였다. 10 dB 대역폭은 약 150 MHz (2.4 ~ 2.55 GHz)로 지그비 RF4CE 규격을 만족하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 6과 같이 제작된 제안된 안테나의 방사패턴을 측정하였다. 측정결과 중심주파수인 2.44 GHz에서 약 78%의 높은 효율을 가지며 이때의 이득은 약 2 dB이다. 측정된 방사패턴을 각 평면별로 동일편파와 교차편파로 나누어 그림 8에 제시하였다. 그림 8을 보면 모든 평면에서 그리 크지 않은 지향성을 가

지고 있음을 확인할 수 있으며, 특히 X-Z 평면은 일반적인 모노폴 안테나와 마찬가지로 전방향성을 어느 정도 띄고 있다. 그러므로 본 논문의 안테나는 2.4 GHz ISM대역을 사용하는 Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth와 같은 소출력 무선 통신기기용에 응용될 수 있는 적합한 안테나 구조라 할 수 있겠다.

IV. 결 론

본 논문에서는 집중소자를 이용하여 공진주파수와 반사계수의 조절이 가능한 소형 역-F 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 접지면과 단락되는 선로를 0 Ω 저항으로 구현하고 안테나의 종단과 접지면 사이에 캐패시터를 삽입하는 형태이며, 비유전율 4.3, 두께 1.6 mm, 크기 40 × 40 mm²인 FR-4기판에 설계되었다. 검증을 위해 본 논문의 안테나를 실제 지그비 RF4CE 규격 RF 리모컨의 한 제품에 적용한 결과, 측정결과 대역폭은 반사계수 -10 dB를 기준으로 약 150 MHz (2.4 ~ 2.55 GHz)였고, 안테나의 효율 및 이득은 중심주파수 2.44 GHz를 기준으로 각각 약 78 %, 약 2 dBi임을 확인할 수 있었다. 방사패턴의 형태는 지향성이 크지 않으며 지상면(X-Z 평면)에서 세기가 어느 정도 일정한 소형 모노폴 안테나의 특성을 갖고 있다. 제안된 구조는 집중소자의 위치와 크기 조절로 공진주파수와 반사계수의 조절이 가능하기 때문에 최초로 최적화된 안테나를 패턴의 수정 없이 여러 다른 모델에 적용할 수 있을 것으로 예상된다. 특히 2.4 GHz ISM대역용으로 설계된 제안된 안테나는 높은 효율과 낮은 지향성을 가지므로 이러한 특성을 요구하는 Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth등의 제품에 적용되어 높은 성능을 보일 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문임.

Reference

- [1] L. Yang and K. Yoshitomi, "A compact circular corner monopole antenna for UWB application," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 1, pp. 147-150, Jan. 2012.
- [2] J. Chen, C. Ho, C. Wu, S. Chen and P. Hsu, "Dual-band planar monopole antenna for multiband mobile systems," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 7, pp. 769-772, Oct. 2008.
- [3] T. Kang and K. Wong, "Isolation improvement of 2.4/5.2/5.8GHz WLAN internal laptop computer antennas using dual-band strip resonator as a wavetrap," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 52, no. 1, pp. 58-64, Jan. 2010.
- [4] S. I. Latif, L. Shafai and S. K. Sharma, "Bandwidth Enhancement and Size Reduction of Microstrip Slot Antennas," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 53, no. 3, pp. 994-1003, March 2005.
- [5] S. T. Ko and J. H. Lee, "Miniaturized Broadband ENG ZOR Antenna Using a High Permeability Substrate," *Journal of The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 11, no. 3, pp. 201-206, Sep. 2011.
- [6] M. Komulainen, M. Berg, H. Jantunen and E. Salonen, "Compact varactor-tuned meander line monopole antenna for DVB-H signal reception," *Electronics Letters*, vol. 43, no. 24, pp. 1324-1326, Nov. 2007.

유진하 (Jin-Ha Yoo)



2009년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부(공학사)

2011년 2월 : 금오공과대학교 전자통신공학과(공학석사)

2011년 3월~현재 : 금오공과대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : 안테나 설계 및 해석, RF

회로설계

도 상 인 (Sang-In Do)



1987년 2월 : 호서대학교 전자공학과
(공학사)

2011년 8월 : 금오공과대학교 전자
및 전기공학과(공학석사)

2012년 3월~현재 : 금오공과대학교
전자공학과 박사과정

관심분야 : RF 회로해석 및 설계,

마이크로프로세서 설계

이 영 순 (Young-Soon Lee)



1979년 2월 : 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1981년 2월 : 한국과학기술원 전자
공학과(공학석사)

1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과
(공학박사)

1981년~현재 : 금오공과대학교 전자

공학부 교수

관심분야 : 전자기 이론, 안테나의 산란문제, 도파관
불연속, 개구결합