

T자 모양 슬릿 구조를 이용한 이중 대역 공진 주파수 변환 삼각형 마이크로스트립 안테나

A Triangular Microstrip Antenna with T-Shaped Slits for Tunable Dual-Band Applications

이건명 · 성영제* · 김영식

Keon-Myung Lee · Youngje Sung* · Young-Sik Kim

요 약

본 논문에서는 인위적인 커패시턴스 값의 변화에 따라서 공진 주파수가 이동하여 다중 대역을 포함하는 이중 대역 공진 주파수 변환 안테나를 제안하였다. 인위적인 커패시턴스 값의 변화는 버랙터 다이오드 조절의 선행 연구로써, 칩 커패시터를 이용해 주파수 변환 범위와 안테나 특성에 관해 분석하였다. T자 모양 슬릿의 짧은 부분에 장착된 서로 다른 칩 커패시터는 안테나의 입력 임피던스의 변화를 준다. 변화된 입력 임피던스는 안테나의 방사 패턴의 변화 없이, 일정한 범위 내에서 이중 대역 공진주파수를 유지하면서 가변함을 실험을 통해 검증하였다. 제안한 안테나의 공진 주파수는 저주파 대역과 고주파 대역에서 각각 400 MHz, 200 MHz의 범위 안에서 변화가 가능하다. 또한, 10 dB 반사 손실 대역폭은 저주파 대역에서 0.78~1.21 GHz, 대역폭 10 MHz를 가지며, 고주파 대역에서는 1.97~2.17 GHz, 대역폭 50 MHz를 가진다. 제안한 안테나는 저주파 대역에서 0 dBi, 고주파 대역에서 3 dBi의 안테나 이득을 갖는다.

Abstract

A triangular microstrip antenna with T-shaped slits is proposed for tunable dual-band applications. The proposed antenna is designed using chip capacitors as a prototype. From this result the capacitor can be replaced to a varactor diode to control capacitance value. Since the input impedance of the antenna can be varied with the value of the chip capacitors on the T-shaped slits, the resonant frequency may be changed. The return losses are better than 10 dB at the lower band of 0.78~1.21 GHz and 20 dB at the upper band of 1.97~2.17 GHz, respectively. This antenna has the bandwidth of about 10 MHz and 50 MHz at each band. The peak gains of the antenna yield 0 dBi at the lower band and 3 dBi at the upper band, respectively. Details of the antenna design are described, and its performances are presented and analyzed.

Key words : Microstrip Patch Antenna, Tunable Antenna, Triangular Antenna, Multiband Antenna, Varactor Diode, T-Shaped Slit

I. 서 론

최근 무선 통신 분야에서 하나의 기기가 CDMA, GSM, DCS, PCS, UMTS 등과 같은 2가지 이상의 다

양한 서비스를 소화하고 있다. 이에 대응하기 위하여 2개 이상의 주파수 대역에서 동작하는 안테나의 수요가 증대되고 있다^[1]. 또 공진 주파수를 조절하는 방법으로 편 다이오드와 버랙터 다이오드가 많

「이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21사업 연구비를 지원받았음.」

고려대학교 전자통신공학과(Department of Radio Communication Engineering, Korea University)

*경기대학교 전자공학과(Department of Electronics Engineering, Kyonggi University)

· 논문 번호 : 20081128-13S

· 수정완료일자 : 2009년 2월 17일

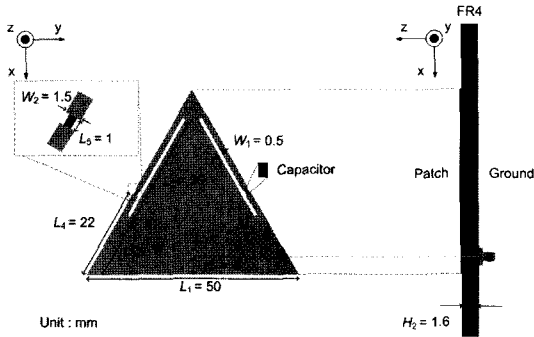
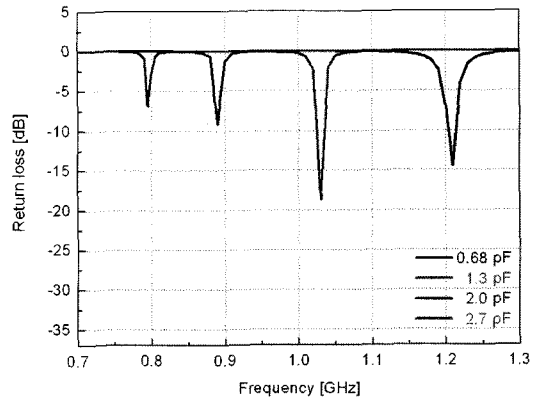


그림 1. 제안한 안테나의 구조
Fig. 1. Configuration of proposed antenna.

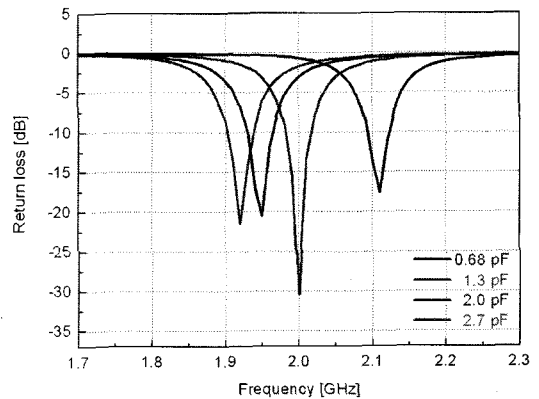
이 이용되고 있다^{[2],[3]}. 핀 다이오드와 벡터 다이오드의 사용하기 위해서 안테나의 패치 면에 슬릿과 슬랏을 추가하고 그 공간에 다이오드를 삽입하는 방법이 많이 사용되고 있다^[4]. 핀 다이오드를 이용한 공진 주파수 조절 방법은 ON/OFF 상태에 따른 2가지의 공진 주파수만을 얻을 수 있는 제약이 있다^[5]. 반면에 벡터 다이오드를 이용할 경우에는 벡터 다이오드에 가해 주는 전압에 따라서 연속적으로 공진 주파수를 조절할 수가 있어, 2가지 이상의 공진 주파수를 사용할 수 있다^[6]. 본 논문에서 제안한 안테나는 기본적인 평판형 삼각 패치에 공진 주파수의 조절성을 위해서 T-모양의 슬릿을 삽입하였다. 본 논문은 바이어스 회로와 벡터 다이오드를 사용한 안테나의 prototype으로써 벡터 다이오드 대신 등가 칩 커패시터를 사용하여, 벡터 다이오드를 사용한 경우와 동일한 경향성을 갖는지의 여부를 확인하고, 그 유용성을 검토하였다.

II. 안테나 설계

본 논문에서 전기적으로 커패시턴스의 값을 조절할 수 있는 벡터 다이오드를 이용한 주파수 변환 안테나의 제작에 앞서 prototype 개념으로서 인위적으로 칩 커패시터를 삽입하여 커패시턴스 값에 변화를 주고, 변화된 칩 커패시터에 의해 안테나의 공진 주파수의 변환 특성을 확인하였다. 제안한 안테나의 접지면의 크기는 140×90 mm로 비유전율 4.4~4.6, 두께 1.6 mm의 FR4 기판을 사용하여 설계하였다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 안테나의 구조를 보여준다.



(a) 저주파 대역
(a) Low-band



(b) 고주파 대역
(b) High-band

그림 2. 제안된 안테나의 반사 손실 모의 실험 결과
Fig. 2. Simulated return losses of the proposed antenna with loading chip capacitor.

안테나는 한 변의 길이가 50 mm인 정삼각형으로써, 주파수 변환을 위한 T-모양 슬릿을 대칭 구조로 설계하였고, T-모양 슬릿의 짧은 부분에 칩 커패시터를 추가하였다. 급전 방식은 50 Ω 동축 선을 이용하여 급전 회로를 구성하였고, 삼각형의 밑변으로부터 4 mm 떨어진 부분에 위치한다. 그림 2는 그림 1에서 설계한 안테나의 모의 실험 결과이다. 모의 실험은 FEM 방식에 기반을 둔 HFSS를 사용하였다. 모의 실험에서 인위적으로 입력해준 커패시턴스 값은 벡터 다이오드가 입력 전압에 따라 변화하는 커패시턴스 값에 근접한 값을 선택하여 사용하였다. 주

표 1. SMV1405 버랙터 다이오드의 인가 전압에 따른 커패시턴스 값

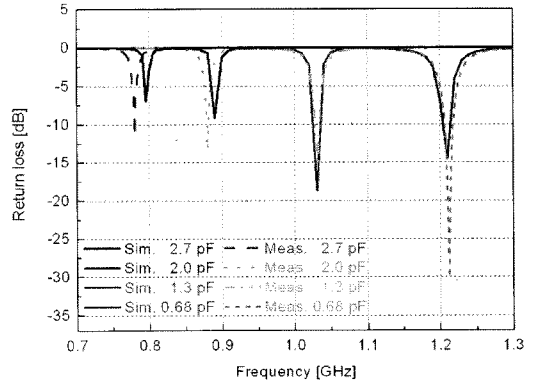
Table 1. Total capacitance value per input voltage of SMV1405.

V [V]	C [pF]
0	2.67
0.5	2.12
1.0	1.84
1.5	1.70
2.0	1.55
3.0	1.34
4.0	1.25
5.0	1.17
10	0.95
20	0.77
30	0.63

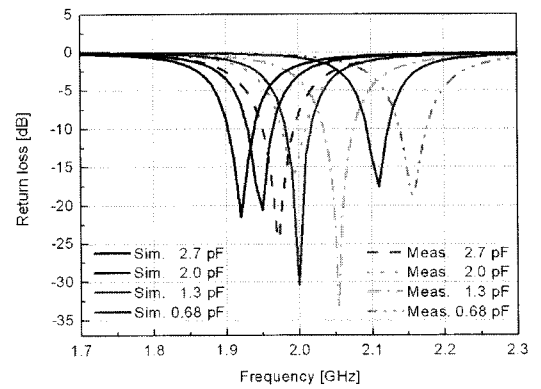
파수 변환을 확인하기 위해 본 논문에서 채택한 버랙터 다이오드의 모델은 Skywork사의 SMV1405이다. 표 1은 SMV1405 모델의 인가 전압에 따른 커패시턴스의 값을 나타내고 있으며, 모의 실험에서는 인가 전압 0 V, 0.5 V, 3 V, 그리고 30 V에 해당하는 2.67 pF, 2.12 pF, 1.34 pF, 0.63 pF의 값에 가장 근접한 값인 2.7 pF, 2.0 pF, 1.3 pF, 0.68 pF를 적용하였다. 각각의 커패시턴스 값이 안테나의 입력 임피던스에 영향을 미치게 되므로, 입력 임피던스는 설계한 안테나의 공진 주파수에 영향을 변환시키게 된다. 그림 2의 모의 실험 결과에서 알 수 있듯이, 제안한 안테나는 기본적으로 이중 대역 공진 주파수를 가지고 있으며, 칩 커패시터 값의 변화에 따라서 저주파 대역에서는 0.79~1.22 GHz, 고주파 대역에서는 1.97 ~ 2.17 GHz의 범위를 가지며, 공진 주파수가 이동하여 결과적으로 2가지 이상의 밴드를 확보할 수 있다.

III. 측정 결과

그림 3은 그림 2에서 보여준 모의 실험의 결과와 모의 실험에서 선택한 칩 커패시터를 제안한 안테나의 T-모양 슬릿 부분에 삽입하여 측정된 안테나의 반사 손실 값을 동시에 보여준다.



(a) 저주파 대역
(a) Low-band



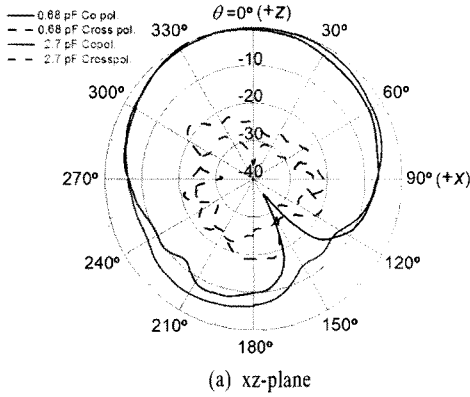
(b) 고주파 대역
(b) High-band

그림 3. 제안된 안테나의 반사 손실 모의 실험과 측정결과 비교

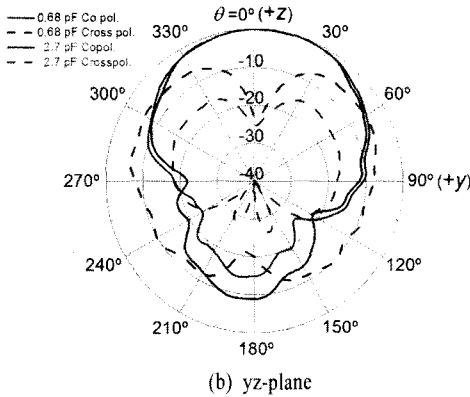
Fig. 3. Comparison return losses of the proposed antenna between simulated and measured result.

모의 실험에서 확인한 것과 동일하게 그림 3을 통해서도 커패시턴스의 값이 변화에 따라서 안테나의 공진 주파수가 바뀌는 것을 확인할 수 있다.

모의 실험과 실제 측정 결과에 약간의 오차가 발생하지만 오차 범위가 작고, 주파수 변환의 특성을 분명하게 보여준다는 것을 확인할 수 있다. 칩 커패시터를 직접 삽입해서 측정된 결과에서는 저주파 대역에서 0.78~1.21 GHz, 고주파 대역에서는 1.97~2.17 GHz의 범위 내에서 공진 주파수가 형성되는 것을 확인할 수 있다. 저주파 대역과 고주파 대역에서의 대역폭은 각각 10 MHz와 50 MHz를 가지고 있으며,



(a) xz-plane



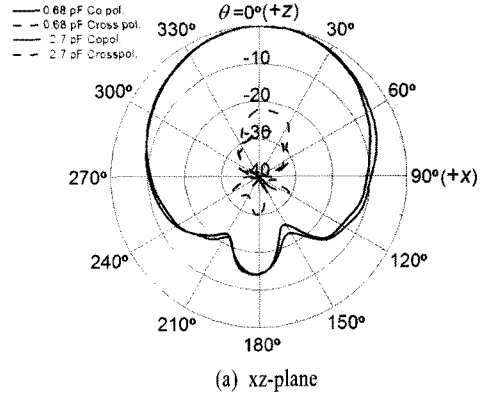
(b) yz-plane

그림 4. 제안한 안테나의 저주파 대역(0.78 GHz, 1.21 GHz) 방사 패턴

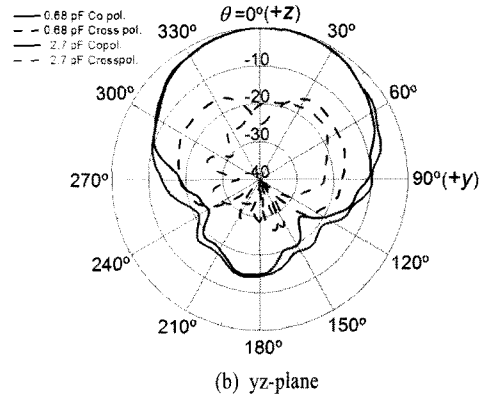
Fig. 4. Measured radiation patterns of the proposed antenna at low-band(0.78 GHz, 1.21 GHz).

모의 실험 결과와의 오차는 약 100 MHz 이내로 상당히 근접한 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 칩 커패시터 값의 변화에 따른 주파수 변환 특성을 측정을 통해 가변 주파수 활용의 유효성을 확인하였다.

또한, 제안한 안테나의 원거리 방사 패턴을 측정하였다. 그림 4와 그림 5는 저주파 대역과 고주파 대역에서 측정된 안테나 방사 패턴 측정 결과이다. 방사 패턴은 각 주파수 대역의 변환 범위의 양쪽 값을 측정하였다. 그림 4에서는 칩 커패시터 2.7 pF일 때의 공진 주파수 0.79 GHz와 0.68 pF일 때의 공진 주파수 1.21 GHz, 그림 5에서는 칩 커패시터 2.7 pF일 때의 공진 주파수 1.97 GHz와 0.68 pF일 때의 공진 주파수 2.17 GHz에서의 방사 패턴의 측정 결과를 보여준다. 그림 4와 그림 5에서 알 수 있듯이, 제안한 안테나는 broad-side에서 최대 원거리 방사 전계



(a) xz-plane



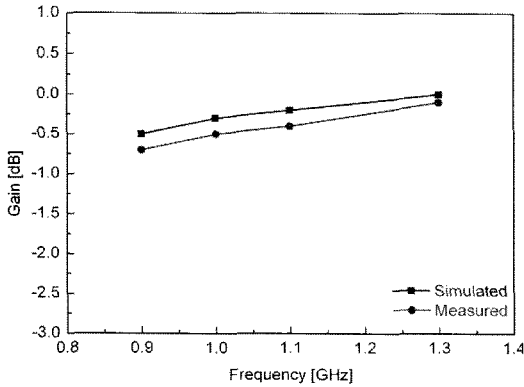
(b) yz-plane

그림 5. 제안한 안테나의 고주파 대역(1.97 GHz, 2.17 GHz) 방사 패턴

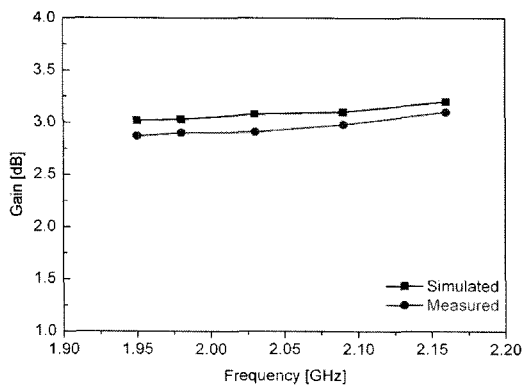
Fig. 5. Measured radiation patterns of the proposed antenna at high-band(1.97 GHz, 2.17 GHz).

를 갖는 전형적인 패치 안테나의 방사 패턴을 갖는다. 각각의 그림 4와 그림 5에서 푸른색과 붉은색 실선은 0.68 pF와 2.7 pF 칩 커패시터를 장착하였을 때의 방사 패턴을 각각 나타낸다. 측정된 결과와 같이, 장착된 칩 커패시터는 공진 주파수의 변환에만 영향을 미치고, 안테나의 방사 패턴에는 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 실선이 아닌 점선으로 표시된 그래프는 co-polarization에 수직한 cross-polarization의 원거리 전계이다.

저주파 대역과 고주파 대역에서 각각 cross-pol. ratio는 약 -20 dB 이하의 값을 갖는다. 그림 6은 제안한 안테나가 동작하는 범위 내에서의 안테나 이득을 측정된 결과이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 제안한 안테나는 저주파 대역에서 최대 이득값이 0 dBi를 가지며, 고주파 대역에서는 최대 3 dBi의 이득을 갖는 것을 확인할 수 있다.



(a) 저주파 대역
(a) Low-band



(b) 고주파 대역
(b) High-band

그림 6. 제안된 안테나의 이득
Fig. 6. Antenna gains of proposed antenna.

IV. 결 론

본 논문에서는 정삼각형 패치 안테나에 T-모양 슬릿 구조를 추가하고, 슬릿의 내부에 칩 커패시터를 삽입하여 커패시터의 값이 변화함에 따라서 공진 주파수가 변하여, 결과적으로 2가지 이상의 대역을 만족하는 안테나를 제안하였다. 전기적인 커패시턴스 값을 조절할 수 있는 버랙터 다이오드를 삽입하기 전, 선행 실험 단계로 칩 커패시터를 이용하여 주파수 변환의 타당성을 검토하였다. 버랙터 다이오드의 인가된 전압에 의해서 결정되는 각각의 커패시턴스 값이 안테나의 입력 임피던스에 영향을 주고, 그로 인해 공진 주파수가 변하여 다중 대역을 커버할 수 있음을 실험을 통해 검증하였다. 측정 결과, 모의 실험

결과와 상당히 근접한 결과를 얻을 수 있었다. 제안한 안테나는 4가지 경우의 칩 커패시터의 값에 의해서 저주파 대역에서 0.78~1.21 GHz, 고주파 대역에서 1.97~2.17 GHz의 범위 내에서 공진 주파수가 가변적으로 형성됨을 확인하였다. 제안한 안테나가 형성하는 범위 내에서의 최고 이득은 저주파 대역에서 0 dBi, 고주파 대역에서 3 dBi를 가지며, 또한, 칩 커패시터는 안테나의 방사 패턴에 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 본 논문에서 확인한 결과를 바탕으로, 향후 연구 과제로서 바이어스 회로와 버랙터 다이오드를 삽입하여 전기적으로 커패시턴스의 값을 조절하면서 칩 커패시터의 경우와 동일한 결과의 안테나 특성을 확인할 예정이다. 또한, 커패시턴스 값의 변화 범위가 큰 버랙터 다이오드를 사용한다면 더 넓은 가변 대역을 갖는 안테나의 연구가 진행될 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] N. Behdad, K. Sarabandi, "Dual-band reconfigurable antenna with a very wide tunability range", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 54, no. 2, pp. 409-416, Feb. 2006.
- [2] F. Yang, Y. Rahmat-Samii, "A reconfigurable patch antenna using switchable slots for circular polarization diversity", *IEEE Microwave Wireless Compon. Lett.*, vol. 12, no. 3, pp. 96-98, Mar. 2002.
- [3] H. Okabe, K. Takei, "Tunable antenna system for 1.9 GHz PCS handsets", *IEEE AP-S Int. Symp. Dig.*, vol. 1, pp. 166-169, Jul. 2001.
- [4] D. Peroulis, K. Sarabandi, and L. P. B. Katehi, "Design of reconfigurable slot antennas", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, no. 7, pp. 645-654, Feb. 2005.
- [5] B. Kim, Y.-J. Sung, and Y.-S. Kim, "Switchable frequency of an equi-lateral triangular microstrip antenna with PIN diodes", *Journal of Korea Electromagnetic Engineering Soc.*, vol. 15, no. 11, pp. 1090-1099, Nov. 2004.
- [6] N. Behdad, K. Sarabandi, "A varactor-tuned dual-band slot antenna", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 54, no. 2, pp. 401-408, Feb. 2006.

이 건 명



2008년 2월: 한양대학교 전자컴퓨터공학부 (공학사)
2008년 3월~현재: 고려대학교 전파통신공학과 석사과정
[주 관심분야] Reconfigurable Antenna

김 영 식

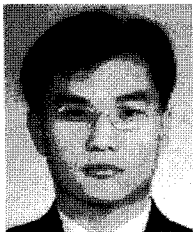


1978년 3월~1982년 1월: 홍익공업대학 전자과 조교수
1988년 5월: University of Massachusetts at Amherst (공학박사)
1988년 5월~1989년 2월: University of Massachusetts at Amherst Post Doc.

1989년 3월~1993년 2월: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 무선기술연구실 실장

1993년 3월~현재: 고려대학교 전파통신공학과 교수
[주 관심분야] RF Front-End System

성 영 제



2000년 2월: 고려대학교 전기전자전파공학부 (공학사)

2002년 2월: 고려대학교 전파공학과 (공학석사)

2005년 2월: 고려대학교 전파공학과 (공학박사)

2005년 3월~2007년 2월: 삼성전자 무선사업부 안테나개발랩 선임연구원

2007년 3월~2008년 2월: 삼성전자 무선사업부 안테나개발랩 책임 연구원

2008년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 전임강사
[주 관심분야] Reconfigurable antenna, Circular polarization antenna, Dual-mode filter, Cell-phone antenna