

# PZT를 이용한 Air gap 안테나의 주파수 특성에 관한 연구

## Frequency properties of Air gap Antenna using PZT

김 영훈\*, 우형관\*, 임승혁\*, 송준태\*

(Young Hoon kim, Hyoung Gwan Woo, Sung Hyuck Lim, Joon Tae Song)

\*: 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

### Abstract

This paper investigated that resonant frequencies of microstrip patch antenna were tunable when piezoelectric materials were used as the antenna substrates. The resonant frequencies of the air-gap antenna using the piezoelectric substrate were able to be controlled by applied AC voltage. The frequency variation of the antenna was great when PZT were applied voltage of the resonant frequency.

**Key words(중요용어)** : microstrip antenna, PZT, broadband, bandwidth, AC

### 1. 서론

근래에 이동 통신 등의 무선을 이용하는 통신 시스템이 급속히 발전하며 보급됨에 따라, 각 부품의 경량화, 소형화, 정밀화가 요구되고 있다. 특히 많은 공간을 차지하는 안테나의 경우에도 소형화, 고기능화가 요구되었다. 이에 의해서 다양한 형태의 안테나가 연구되고 발전하고 있다. 그 중에 하나인 마이크로스트립안테나는 초고주파 대역에서 사용할 수 있는 대표적인 것으로서 많이 연구되고 있는 안테나이다. 마이크로스트립 안테나는 주파수 대역폭이 좁고, 유전체 손실과 급전 손실에 의하여 안테나 이득이 제한을 받으며, 가용 전력량이 작고, 표면파 발생과 높은 편파도를 가지는 단점이 있으나, 제작이 용이하고, 인쇄 회로 기판 기술에 의한 대량 생산이 가능하고, 크기가 작고, 가볍고, 전자부품과 집적이 쉽기 때문에 우주선, 미사일, 위성 등에 부착시켜 많이 사용되고 있다.

마이크로스트립 안테나의 공진 주파수를 조정하기 위해서 많은 연구들이 행하여져 왔다. 좁은 대역폭을 개선하기 위해 대역폭을 넓히거나 dual-band로 하여 계속적인 연구가 보고되었다. 대역폭을 넓히기 위해서는 패턴이 모양을 여러 개로 만들어 제작하거나<sup>[1]</sup>, 개구 결합 방법을 이용하여 다층으로 쌓는 방법<sup>[2]</sup> 등이 있고 dual-band로 하기 위해서는 두 개의 층으로 패치를 만드는 방법<sup>[3]</sup>과 상부 패치와 급전점과 거리를 두어 고차 모드를 이용하는 방법<sup>[4]</sup> 등이 있다. 이런 연구들은 제작 상에 있어서 많은 단계를 거쳐서 복잡하고 정밀하게 제작되어야 하며, 제작 후에는 주파수의 조정이 불가능한 단점들이 있다. 이런 문제점을 해결할 수 있는 새로운 방법을 제시하고자 한다. 개발되어진 안테나를 그림 1로 나타내었다.

본 논문에서는 기존의 연구되어지지 않은 새로운 방법으로 단순한 구형의 형태에서 안테나의 물리적 변형을 가하지 아니하고 안테나의 기판을 압전체로 대체하여 전계를 인가했을 때의 압전 현상, 기계적 변위를 이용하여 리얼타임으로 안테나 기판에 변화

를 가해 주파수를 이동하고자 하였다. PZT 압전체를 사용한 Air Gap 안테나를 사용한 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하고 PZT에 전압을 인가하여 전압의 변화에 따라 안테나의 대역 주파수 이동을 확인하였다.

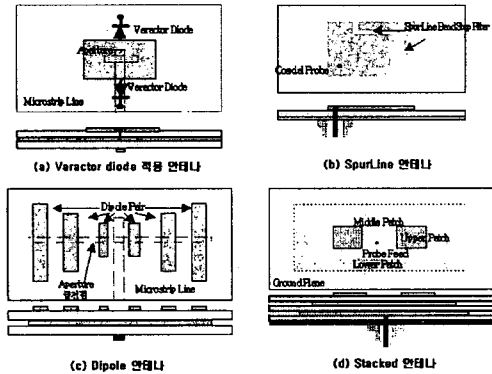


그림 1. 개발된 마이크로스트립 안테나의 모형  
Fig 1. The schematic diagram of developed microstrip antenna

## 2. 실험 방법

본 실험에서 제작한 마이크로스트립 안테나는 두께가 5 mm인 아크릴 기판에 구리 박판을 이용하여 하부 접지판과 상부 패치를 각각 제작하였다. 지지폴로는 교세라에서 제작되어진 두께가 0.28 mm, 공진 주파수 3 [khz]  $\pm$ 30, 지름 25 mm인 PZT를 사용하였고, 마이크로스트립 안테나에 영향을 미치지 않도록 하고 외부에서 AC bias를 가할 수 있도록 연결하였다. 그림 2와 같이 상부 패치의 크기를 가로는 30 mm로, 세로는 30 mm로 하고, 중간에 급전선을 연결하였다. PZT가 인가된 전계에 의해 두께의 변화를 줄 수 있도록 급전선은 gold wire를 사용하여 구리 박판과 SMA cable에 연결하였다. 접지판과 패치 사이의 간격을 0.53 mm로 하여 중심 주파수 5.7 [Ghz]의 Air gap 안테나를 제작하였다.

function generator(LG FG-8002)와 Calibrator(Fluke 5100B)를 이용하여 PZT 지지폴에 주파수 별로 AC 전압을 인가하면서 Vector Network Analyzer(HP 8722D)를 통해 Air Gap 안테나의 공진 주파수 변화를 관찰하였다. 또한 PZT에 인가한 AC 전계의 주파수와 크기는 Oscilloscope(Lecroy

9314AM)로 측정하였다.

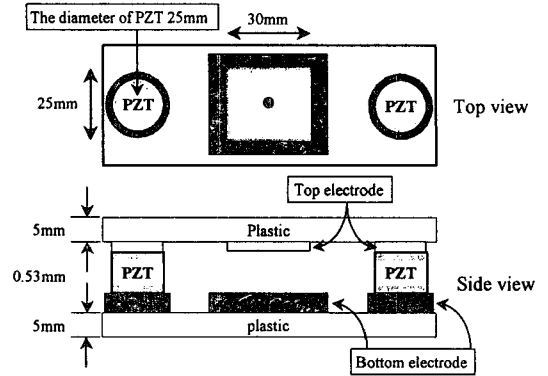
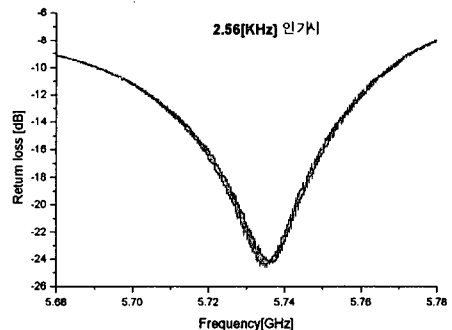


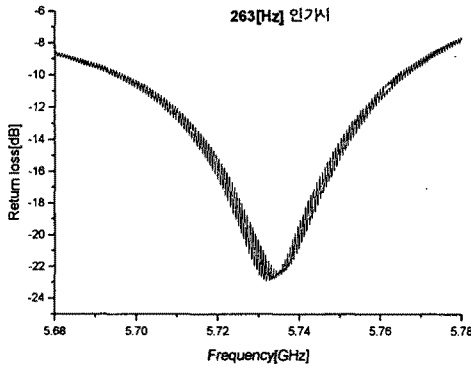
그림 2. 제작된 Air gap 안테나의 모형  
Fig 2. The schematic diagram of fabricated Air gap antenna

## 3. 실험 결과 및 고찰

Air Gap 안테나의 지지폴에 AC 전압을 인가하면서 측정된 안테나의 공진 주파수 변화특성을 나타내었다. PZT에는 function generator를 사용하여 전계를 인가하였고 이 때 AC의 크기는  $10V_{p-p}$ 로 고정하였으며 AC 입력주파수를 가변하면서 안테나 공진 주파수 변화 특성을 측정하였다. PZT의 공진 주파수 부근인 2.56[KHz]과 263[Hz]부근에서의 가장 큰 안테나의 주파수 변화를 확인하였다. PZT의 공진 주파수가 약간의 감소를 보인 것은 그림 1에 보듯이 아크릴 기판에 의한 중량과 두 개의 병렬 연결로 인한 것으로 간주된다. 그림 2에 두 주파수 대의 변화량을 나타내었다.



(a) PZT에 2.56[KHz]의 AC 인가시



(b) PZT에 263[Hz]의 AC 인가시

그림 3. 주파수의 변화

Fig 3. Variation of frequency

그림에서 보듯이 주파수의 이동은 보이지 않고 파형이 굵게 나타난 것은 Network Analyzer의 Sweep Time이 최저 약 600ms로 그 이상의 주파수에서는 주파수 이동의 정확한 측정이 불가능하므로 측정에 제한이 있었다. 즉 실제로는 빠르게 주파수의 이동이 일어나고 있지만, Sweep Time의 제한으로 그림과 같이 신호 파형이 실리는 듯한 데이터가 얻어졌다. PZT에 2.56[KHz]의 AC 10Vp-p가 인가시 대략 5[MHz]의 주파수 이동을 263[Hz] 인가시에는 대략 6[MHz]의 주파수 이동을 확인하였다.

다음은 Calibrator (Fluke 5100B)는 Power Source를 이용하여 PZT에 200[Hz]의 고정된 주파수를 인가하고 AC 전계의 크기 변화에 따른 Air-gap 안테나의 중심 주파수 이동에 대하여 실험하였다.

표 1. 각 AC 전계에서의 주파수 이동  
Table 1. Frequency mobility with each applied voltage

AC 전계	15dB에서 주파수 이동(MHz)	20dB에서 주파수 이동(MHz)
10V <sub>D-P</sub>	2	2.5
20V <sub>D-P</sub>	3	4
30V <sub>D-P</sub>	4	5.5
40V <sub>D-P</sub>	6.5	7.5
50V <sub>D-P</sub>	7.5	8.5
60V <sub>D-P</sub>	7	8

표 3에서 전압별 변화량을 나타내었고 그림 4에서는 전압별 안테나의 중심 주파수 이동을 나타내었다. 이것을 통해 AC 전계의 크기에 비례하여 안테나의 중심 주파수가 이동한다는 것을 확인하였다. Power Source의 주파수 인가에 대한 제한으로 안테나 최대의 변화를 보인 주파수대에서는 측정을 하지 못하였다. 하지만 이 실험을 통해 AC 전계하에서도 안테나 중심 주파수의 이동을 확인하였고, PZT의 공진 주파수 부근에서는 더 큰 변화를 예상할 수 있었다.

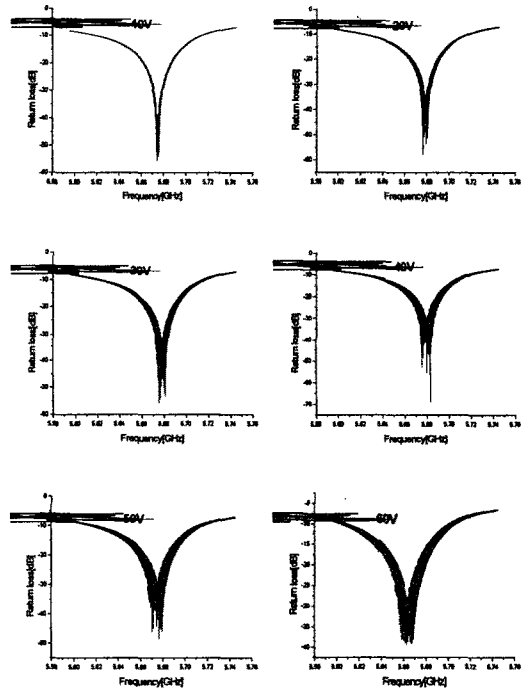


그림 4. AC 전계의 변화에 따른 공진 주파수의 변화(200[Hz])

Fig 4. Resonant frequency variation of air gap antenna with applied AC voltage(200[Hz])

그림 4에서 보이듯이 시간이 지남에 따라 공진 주파수가 낮아짐을 볼 수 있는데 이는 연속적으로 AC 전계를 가함에 따라 PZT의 피로현상<sup>[5]</sup>에 의해서 PZT의 자발 분극(spontaneous polarization)이 커져 분역(domain)이 증가함으로써 PZT의 두께가 미세하게 증가하였기 때문이다. 또한 AC 70V<sub>D-P</sub> 이상에서는 PZT에 절연파괴가 일어나므로 그 이하로 측정하였다.

## 5. 결론

본 실험에서는 안테나의 구조 및 제작 과정을 복잡하고 정밀하게 제작하지 않고도 AC bias에 의하여 안테나의 공진 주파수의 이동이 가능함을 제시 하면서 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) PZT에 인가한 AC 전계가 2.56[KHz]과 263[Hz] 부근에서의 가장 큰 안테나의 주파수 변화를 보였고, AC 10Vp-p 인가시 대략 5[MHz]와 6[MHz]의 주파수 이동을 확인하였다.
- (2) 안테나의 중심 주파수의 변화는 AC 전계의 세기에 비례한다
- (3) 압전 기판을 이용해서 현재 개발되어지고 있는 광대역 또는 이중 밴드를 갖는 안테나에 응용할 경우 보다 좋은 특성을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] Ernest E. Okon and Charles W. Turner, "A WIDE-BAND MICROSTRIP SERIES ARRAY AT MM-WAVE", 1999 high Frequency postgraduate Student Colloquium, 17 September 1999, University of Seeds.
- [2] S. D. Targonski, R. B. Waterhouse, and D. M. Pozar, "Design of Wide-Band Aperture -Stacked Patch Microstrip Antennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 46, No. 9, pp. 1246 -1251, September 1998.
- [3] David M. Pozar and Sean M. Duffy, "A Dual-Band Circularly Polarized Aperture -Coupled Stacked Microstrip Antenna for Global Positioning Satellite", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 45, No. 11, pp. 1618-1625, 1998.
- [4] Takashi AMANO, Norimichi CHIBA, and Hisao IWASAKI, "A Quarter-Wavelength Shorted Microstrip Antenna with a Slot for Dual-Frequency Operation", IEICE Trans. Electron., vol. E82-C, No. 7, pp. 1211-1216, 1999. [1] Satish K. Sharma and Babau R. Vishvakarma, "Frequency agile microstrip antenna", Int. J. Electronics, Vol. 84, No. 1, pp. 55-67, 1998.
- [5] Duane Dimos, William L. Warren and Husam N. Al-Shareef, " Degradation mechanisms and reliability issues for ferroelectric thin films" Thin

film ferroelectric materials and devices. Kluwer Academic publishers, 1997