

論文2001-38TC-6-3

# 용량을 장하한 소형 마이크로스트립 안테나 설계

## (Design of a Small Microstrip Antenna to load Capacitors)

高永赫\*, 宣承虎\*

(Young-Hyuk Ko and Seung-Ho Sun)

## 요 약

본 논문에서는 변형된 MSA에 전기력선의 제한이 없도록 용량을 장하한 MSA를 제안했다. 제안된 안테나는 1.9 GHz의 중심 주파수에서 7.76%의 대역폭을 갖고, 임의의 급전점 변화에 따라 대역폭과 공진주파수의 변화를 보였다. 용량을 장하한 MSA는 변형된 MSA보다 개선된 대역폭을 얻었다. 전송 선로 모델의 안테나 등가 회로는 정확한 공진 주파수를 찾기 위해 설계되었고, return loss 값을 계산했다. 계산된 값은 실험값과 양호하게 일치되었다.

## Abstract

In this paper, the MSA to load a capacitor without limitation of the electric force on the transformed MSA is proposed. Bandwidth of the proposed antenna is 7.76% at the resonant frequency of 1.9 GHz, is observed the resonant frequency and bandwidth versus change of any arbitrary feed point. It was found that the bandwidth of this MSA to load a capacitor is broader than that of the transformed MSA. Antenna's equivalent circuit with transmission line model is designed to find more accurate resonant frequency and is calculated return loss value. The calculated value is agreed reasonably with experimental value.

## I. 서론

마이크로스트립 안테나는 유전율이 낮을수록 효율이 좋고 기판이 두꺼울수록 효율이 좋다. 그리고 주파수가 낮을 경우 효율이 낮기 때문에 활용할 수 없고, 준 마이크로파대역과 같은 높은 주파수에서 활용할 수 있어서 소형화 제약 조건을 만족할 수 있는 필연적인 안테나이다.

마이크로스트립의 방사소자에 대한 개념은 1953년 Dechamps에 의해서 처음으로 제안되었고, 이론적 모델이 개발된 실질적인 안테나는 1970년경에 Howell과 Munson에 의해서 만들어졌다. 일반적인 마이크로스트립 안테나는 넓은 그라운드 판 위에 공진 길이( $\lambda g/2$ )인 패치가 공진 형태를 이루고 있으며 구조적으로 어레이 형태를 취하고 있다. 그리고 급전점의 좌·우측에 방사 패치와 그라운드 판 사이 전기력선이 형성되기 때문에 급전 점의 좌·우측 그라운드 판을 짧게 하는 경우 전기력선 형성에 제한을 받게 되고 이득이 떨어지는 결과를 초래한다. 따라서 전기력선 형성에 제한 받지 않도록 넓은 그라운드판 위에 방사 패치( $\lambda g/2$ )의 개구면과  $\lambda g/4$ 의 단락 패치사이 용량을 결합시킨 안테나 구조로<sup>[1]</sup> 광대역화 하였으나 소형화에는 어려움이 있었다.

\* 正會員, 東新大學校 情報通信工學科

(Department of Information &amp; Communication Eng. Dongshin Univ.)

接受日字:2001年1月17日, 수정완료일:2001年5月25日

본 논문은 목적으로 하는 중심 주파수를 1.9GHz하고, 방사 패치 폭과 그라운드 판의 폭이 같게 하여 소형화 하였으며 전기력선 형성에 제한 받지 않도록 그라운드 판을 접어 올린 좌·우측 평행 평판과 방사 패치사이 용량을 장하한 MSA를 제안하고 설계·제작했다. 그리고 안테나 전체 길이를 같게 한 변형된 MSA를 설계·제작하여 용량을 장하한 MSA와 비교하고, 용량을 장하한 MSA가 소형화할 수 있음을 보였다.

또한 용량을 장하한 MSA는 정확한 공진 주파수를 찾을 수 있도록 전송 선로 모델에 의한 해석을 하였으며 계산치 및 측정치의 리턴 로스가 양호하게 일치함을 보였고, 급전점의 위치를 변화시킨 측정치를 비교·평가하여 개선된 대역폭과 소형화할 수 있음을 보였다.

## II. 소형화된 MSA구조

### 1. 변형된 MSA

가장 단순한 구조인 마이크로스트립 안테나는 유전체의 한쪽에 방사 패치를 구성하고 다른 한쪽은 그라운드 판을 갖는다. 동 혹은 금의 패치 도체는 실질적으로 어떤 모양으로도 가능하다. 그러나 해석과 동작 예측을 단순화하는데 구형 마이크로스트립 안테나가 가장 일반적인 구조이고 해석이 간단하므로 많이 활용하고 있다. 마이크로스트립 방사 패치는 vertical field 변화가 없는 선로 공진기로서 취급된다.<sup>[2~4]</sup> 전계는 방사 패치의 길이에 따라 변하고 일반적으로  $\lambda g/2$  이다. 따라서 변형된 MSA는 그림 1에서 보인 것과 같이 vertical field 변화가 없는 방사 패치의 폭과 그라운드 판의 폭을 같게 하고, 방사는 방사 패치와 그라운드판

사이의 개방단에서 프린징 필드(frining field)으로 부터 일어나도록 하였다.

방사 패치는 L2만큼 떨어진 두 개의 개구면으로서 표현된다. 개구면에서 전계는 수직 성분과 수평 성분으로 구분된다. 두 개의 개구면에서 수직 성분은 역위상으로 없어지고 수평 성분은 동위상으로 추가된 어레이 형태이다. 그러나 변형된 MSA는 소형화하기 위해서 가로축의 그라운드 판 크기를 줄이면 전기력선이 미치는 범위에 제한을 받게되고 소형화에 한계가 있다.

### 2. 용량을 장하한 MSA

현재 많은 연구가 이루어지고 있는 MSA는 방사 패치와 그라운드 판사이 전기력선이 형성된다. 그라운드 판을 짧게 하는 경우 전기력선 형성에 제한을 받게되어 이득이 떨어지는 결과를 초래하여 소형화에 어려움이 있다. 따라서 전기력선 형성에 제한 받지 않도록 넓은 그라운드판 위에 방사 패치( $\lambda g/2$ )의 개구면과  $\lambda g/4$ 의 단락 패치사이 용량을 결합시킨 광대역 마이크로스트립 안테나 구조가 발표되었다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서 제시한 용량을 장하한 MSA는 vertical field 변화가 없는 방사 패치 폭과 그라운드 판의 폭을 같게 하여 소형화하고, 전기력선 형성에 제한 받지 않도록 그라운드 판을 접어 올린 좌·우측 평행 평판과 방사 패치사이 용량을 장하시켰다.<sup>[5~7]</sup>

설계된 안테나 구조는 그림 2와 같으며 폭  $W_1$ , 길이  $L_4$ 의 좌측 평행 평판과 길이  $L_1$ 의 그라운드판을 단락시키고, 길이  $L_6$ 의 우측 평행 평판과 길이  $L_1$ 의 그라운드판을 단락시킨다. 그리고 길이  $L_2$ 의 방사 패치와 그라운드 판을 접어올린 좌·우측 평행 평판사이에 용량을 구성시켰다.

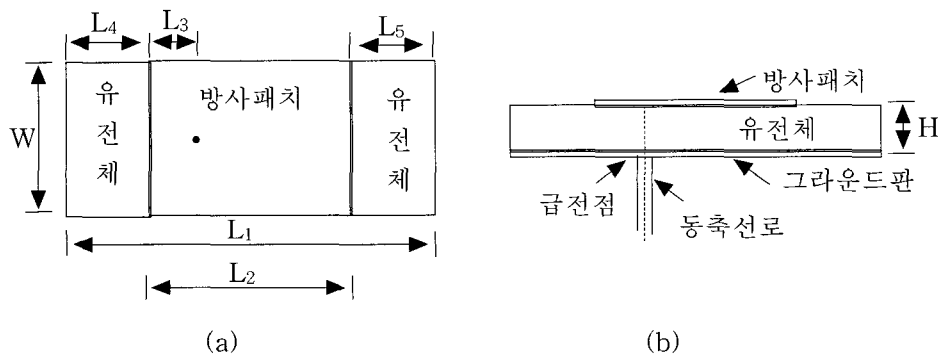


그림 1. 변형된 MSA 구조 (a) 윗면 (b) 측면  
Fig. 1. Transformed MSA structure (a) Top View (b) Side View.

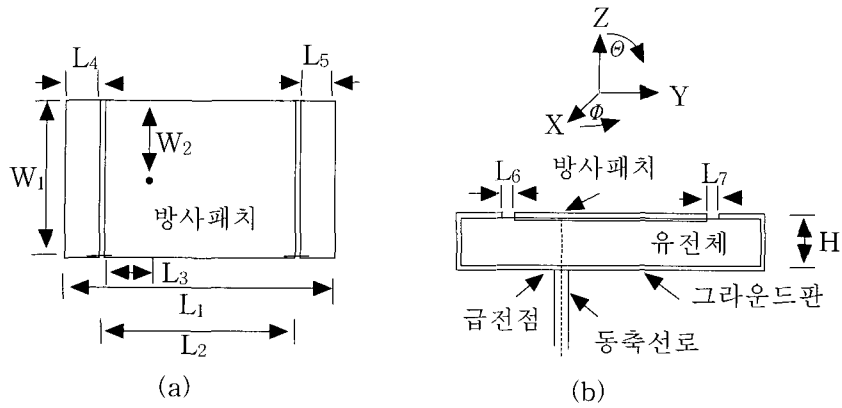


그림 2. 용량을 장하한 MSA구조 (a) 윗면 (b) 측면  
 Fig. 2. MSA structure to load capacitors.  
 (a) Top View (b) Side View

설계된 안테나는 전기력선 형성에 제한을 받지 않도록 방사 패치와 라운드 판을 접어올린 좌·우측 평행 평판사이에 용량을 장하 함으로서 그라운드 판을 줄일 수 있고 소형화할 수 있다. 방사 패치와 좌·우측 평행 평판사이의 간격이 크면 용량이 작고, 방사 패치와 좌·우측 평행 평판사이의 간격이 작으면 용량이 크다.

Ⅲ. 용량을 장하한 MSA 구조 해석

구형 마이크로스트립 안테나는 마이크로스트립 전송 선로의 이론<sup>[7,8]</sup>을 토대로 한 구조이다. 따라서 마이크로스트립 안테나의 설계와 해석은 전송 선로 모델을 폭넓게 활용하고 있으며 단순하고 정확한 것으로 알려져 있다. 설계·제작된 안테나의 전송 선로 모델은 그림 3과 같다.  $Y_{04}$ 는 그라운드 판과 좌측 평행 평판사이의 전송 선로( $L_4$ )에 대한 특성 어드미턴스이고,  $Y_{05}$ 는 그라운드 판과 우측 평행 평판사이의 전송 선로( $L_5$ )에 대한 특성 어드미턴스이다. 방사하는 좁은 개구면은 방사 패치와 그라운드 판을 접어올린 좌·우측 평행 평판사이 위치하고 좁은 개구면의 방사 콘덕턴스  $G$ 와 방사 서셉턴스  $B$ 를 구성한다. 좌측 평행 평판을 포함한 단락 회로는 병렬 서셉턴스  $Y_a$ 가 존재하고 식 (1)과 같으며, 우측 평행 평판을 포함하는 단락 회로는 병렬 서셉턴스  $Y_b$ 가 존재하고 식 (2)와 같다. 식(1)에 좌측 좁은 개구면의 방사 콘덕턴스  $G$ 와 방사 서셉턴스  $B$ 를 구성한 어드미턴스의 합은 식(3)과 같고, 식(2)에 우측 좁은 개구면의 방사 콘덕턴스  $G$ 와 방사 서셉턴스  $B$ 를 구

성한 어드미턴스의 합은 식(4)와 같다. 급전점으로 부터 전송 선로의 좌측을 바라볼 때 어드미턴스  $Y_c$ 는 식 (5)와 같고, 급전점으로 부터 전송 선로의 우측을 바라 볼 때 어드미턴스  $Y_f$ 는 식 (6)과 같다. 용량을 장하한 MSA의 입력 어드미턴스는 급전점 좌·우측의 어드미턴스를 합한 것과 같으며 식 (7)과 같다.

$$Y_a = Y_{04} \frac{1}{j \tan \beta_4 L_4} \tag{1}$$

$$Y_b = Y_{05} \frac{1}{j \tan \beta_5 L_5} \tag{2}$$

$$Y_c = Y_a + \frac{1}{G + jB} \tag{3}$$

$$Y_d = Y_b + \frac{1}{G + jB} \tag{4}$$

$$Y_e = Y_{03} \frac{Y_c + j Y_{03} \tan \beta_3 L_3}{Y_{03} + j Y_c \tan \beta_3 L_3} \tag{5}$$

$$Y_f = Y_{03} \frac{Y_d + j Y_{03} \tan \beta_3 L_3}{Y_{03} + j Y_d \tan \beta_3 L_3} \tag{6}$$

$$Y_{in} = Y_e + Y_f \tag{7}$$

여기서

- G : 방사 콘덕턴스
- B : 방사 서셉턴스
- $L_4$  : 좌측 평행 평판 길이
- $L_5$  : 우측 평행 평판 길이
- $L_2$  : 방사 패치 길이
- $L_3$  : 방사 패치의 좌측부터 급전점까지의 거리
- $L_2-L_3$  : 방사 패치의 우측부터 급전점까지의 거리

$\beta_3, \beta_4, \beta_5$  : 위상 정수

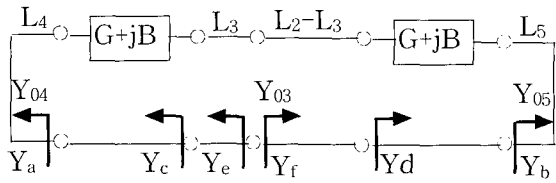


그림 3. 전송 선로 모델  
Fig. 3. Transmission line model.

IV. 실험 및 고찰

1. 변형된 MSA 제작 및 특성 고찰

변형된 MSA는 방사 패치가 vertical field 변화가 없는 선로 공진기로 취급되므로 기존의 MSA와 다르게 방사 패치의 폭과 그라운드판의 폭이 같게 하여 소형화한 안테나이다. 그림 1에서 보인바와 같이 방사 패치와 그라운드판사이의 개구면에 전기력선이 미치는 범위를 결정한다. 그라운드판의 길이를 짧게 한 경우 전기력선의 미치는 범위가 짧게되어 이득이 떨어진다.

기판의 유전율  $\epsilon_r=2.55$ , 두께  $H=3\text{mm}$ 의 테프론 기판을 사용하여 설계·제작된 변형된 MSA의 척도는 표 1과 같다. 설계·제작된 변형된 MSA의 측정된 return loss 특성은 그림 4와 같고, 측정된 입력 임피던스는 그림 5와 같다. 측정에서 얻어진 공진 주파수는 2.0096GHz이고, return loss -10dB 대역폭은 4.42%이다.

표 1. 변형된 MSA의 제원  
Table 1. Parameter of transformed MSA.

변형된 MSA구조			
L1(mm)	59.5	W(mm)	31
L2(mm)	44.4	H(mm)	3
L3(mm)	12.5	공진주파수(GHz)	2.0096
L4(mm)	8	대역폭(%)	4.42
L5(mm)	7.1		

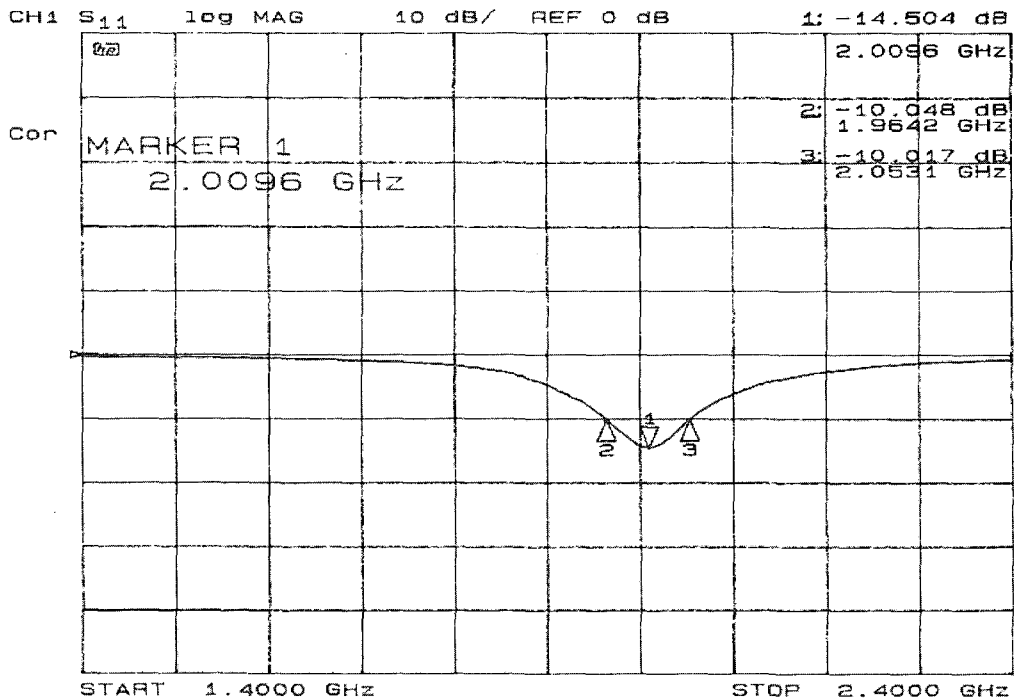


그림 4. 변형된 MSA의 return loss  
Fig. 4. Return loss of transformed MSA.

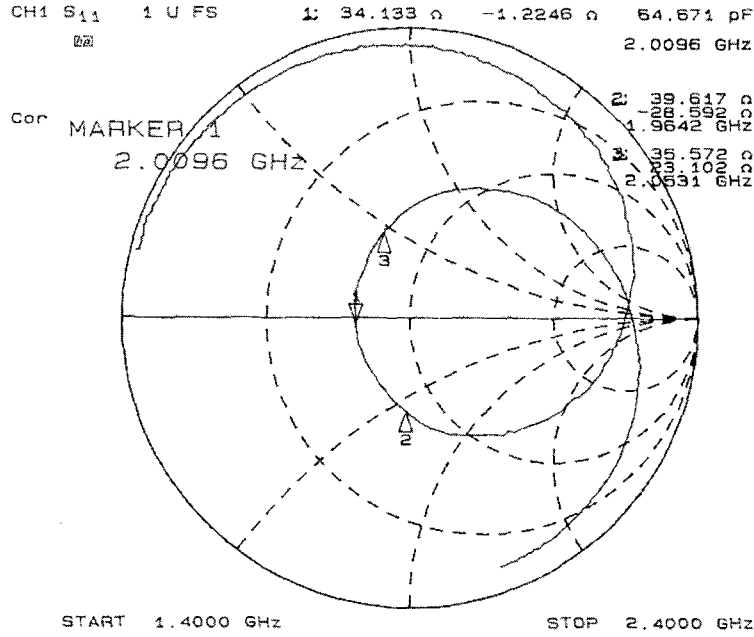


그림 5. 변형된 MSA의 입력 임피던스  
 Fig. 5. Input impedance of transformed MSA.

2. 용량을 장하한 MSA 제작 및 특성 고찰

용량을 장하한 MSA구조의 특성 고찰을 위해서 사용된 기판은 유전율  $\epsilon_r=3.2$ 이고, 동판의 두께(H)가 3.17mm인 테프론에 양면 도체를 입힌 것을 사용하였다. 급전점의 변화에 따른 대역폭과 공진주파수의 변화는 그림 6, 그림 7과 같고, 급전점의 위치 즉, 폭  $W_2 = 11.5\text{mm}$ 로 고정시키고 길이  $L_3$ 변화에 따른 특성 고찰에서 길이  $L_3$ (용량을 장하한 위치로부터 급전점까지의 길이)가 길수록 공진 주파수가 약간 감소하고 대역폭이 증가하다가 감소한다. 이와 같은 대역폭의 감소는 공진 주파수의 정합이 불충분하기 때문으로 생각된다. 또한 길이  $L_3=6.2\text{mm}$ 로 고정시키고 폭  $W_2$ 의 길이를 변화시킬 때 폭  $W_2$ 의 길이가 길수록 대역폭이 약간 증가하고 공진 주파수는 거의 변화가 없다. 따라서 대역폭은 방사 패치의 폭이 중앙에 존재할 때 최대가 되고 공진 주파수는 용량을 장하한 위치로부터 급전점까지의 길이가 멀리 떨어질수록 낮아진다.

안테나의 전체 길이( $L_1$ )를 고정시키고 우측 평행 평판과 방사 패치사이의 간격( $L_7$ )를 길게 하면 용량을 장하하는 간격이 넓게되어 작은 용량을 장하하게 되고 공진 주파수 증가와 대역폭 증가를 그림 8에서 보였다. 그리고 안테나의 전체 길이를 고정시키고 좌측 평행

평판과 방사 패치사이의 간격( $L_6$ )를 길게 하면 용량을 장하하는 간격이 넓게되어 작은 용량을 장하하게 되고 공진 주파수는 증가하나 대역폭이 증가하다가 감소하게됨을 그림 9에서 보였다. 방사 패치와 우측 평행 평판사이 용량을 점차적으로 작게 장하하면 공진 주파수와 대역폭이 증가하지만, 방사 패치와 좌측 평행 평판사이 용량을 점차적으로 작게 장하하면 공진 주파수는 증가하고 대역폭은 증가하다가 용량을 너무 작게 장하하면 감소한다. 이와 같이 대역폭이 증가하거나 감소하는 것은 용량 장하에 의한 급전점의 위치가 완전한 공진 상태로 고려되지 않았기 때문이다. 안테나의 전체 길이를 고정시킨 상태에서 방사 패치의 위치를 변화시키기 위해 좌측 평행 평판의 길이( $L_4$ )를 길게 하고, 우측 평행 평판의 길이( $L_6$ )를 짧게 하면 공진 주파수는 거의 변화가 없고 대역폭은 증가하다가 감소함을 그림 10에 보였다. 안테나의 전체 길이에서 방사 패치가 안테나의 중앙에 위치할 때 대역폭이 가장 넓고 방사 패치에 급전하는 동축 선로의 외부 도체에 누설 전류가 존재하지 않는다.

특성 고찰에 의한 안테나 제작은 목적으로 하는 중심 주파수를 1.9GHz로 설정하고 각부의 척도를 다음과 같이 결정했다. 설계에 사용된 기판은 유전율  $\epsilon_r=2.55$ 이

고 동판의 두께(H)가 3mm인 테프론에 양면 도체를 입힌 것을 사용하였으며 제작된 안테나의 척도는 표 2와 같다. 폭 W는 입력 임피던스와 이득에 관계되고 제작된 안테나는 이득이 최대가 되도록 31 mm를 선택하였다.

일반적인 MSA는 그라운드 판의 크기에 따라 이득이 크게 좌우되므로 실제 안테나의 크기가 방사 패치의 크기보다 훨씬 큰 것으로 알려져 있다. 그러나 설계·제작된 용량을 장하한 MSA는 변형된 MSA와 비교할 수 있도록 안테나 전체길이를 같게 하고, 방사 패치 길이도 같게 하였다. 설계된 표 2의 용량을 장하한 MSA의 척도로

표 2. 용량을 장하한 MSA의 제원  
Table 2. Parameter of MSA to load capacitors.

용량을 장하한 MSA구조			
L <sub>1</sub> (mm)	59.5	L <sub>7</sub> (mm)	0.6
L <sub>2</sub> (mm)	44.4	W <sub>1</sub> (mm)	31
L <sub>3</sub> (mm)	12.5	W <sub>2</sub> (mm)	16.5
L <sub>4</sub> (mm)	6.5	H(mm)	3
L <sub>5</sub> (mm)	6.5	공진주파수(GHz)	1.9
L <sub>6</sub> (mm)	1.5	대역폭(%)	7.76

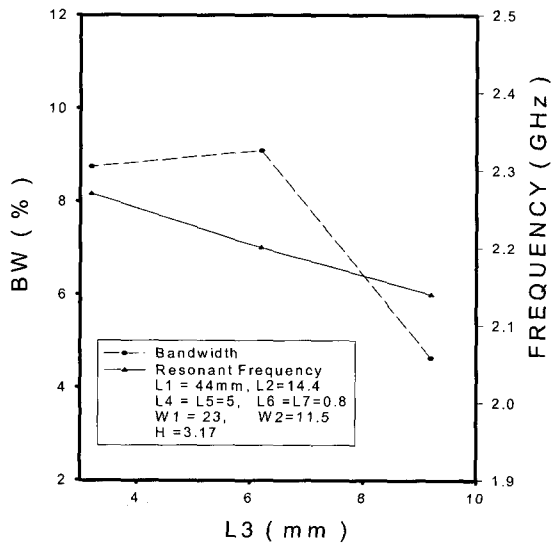


그림 6. L<sub>3</sub>변화에 따른 용량을 장하한 MSA의 공진 주파수 및 대역폭

Fig. 6. The resonant frequency and bandwidth of MSA to load capacitors versus change of length L<sub>3</sub>.

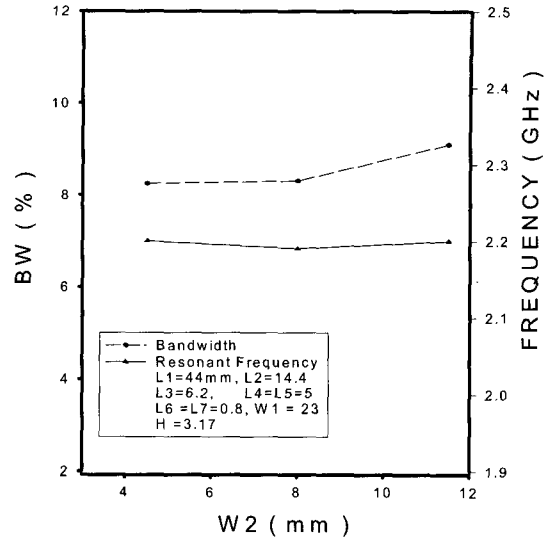


그림 7. W<sub>2</sub> 변화에 따른 용량을 장하한 MSA의 공진 주파수 및 대역폭

Fig. 7. The resonant frequency and bandwidth of MSA to load capacitors versus change of length W<sub>2</sub>.

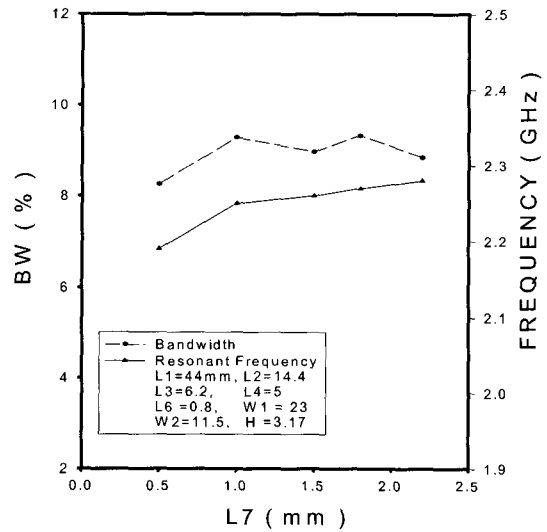


그림 8. L<sub>7</sub> 변화에 따른 용량을 장하한 MSA의 공진 주파수 및 대역폭

Fig. 8. The resonant frequency and bandwidth of MSA to load capacitors versus change of length L<sub>7</sub>.

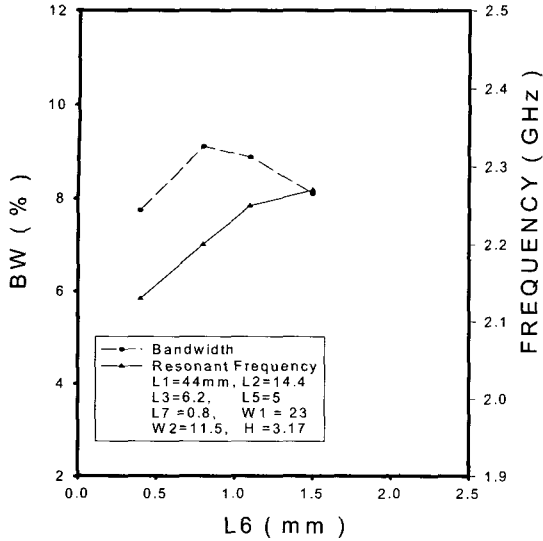


그림 9.  $L_6$  변화에 따른 용량을 장하한 MSA의 공진 주파수 및 대역폭  
 Fig. 9. The resonant frequency and bandwidth of MSA to load capacitors versus change of length  $L_6$ .

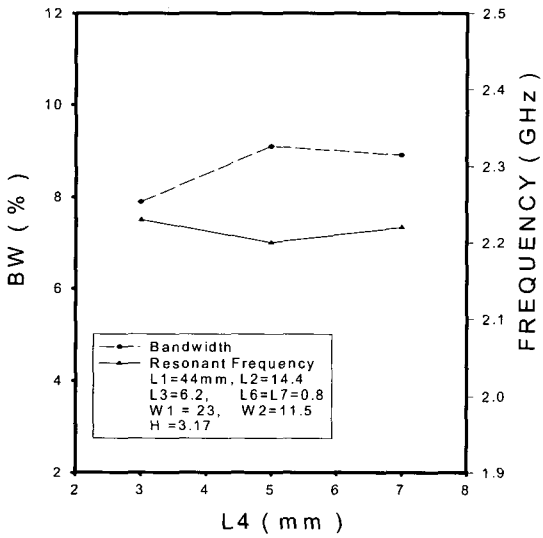


그림 10.  $L_4$  변화에 따른 용량을 장하한 MSA의 공진 주파수 및 대역폭  
 Fig. 10. The resonant frequency and bandwidth of MSA to load capacitors versus change of length  $L_4$ .

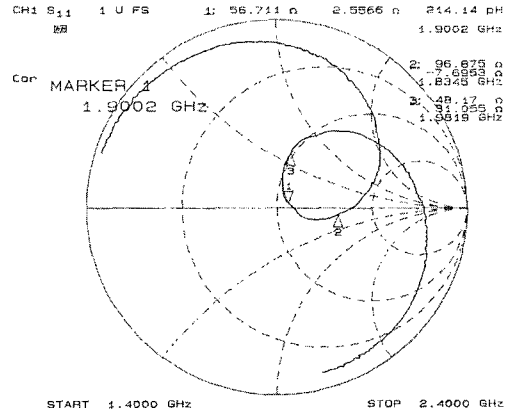


그림 11. 용량을 장하한 MSA의 입력 임피던스  
 Fig. 11. Input impedance of MSA to load capacitors.

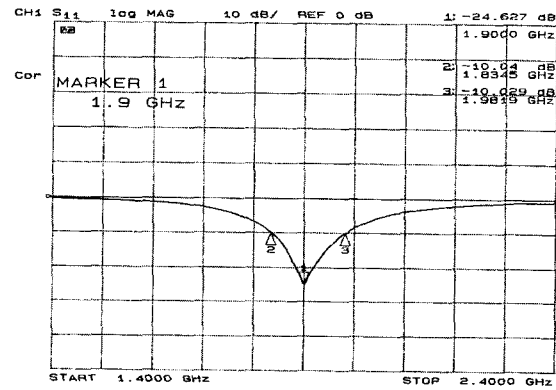


그림 12. 용량을 장하한 MSA의 리턴 로스  
 Fig. 12. Return loss of MSA to load capacitors.

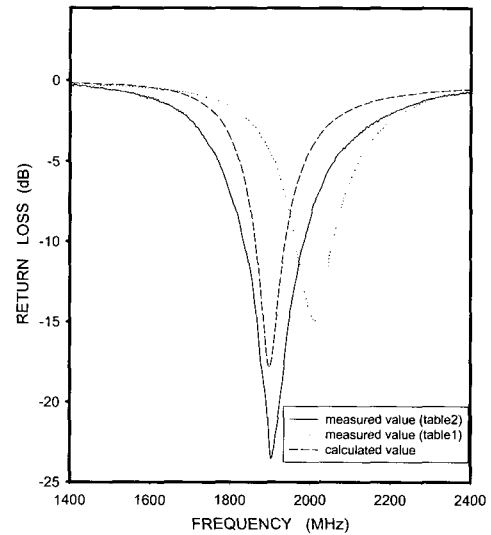


그림 13. MSA의 계산된 return loss 특성  
 Fig. 13. Return loss of characteristics of calculated MSA.

표 3. HFSS에 의한 MSA의 비교

Table 3. Comparison of MSA by HFSS.

안테나종류 용도	MSA	변형된 MSA	용량을 장하한 MSA
크기	47mm×59.5mm×3mm	31mm×59.5mm×3mm	31mm×59.5mm×3mm
공진주파수	2GHz	1.95GHz	1.866GHz
이득 전(후)	6.08dBi(-7.65dBi)	4.73dBi(-5.70dBi)	4.38dBi(-3.44dBi)
대역폭	-	3.75%	6.5%

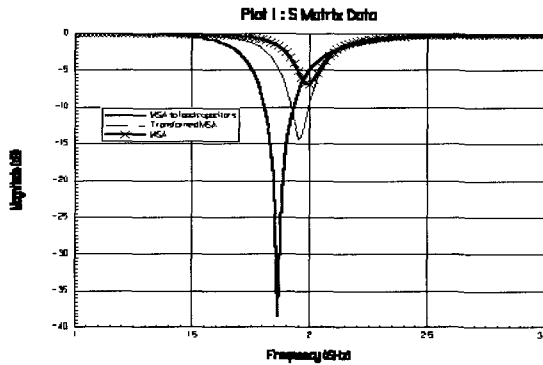


그림 14. HFSS에 의한 return loss 특성  
Fig. 14. Return loss of characteristics by HFSS.

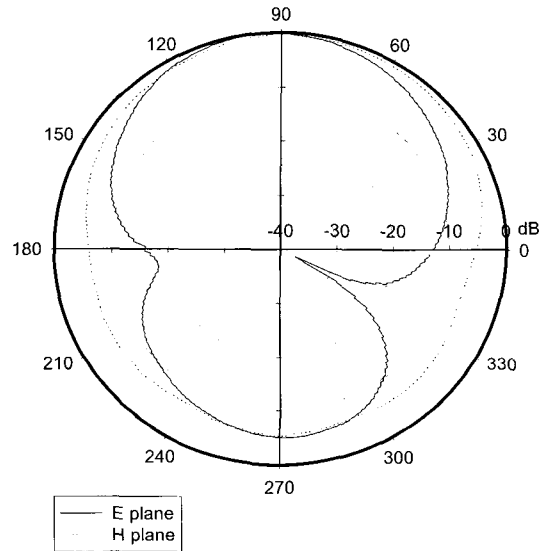


그림 16. 용량을 장하한 MSA의 방사 패턴  
Fig. 16. Radiation patterns of MSA to load capacitors.

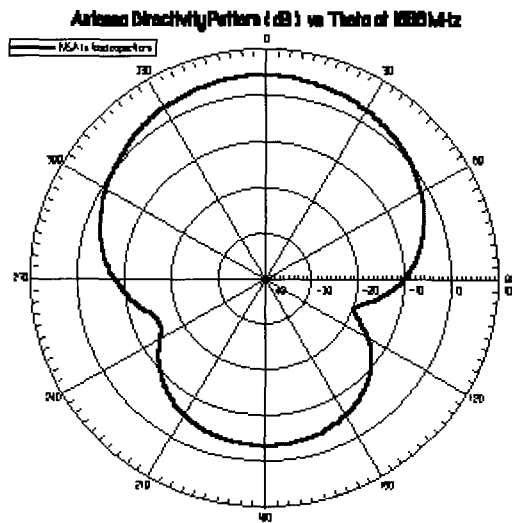


그림 15. HFSS에 의한 용량을 장하한 MSA의 방사 특성  
Fig. 15. Radiation pattern characteristics of MSA to load capacitors by HFSS.

측정된 입력 임피던스는 그림 11과 같고, 측정된 return loss 특성은 그림 12와 같다. 용량을 장하한

MSA의 경우 측정에서 얻어진 공진 주파수가 1.9GHz 이고, return loss -10dB 대역폭은 7.76%를 얻었다. 안테나의 전체 길이가 같은 변형된 MSA의 경우 그림 4와 같이 측정에서 얻어진 공진 주파수가 2.0096GHz이고, return loss -10dB 대역폭은 4.42%이므로 용량을 장하한 안테나가 소형화할 수 있음을 보였다. 또한 R. E. Munson, A. Gogogi, K. R. Carver<sup>[8~10]</sup>가 보고한 방사하는 좁은 개구면에 대한 방사 콘덕턴스 G와 방사 서셉턴스 B의 수식은 전송 선로 모델에 폭넓게 활용되고 있으나 공진 주파수가 약간씩 다르다. 본 논문은 A. Gogoi가 보고한 방사 콘덕턴스 G와 방사 서셉턴스 B의 수식에 의한 전송 선로 모델 해석의 계산치가 용량을 장하한 MSA의 측정치와 매우 양호하게 일치되었다. 전송 선로 모델 해석의 계산치는 그림 13과 같다. 또한, 표 3은 방사 패치의 크기가 같은 안테나를 상용



화된 프로그램 HFSS로 분석한 결과이다. 용량을 장하한 MSA의 공진 주파수는 가장 낮은 1.866GHz로 소형화할 수 있음을 보였고, 대역폭도 6.50%로 가장 넓음을 알 수 있다. 그리고 HFSS에 의한 각각의 return loss 특성은 그림 14와 같고, HFSS에 의한 용량을 장하한 MSA의 방사 특성은 그림 15와 같다.

설계·제작된 용량을 장하한 MSA의 측정된 방사 패턴 특성은 그림 16과 같고 그라운드 판 쪽보다 개구면 방향 쪽으로 5 dB정도 이득이 크고 기준 다이폴 안테나의 방사 패턴 비교에서 용량을 장하한 MSA의 개구면 방향 쪽으로 3dB정도 크다. 따라서 기존의 휴대용 이동 통신 단말기에 부착된 무지향성 방사 패턴을 갖는 모노폴 안테나는 뇌에 접근할 때 시력에 치명적일 수 있으나 설계·제작된 용량을 장하한 MSA는 인체에 미치는 악영향을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 논문에서는 기존의 MSA에 비해 안테나 전체 길이를 소형화함은 물론 전기력선이 미치는 범위가 제한받지 않도록 그라운드 판을 접어들린 우측 평행 평판과 방사 패치사이 용량을 조절함으로써 더욱 소형화할 수 있는 MSA를 제안하고 설계·제작했다. 설계·제작된 용량을 장하한 MSA는 중심 주파수가 1.9GHz이고 대역폭이 7.76 %이다. 또한 안테나 전체 길이가 같은 변형된 MSA를 설계·제작하여 측정된 공진 주파수는 2.0096GHz이고, 대역폭은 4.42%이므로 용량을 장하한 MSA가 소형화할 수 있고, 대역폭도 넓음을 보였다.

용량을 장하한 MSA의 방사 패턴 특성은 그라운드판 쪽보다 개구면 방향 쪽으로 5 dB정도 이득이 크고, 기준 다이폴 안테나에 비해 3dB정도 이득이 크다. 또한 전송 선로 모델의 해석은 return loss의 계산치와 측정치가 매우 양호하게 일치함을 보였고, 급전점을 변화시킨 용량을 장하한 MSA의 측정치로 광대역성과 소형화할 수 있음을 비교·평가했다. 그리고 상용화된 프로그램 HFSS에 의해서도 방사 패치의 크기가 같은 MSA를 비교 분석하였다.

앞으로 보다 정확한 이론 정립으로 더욱더 소형화하여 요즘 각광을 받고 있는 휴대용 GPS안테나에도 활용될 예정이고 머지않아 차세대 개인화 지능화는 물론 전 세계적으로 인터페이스가 가능하며 멀티미디어 까

지 통신이 가능한 GMPCS, IMT2000등과 같은 시스템에도 적용시킬 계획이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Ramesh Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. "microstrip antenna design handbook", pp.570~573, 2001.
- [2] 森下 久, 藤本京平, 平澤一紘, "放射パッチとグラウンド板が同じ幅の方形マイクロストリップ アンテナの特性解析", 信學會(B), no.11, pp.1274~1277 (昭63-11).
- [3] 高永赫, 長谷部望 "容量裝荷小型マイクロストリップ アンテナ", 日本大學理工學部學 術講演論文集, No.38, pp.193~194, 1994.
- [4] 坂口浩一, 南條行則, 瀨谷浩一郎, 長谷部望, "容量裝荷短絡平板スタブで構成した小形アンテナ", 信學春季全大, B-47, 1988
- [5] 高永赫, 金在玟, 李鍾岳, "이동체 통신용 안테나에 관한 연구", 韓國電磁波學會, Vol. 7, No.4, pp.139~146, 1996.
- [6] 고영혁, 박수봉, 류현, "미소 루프 마이크로스트립 안테나", 韓國電磁波學會, Vol. 8, No. 4, pp.356~362, 1997.
- [7] 김대중, 문명호, 김갑기, 이종악 "이동 통신용 마이크로스트립 안테나의 대역 개선에 관한 연구", 韓國電磁波學會, Vol. 9, No.1, pp.8~15, 1998.
- [8] J. R. James, P. S. Hall, "Handbook of microstrip antennas", IEE Electromagnetic Wave Series28, pp.1093~1105, 1989.
- [9] I. J Bahl, P. Bhartia, "Microstrip antenna", Artech House, pp.48~56, 1982
- [10] K. R. Carver, "A Model expansion theory for the microstrip antenna", IEEE AP-Symp. Digest, pp.130~133, 1979.

저 자 소 개



高永赫(正會員)

1981년 2월 : 건국대학교 전자공학과 졸업(학사). 1983년 2월 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1990년 2월 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1981년 3월~1983년 2월 : 건국대학교 전자공학과 조교 1994년 7월~1995년 6월 : 일본대학교 전자공학과 Post-Doc. 1990년 3월~현재 : 동신대학교 정보통신공학과 교수. 주 관심분야 : 이동체 안테나 설계, 초고주파 회로 설계



宣承虎(正會員)

1982년 2월 : 조선대학교 전자공학과 졸업(학사). 1991년 2월 : 광운대학교 산업대학원 산업정보과 졸업(석사). 2001년 3월 : 동신대학교 대학원 정보통신공학과 박사 4학기. 1978년 3월~현재 : 한국 전산원 수석연구원. 주 관심분야 : 이동체 안테나 설계, 초고주파 회로 설계