

용량을 장하한 미소 루프 마이크로스트립 안테나 설계

박성일* · 고영혁*

*동신대학교

Design of a Small Loop Microstrip Antenna to load Capacitors

Seong-Il Park* · Young-Hyuk Ko*

*Dongshin University

E-mail : yhko@dsu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 용량을 장하하기 위해 좌·우측 평행 평판을 구성한 미소 루프 마이크로스트립 안테나를 제안했다. 제안된 안테나는 변형된 마이크로스트립 안테나와 용량을 장하한 QMSA (Quarter-Wavelength Microstrip Antenna) 안테나보다 훨씬 더 소형화할 수 있었다. 전송 선로 모델의 안테나 등가회로는 정확한 공진주파수를 찾기 위해 설계되었다. 또한, 설계·제작된 안테나는 동작주파수가 1.5GHz에서 수직·수평 편파를 수신할 수 있다. 그러므로 이 안테나는 무선 통신을 위한 소형화된 안테나로 이용할 수 있고 실내 통신을 위해 아주 양호하다.

ABSTRACT

In this paper, a microstrip antenna with a small loop consisting of the left and right parallel plate to load capacitor is proposed. It is obtained the improved small size than the antenna of the transformed MSA and the antenna of the left and right parallel plate to load capacitor on QMSA. Equivalent circuit of transmission line model is designed to find more accurate resonant frequency. Also, the designed and fabricated antenna can receive both vertically and horizontally polarized waves to operating frequency of 1.5GHz. Therefore proposed antenna is available as a small antenna for wireless communication and will be quite useful for indoor communication.

키워드

Transformed MSA, QMSA, Small-Loop Microstrip Antenna

1. 서 론

최근 정보통신 시스템이 소형, 경량, 고성능화됨에 따라 안테나 소형화에 대한 요구가 끊임없이 요구되고 있다. 안테나 소형화 기술 연구는 이동 통신이 실용화되면서 본격적으로 이루어졌으며, 현재 이동통신, 위성방송, GPS 등 여러 분야에서 괄목할만한 성과를 보이고 있다. 일반적으로 안테나를 소형화시키면 안테나의 복사패턴은 무지향성에 가까운 특성을 갖게 되고, 안테나 이득도 낮아진다. 또한, 안테나의 입력저항은 매우 작아지고 리액턴스는 매우 커져서 안테나의 대역폭이 매우 좁아지게 된다. 이러한 문제점을 극복하면서 크기가 소형인 안테나를 개발해야 한다.

본 논문에서는 이동 통신 시스템에 부착하기 위해서 그라운드 판과 패치 폭이 같도록 하여 소형화하고 그라운드 판의 좌·우측 평행 평판과 패치 사이에 각각 용량을 구성시킴으로써 더욱 소형화 시킨 새로운 미소 루프 MSA를 제안했다. 그리고 좌·우측 평행 평판과 패치 사이에 용량을 장하시킨 부분에서 개구 구조가 동위상 전계를 갖도록 설계·제작하고 리턴로스와 방사패턴을 측정함으로써 변형된 MSA와 좌·우측 중 한쪽에만 용량을 장하한 구조와 비교하여 이득의 증가와 대역폭의 증가를 비교 설명하였다.

설계·제작된 미소 루프 MSA는 복잡한 도시 환경에서 전계 강도가 최저 위치에서 자계가 최대가 되기 때문에 멀티패스 간섭으로 생기는 정

재파의 최소점 부분에 위치할 경우 저수신 감도를 해결할 수 있는 수직·수평 양편파의 방사특성을 갖고 있으며 결과값은 해석치와 측정치가 양호하게 일치함을 보였고 전송 선로 모델 해석에 의한 리턴로스의 계산치와 측정치도 양호하게 일치함을 보였다.

II. 안테나 구조 해석

1. 변형된 MSA

마이크로스트립 방사패치는 vertical field 변화가 없는 선로 공진기로 취급된다. 전체는 방사패치의 길이에 따라 변하고 일반적으로 $\lambda_g/2$ 이다. 따라서, 변형된 MSA는 그림 1에서 보인 것과 같이 vertical field 변화가 없는 방사패치의 폭과 그라운드 판의 폭을 같게 하고, 방사는 방사패치와 그라운드판 사이의 개방단에서 fringing field로부터 일어나도록 하였다. 방사패치는 L2만큼 떨어진 두 개의 개구면으로서 표현된다. 변형된 MSA는 소형화하기 위해서 가로축의 그라운드판 크기를 줄이면 전기력선이 미치는 범위에 제한을 받게되고 소형화하는데 한계가 있다.

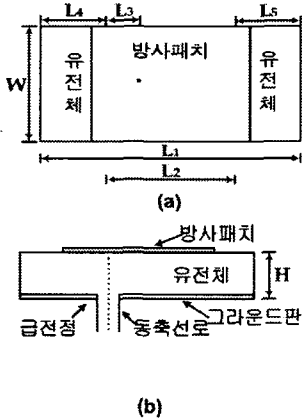


그림 1. 변형된 MSA의 구조
(a) 윗면 (b) 측면

2. 용량을 장하한 MSA

용량을 장하한 MSA는 vertical field 변화가 없는 방사패치 폭과 그라운드 판의 폭을 같게 하여 소형화하고, 전기력선 형성에 제한 받지 않도록 그라운드 판을 접어 올린 좌·우측 평행 평판과 방사패치사이 용량을 장하시켰다.

용량을 장하한 MSA의 구조는 그림 2와 같으며 폭 W1, 길이 L4의 좌측 평행 평판과 길이 L1의 그라운드 판을 단락시키고, 길이 L5의 우측 평행 평판과 길이 L1의 그라운드 판을 단락시킨다. 그리고 길이 L2의 방사패치와 그라운드 판을 접어 올린 좌·우측 평행 평판사이 용량을 구성시켰다. 용량을 장하한 MSA는 전기력선 형성에 제한을 받지 않도록 방사패치와 그라운드 판을

접어 올린 좌·우측 평행 평판사이 용량을 장하함으로써 그라운드 판을 줄일 수 있고 소형화할 수 있다. 방사패치와 좌·우측 평행 평판사이의 간격이 크면 용량이 작고, 방사패치와 좌·우측 평행 평판사이의 간격이 작으면 용량이 크다.

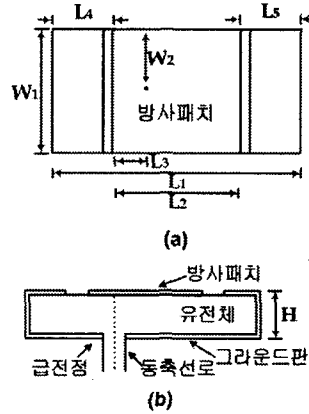


그림 2. 용량을 장하한 QMSA의 구조
(a) 윗면 (b) 측면

3. 미소 루프 MSA

미소 루프 MSA는 그림 3과 같이 폭 W, 길이 L4의 방사패치와 길이 L5의 그라운드 판에서 급전점의 좌·우측 평행 평판(길이 L1, L2)과 패치 사이에 각각 용량을 구성시킨 것이다. 따라서 급전점의 좌·우측에 용량을 장하한 루프 구조에 의해서 방사패턴이 형성되고 방사패치(길이 L4)와 그라운드 판을 접어 올린 좌·우측 평행 평판사이 개구면 구조에서 전기력선이 동위상 배열로 방사패턴이 형성된다. 급전선의 정합은 급전점의 좌·우측 용량을 적절히 조절하여 50Ω이 되도록 실험적인 방법으로 정합시켰다. 본 안테나는 용량을 장하시킨 미소 구형 루프 구조와 용량을 장하시킨 부분에서 방사하는 개구 구조의 합성 전계로 표현할 수 있다.

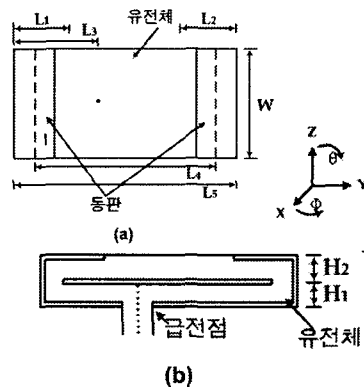


그림 3. 미소 루프 MSA의 구조
(a) 윗면 (b) 측면

III. 실험 및 결과

본 논문은 목적으로 하는 중심주파수를 1.5 GHz로 설정하고 각부의 척도를 다음과 같이 결정했다. 기판은 유전율 $\epsilon_r=2.55$, 유전체 두께 $H1=H2=1.575\text{mm}$ 의 테프론 기판을 사용하였고 제작된 안테나의 척도는 표 1과 같다. 폭 W 는 입력 임피던스와 이득에 관계되고 제작된 안테나는 이득이 최대가 되도록 23mm를 선택하였다. L5는 그라운드 판을 접어들린 좌·우측 평행 평판이 방사패치와 접속되지 않도록 좌·우측에 2mm씩 간격을 두었다. 일반적인 MSA는 그라운드 판의 크기에 따라 이득이 크게 좌우되므로 실제 안테나의 크기는 방사패치의 크기보다 훨씬 크다. 그러나 설계·제작된 안테나는 방사패치의 좌·우 양측에 용량을 장하함으로써 일반적인 MSA의 방사패치 길이인 $\lambda_g/2$ 보다 짧게 43mm로 하고 넓은 그라운드 판이 없도록 설계하였다. 표 1은 설계된 안테나의 제원이며 그림 4는 변형된 MSA, 용량을 장하한 MSA, 미소 루프 MSA의 계산된 리턴로스 값이다. 설계·제작된 미소 루프 MSA는 변형된 MSA와 용량을 장하한 MSA와 비교할 수 있도록 안테나 전체길이를 같게 하고, 방사패치의 길이도 같게 하였다. 표 2는 HFSS에 의한 MSA의 비교값이다. 안테나의 전체길이가 방사패치의 길이가 같은 조건에서 변형된 MSA는 공진주파수가 2.47GHz이며 대역폭이 5.26%, 용량을 장하한 MSA는 1.81GHz에서 대역폭이 3.86%, 미소 루프 MSA는 1.47GHz에서 대역폭이 2.04%로 대역폭은 감소하였지만 공진주파수가 점점 낮아 지므로 훨씬 더 소형화할 수 있었다.

표1. 미소 루프 MSA의 제원

미소 루프 MSA 구조[mm]			
L1	10	L5	43
L2	11	H1	1.575
L3	15	H2	1.575
L4	39	W	23

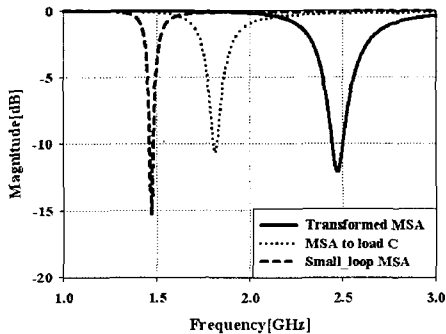


그림 4. 계산된 MSA의 리턴로스 비교

표2. HFSS에 의한 MSA의 특성 비교

안테나종류 용도	변형된 MSA	용량을 장하한 MSA	미소 루프 MSA
크기	43mm×23mm×3.15mm		
공진주파수	2.47GHz	1.81GHz	1.47GHz
대역폭	5.26%	3.86%	2.04%
상대적 이득	-9dBi	-2dBi	-6dBi

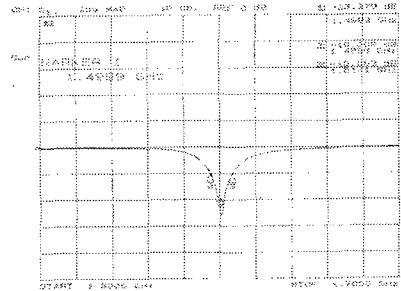
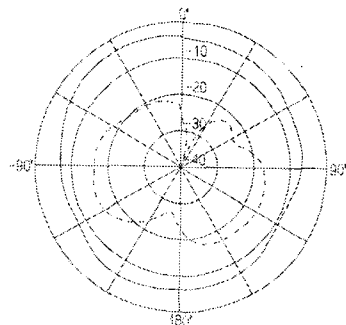
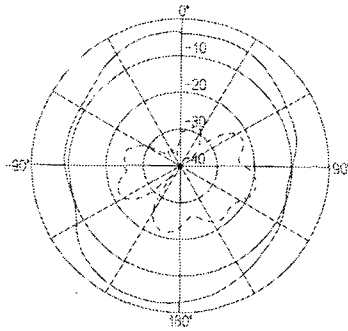


그림 5. 측정된 미소 루프 MSA의 리턴로스

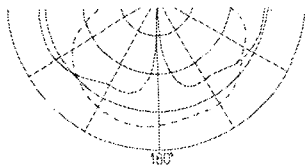
그림 5는 실제 측정된 미소루프 MSA의 리턴로스이다. 공진주파수가 1.4999GHz에서 대역폭이 2%이며 이는 계산치와 측정치가 거의 일치함을 알 수 있다. 설계·제작된 미소 루프 MSA의 측정된 방사패턴 특성은 그림 6과 같다. 안테나의 방사패턴은 기준 다이폴 안테나의 최대 이득을 0dB로 한 상대적인 방사특성의 측정치를 기준으로 XY면, YZ면, ZX면으로 측정하였다. 그림 6의 (a)는 송신안테나가 수평 편파일 경우 XY면의 방사 특성이고, (b)는 송신 안테나가 수평 편파일 경우 YZ면의 방사특성이며, (c)는 송신 안테나가 수직·수평 편파를 각각 진파했을 경우 ZX면의 방사특성이다. 제한한 안테나는 수직·수평 양편파 특성이 얻어지고 있기 때문에 실내 통신에서 정재파 분포의 최소점의 저수신 감도를 해결하는 휴대용 무선 통신의 소형 안테나로 유용하다고 생각된다.



(a) XY면(polarization, co-polarization)



(b) YZ면(polarization, co-polarization)



(c) ZX면(polarization, co-polarization)

그림 6. 안테나의 방사패턴

V. 결 론

본 논문에서는 그라운드 판과 패치 폭이 같도록 하여 소형화하고 그라운드판을 방사패치와 접촉되지 않도록 좌·우측 평행 평판을 접어들려서 방사패치와 좌·우측 평행 평판 사이에 각각 용량을 구성시키므로 더욱 소형화시킨 새로운 미소 루프 MSA를 제안했다. 제안된 안테나의 방사특성은 좌·우측에 용량을 장하한 미소 루프 구조와 용량을 장하한 부분에서 방사하는 개구 구조의 합성 전계가 수직·수평 양편과 특성을 가지고 있음을 측정하고 해석치와 양호하게 일치함을 보였으며 용량을 장하한 안테나보다 상대적으로 이득이 낮았지만 안테나의 전체 크기와 방사패치의 크기가 동일한 조건에서 공진주파수가 낮아져서 훨씬 더 소형화 할 수 있었다. 그러므로 실내용 무선에서 저수신 감도를 해결할 수 있는 휴대용 무선 통신장비의 소형 안테나로서 유용하다고 생각한다. 그리고 방사패치 좌·우측 평행 평판 사이에 각각 용량을 변화시킴으로써 더욱 더 소형화할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 전송 선로 모델의 해석은 리턴로스의 계산치와 매우 양호하

게 일치함을 보였다.

참고문헌

- [1] K. R. Carver, "A Model expansion theory for the microstrip antenna", IEEE AP-Symp. Digest, pp.130-133, 1979.
- [2] K. Fujimoto, J.R. James, "Mobile Antenna Systems Handbook", Artech House, pp. 552-565, 1984.
- [3] I. J Bahl, P. Bhartia, "Microstrip antenna", Artech House, pp48-56, 1982.
- [4] Ramesh Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. "microstrip antenna design handbook", pp 570-573, 2001.
- [5] J. R. James, P. S. Hall, "Handbook of microstrip antennas", IEE Electromagnetic Wave Series28, pp.1093-1105, 1989.