

부분 단락 QMSA의 특성 연구

*김 은용 *황 선화 **조 민기 **박 준영 °박 성교 °박 종백
*조선대학교 대학원 **조선대학교 산업대학원
°조선대학교 공과대학 전자·정보통신공학부
광주광역시 동구 서석동 375번지
E-mail : root@mwlabs.chosun.ac.kr

A Study of Partially Shorted QMSA Characteristics

*Eun-Yong Kim *Sun-Hwa Hwang **Min-Gi Cho **Jun-Young Park
°Sung-Kyo Park °Chong-Baek Park
*Graduate School Chosun University **Graduate School of Industry Chosun University
°Dept. of EIC Eng. College of Eng. Chosun University
375 Seosukdong Dong Ku, Kwang Ju City
E-mail : root@mwlabs.chosun.ac.kr

Abstract

We designed and fabricated partially shorted QMSAs(Quarter-Wavelength Microstrip Antennas) for 850[MHz] band on various Copper-clad Laminates substrates (TACONIC company), where the width of the radiation patch is identical with that of the ground plane and the radiation patch is partially shorted to the ground plane. The resonant frequencies and the return losses according to the electrical thickness were measured by reducing the PSW (Partially Shorted Width) to 0[mm]. As a result, a good characterized antenna with an average 11% reduced resonant length and a return loss -15.86 ~ -30.68[dB] was obtained when the total PSW was in the range of 70% of radiated patch width, compared to the conventional QMSA.

I. 서론

많이 사용하고 있는 휴대용 이동 통신 단말기는 단말기 자체의 크기와 무게 때문에 또 부착된 안테나들은 사용이 불편하여 더욱 더 소형화 추세에 있다. 안테나를 소형화하면 효율이 떨어지고 또 주파수 대역폭이 좁아 지는데 이와같은 제약 조건들을 만족하면서도 내장용으로 실용화 할 수 있는 안테나가 Microstrip Antenna (MSA)¹⁾이다. MSA는 넓은 그라운드 판 위에 공진 길이가 $\lambda/2$ 인 방사 패치가 공진 형태를 이루고 있으며 패치의 양측에 전기력선이 형성되기 때문에 그라운드 판

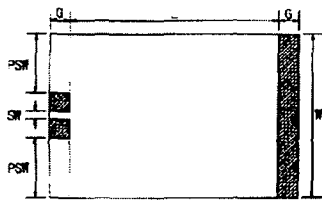
을 짧게 하는 경우 전기력선 형성에 제한을 받게 되고 그에 따라 이득이 떨어지는 등 소형화에 어려움이 따른다. 1988년 Chujo, Teshirogi등이²⁾ 방사 패치의 길이가 $\lambda/4$ 이면서 패치의 폭과 그라운드 판의 폭을 같게 하고 또 좌·우측 중 한쪽의 그라운드 판과 방사 패치를 단락시켜 소형화한 QMSA (Quarter-wavelength Microstrip Antenna)를³⁻⁶⁾ 제안하였다. 그러나 그라운드 판이 짧을 경우 전기력선 형성에 제한을 받게되어 이득이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 대역폭이 넓으면서도 안정된 공진 주파수와 양호한 반사 손실을 얻기 위하여 마이크로스트립 라인을 이용하여 급전하고 방사 패치의 한쪽을 부분 접지 시킨 850[MHz] 대의 QMSA를 유전율과 기판의 두께가 각기 다른 Copper-clad Laminates 기판상에 설계·제작하여 측정된 결과, 부분 접지 폭(PSW) 2개의 총 길이가 방사 패치 폭의 약 70% 정도 되는 경우 기존의 QMSA에 비해 패치의 공진 길이를 평균 11% 단축하면서도 -15.86 ~ -30.68[dB]의 반사 손실을 갖는 양호한 QMSA를 얻을 수 있었다.

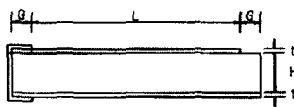
II. 부분 단락 QMSA

한쪽이 부분 단락 된 QMSA는 그림 1과 같이 방사 패치의 한쪽 끝이 전기적으로 부분 단락 된 $\lambda/4$ 구형 패치 안테나이다. 즉 기존의 QMSA와는 다르게 안테나의 그라운드 판과 방사 패치의 폭을 같게 하고 또 급전점이 있는 한쪽은 방사 패치와 그라운드 판을 부분 단락 시킴으로써 더욱 소형화한 안테나이다. 이 안테나의 특성은

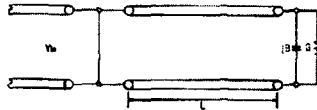
개구면의 방사 콘덕턴스와 방사 서셉턴스를 달리하여 $\lambda/4$ 구형 마이크로스트립 패치 안테나의 전송 선로 모델로 나타낼 수 있는데 한쪽이 부분 단락된 $\lambda/4$ 구형 마이크로스트립 안테나의 입력 어드미턴스는 식(7)과 같다. 이 때 구형 마이크로스트립 패치와 그라운드 판 사이의 방사 콘덕턴스 G 와 방사 서셉턴스 B 의 크기는 다음 식(1), 식(2)와 같다.



(a)



(b)



(c)

그림 1. 한쪽이 부분 단락된 QMSA의 구조 및 등가회로
Fig. 1. Structure and equivalent circuit of one partially shorted QMSA

$$G = \frac{7.75 + 2.2 k_0 H + 4.8 (k_0 H)^2}{1000 \lambda_0} \left(1 + \frac{(\epsilon_r - 2.45)(k_0 H)^3}{1.3} \right) \quad (1)$$

$$B = 0.01668 \frac{\Delta l}{H} \frac{W_e}{\lambda_0} \epsilon_e \quad (2)$$

$$\frac{\Delta l}{H} = \frac{0.95}{1 + 0.85 k_0 H} - \frac{0.075(\epsilon_r - 2.45)}{1 + 10 k_0 H} \quad (3)$$

$$W_e = \frac{120 \pi H}{Z_0 \sqrt{\epsilon_e}} \quad (4)$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} - \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12H}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} - \frac{(\epsilon_r - 1) \frac{t}{H}}{4.6 \sqrt{\frac{W}{H}}} \quad (5)$$

$$\beta = \frac{2\pi\sqrt{\epsilon_e}}{\lambda_0} \quad (6)$$

$$Y_{IN} = Y_0 \frac{G + j(B + Y_0 \tan \beta L)}{Y_0 + j(G + jB) \tan \beta L} \quad (7)$$

여기서

- G : 방사 콘덕턴스
- B : 방사 서셉턴스
- W : 방사 패치의 폭
- W_e : 방사 패치의 실효폭
- L : 방사 패치의 길이
- H : 기판 두께
- ϵ_r : 비유전율
- ϵ_e : 실효 유전율
- Z_0 : 특성 임피던스
- Y_0 : 특성 어드미턴스
- t : 방사 패치의 동박 두께
- k_0 : 자유 공간에서의 전파 상수
- β : 위상 정수

III. 설계 및 제작

일반적으로 마이크로스트립 안테나는 그라운드 판의 크기에 따라 전기력선의 미치는 범위가 제한될 뿐만 아니라 이득도 크게 좌우되므로 실제 안테나의 크기가 방사 패치의 크기보다 훨씬 크다. 그러나 본 연구에서 설계·제작한 마이크로스트립 안테나는 방사 패치의 길이를 기존의 $\lambda/2$ 에 비해 $1/2$ 이하로 짧게 하고 이 때 방사 패치의 폭과 그라운드 판의 폭이 같도록 소형화하였으며, 그라운드 판은 동박을 이용하여 방사 패치와 부분 접속 되도록 하여 전기력선의 미치는 범위가 제한 받지 않도록 하였다.

설계·제작된 마이크로스트립 안테나의 중심 주파수는 휴대폰의 사용주파수 대에 해당하는 850[MHz]로 하였으며 기판은 표1과 같은 규격의 Copper-clad Laminates 기판을 사용하였고 제작된 안테나 각부의 길이는 표 2와 같다.

표 1. 기판의 종류(TACONIC사)
Table 1. Substrates(TACONIC Company)

ϵ_r	H[mm]	Electrical Thickness
2.5	0.78	0.0022
2.5	1.57	0.0044
3.5	0.76	0.0022
3.5	1.52	0.0043
10.0	0.76	0.0022
10.0	1.57	0.0044

표 2. 설계·제작된 QMSA의 제원
Table 2. Designed & Fabricated QMSAs specifications

ϵ_r	2.5		3.5		10.0	
H [mm]	0.78	1.57	0.76	1.52	0.76	1.57
L [mm]	47	48	39	39.21	20.7	21.7
W [mm]	42	42	37	37	23.7	23.7
G [mm]	5	5	5	5	5	5
SW [mm]	1.4, 2.2	1.5, 3	0.7, 1.1, 1.7	1.1, 2.2, 3.4	0.7	0.7, 1.5
PSW [mm]	0-18	0-18	0-15	0-15	0-9	0-9
ET	0.0022	0.0044	0.0022	0.0043	0.0022	0.0044

IV. 실험 및 고찰

제작한 QMSA의 공진 주파수 및 반사 손실 특성은 WILTRON사의 회로망 분석기(54107A)를 이용하여 측정하였다. 이 때 마이크로스트립 급전 선로의 폭(SW)을 0.7~4.4[mm]로 하고 부분 접지 폭(PSW)을 0[mm]까지 2~3[mm]씩 줄여가며 측정한 결과의 일부는 표 3 및 그림 2-5와 같다.

부분 접지 폭(PSW) 2개의 총 길이가 방사 패치 폭의 약 70% 정도 되는 경우 기존의 QMSA에 비해 패치의 공진 길이를 평균 11% 단축하면서도 -15.86 ~ -30.68[dB]의 반사 손실을 갖는 좋은 결과를 얻었다.

표 3. SW와 PSW의 변화에 따른 공진 주파수 및 반사 손실
Table 3. Resonant frequencies and return losses according to the various SW and PSW

$\epsilon_r=2.5$ H=0.78[mm] ET=0.0022					
L [mm]		47	47		
W [mm]		42	42		
SW [mm]		1.4		2.2	
		Resonant Frequency [MHz]	Return Loss [dB]	Resonant Frequency [MHz]	Return Loss [dB]
P S W [mm]	1 [18 mm]	871.25	-6.29	860.00	-2.04
	2 [15 mm]	841.25	-20.84	833.75	-6.47
	3 [12 mm]	796.25	-26.29	797.50	-18.4
	4 [9 mm]	741.25	-17.93	732.50	-6.83
	5 [6 mm]	677.50	-16.02	425.80	-26.02
	6 [3 mm]	582.50	-9.45	568.75	-6.23
	7 [0 mm]	534.70	-0.16	690.62	-0.15

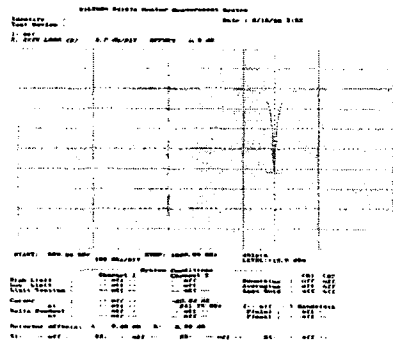


그림 2. $\epsilon_r=2.5$, H=0.78, SW=1.4, PSW=15[mm], ET=0.0022일 때의 RL
Fig. 2. RL when $\epsilon_r=2.5$, H=0.78, SW=1.4, PSW=15[mm] and ET=0.0022

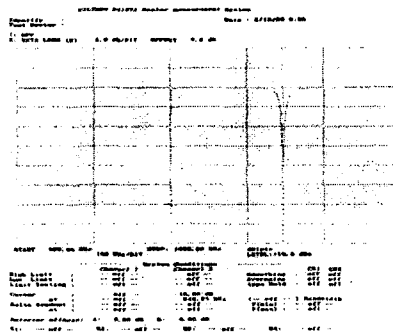


그림 3. $\epsilon_r=2.5$, H=1.57, SW=1.5, PSW=18[mm], ET=0.0044일 때의 RL
Fig. 3. RL when $\epsilon_r=2.5$, H=1.57, SW=1.5, PSW=18[mm] and ET=0.0044

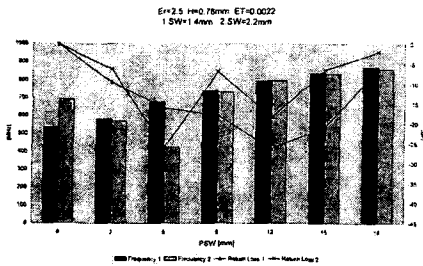


그림 4. $\epsilon_r=2.5$, $H=0.76$, $ET=0.0022$ 일 때의 RL 및 공진 주파수
Fig. 4. RL & Resonant Frequency when $\epsilon_r=3.5$, $H=0.76$ and $ET=0.0022$

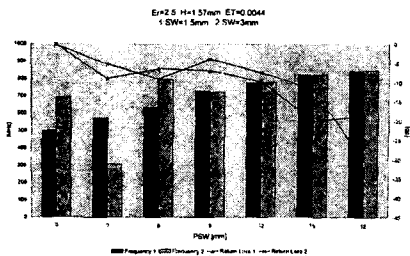


그림 5. $\epsilon_r=3.5$, $H=1.52$, $ET=0.0043$ 일 때의 RL 및 공진 주파수
Fig. 5. RL & Resonant Frequency when $\epsilon_r=2.5$, $H=1.52$ and $ET=0.0043$

V. 결론

안테나 기술은 이동 통신 기술의 발전과 더불어 크게 향상되어지고 있으나 마이크로스트립 안테나의 경우 그라운드 판이 작으면 전기력선 형성에 제한을 받게 되고 그에 따라 이득이 떨어지는 결과를 초래하여 소형화에 어려움이 있다. 따라서 휴대용 이동통신 단말기에 내장하기 위해서는 새로운 구조 즉 크기가 작으면서도 특성이 우수한 마이크로스트립 안테나가 요구되어지고 있다.

본 연구에서는 주파수 850[MHz]대 이동 통신 단말기의 내장용 안테나로 적합하다고 생각되는 즉 방사 패치의 길이가 공진 주파수의 $\lambda/4$ 보다 더 작으면서도 그 특성이 더 우수한 구형의 부분 접지 마이크로스트립 패치 안테나를 설계·제작하였다.

마이크로스트립 급전 선로의 폭(SW)을 0.7[mm]~3.4[mm]로 하고 방사 패치의 부분 접지 폭(PSW)을 0[mm]까지 2~3[mm]씩 줄여가며 안테나의 특성 변화를 측정한 결과 두 PSW의 총 길이가 방사 패치 폭의 70% 정도인 경우 기존의 QMSA에 비해 공진 길이가 평균 11%정도 짧아지면서도 반사 손실 특성이 $-15.86 \sim -30.68$ [dB]로 특성이 좋은 안테나를 얻을 수가 있었다.

그러나 본 연구에서는 단말기에의 내장과 안테나의

배열을 고려하여, 방사 패치와 급전 선로 사이에 변환기를 사용하여 급전하는 일반적인 마이크로스트립 선로 급전법 대신에 직접 급전점에 급전하는 방법을 채택한 결과 양호한 반사 손실을 얻는데 상당한 어려움이 따랐다.

물론 안테나 제작과 측정의 부정확함을 고려하더라도 좀 더 넓은 대역폭을 얻기위한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. J.R. James and P.S. Hall, *Handbook of MICROSTRIP ANTENNAS*, Peter Peregrinus Ltd. London, 1989.
2. W. Chujo and T. Teshirogi, "A Microstrip Antenna of Circular Polarization over Wide Angles Using $\lambda/4$ Short-Circuit Patches," *Trans. on ICIEE*, vol. J-71-B, no. 11, pp. 1287-1292, Nov. 1988.
3. W. Chujo and T. Teshirogi, "A MICROSTRIP ANTENNA OF WIDE ANGLE CIRCULAR POLARIZATION USING QUARTER-WAVELENGTH SHORT-CIRCUIT PATCHES," *IEE 6th ICAP*, vol. 1, pp. 135-139, Apr. 1989.
4. M. Sanad, "A SMALL SIZE MICROSTRIP ANTENNA HAVING A PARTIAL SHORT CIRCUIT", *IEE 9th ICAP*, vol. 1, pp. 282-285, Apr. 1995.
5. G.A. Kyriacou and J.N. Sahalos, "Analysis of a Probe-Fed Short-Circuited Microstrip Antenna," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 45, no. 3, pp. 427-430, Aug. 1996.
6. T.D. Ormlston, P. Gardner and P.S. Hall, "MICROSTRIP SHORT-CIRCUIT PATCH DESIGN EQUATIONS," *MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS*, vol. 16, no. 1, pp. 12-14, Sep. 1997.
7. 김 은용, 박 옥동, 류 현, 이 남렬, 박 성교, 박 종백, "마이크로스트립 라인 급전 QMSA의 특성 연구", 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집, vol. 22, no. 1, pp.861-864, 1999년 6월
8. Y.Y. Sohn, S.S. Park and C.B. Park, "Partially Shorted MSA for Mobile Communications", *IEEE TENCON99 Proc.*, pp.518-521, Sep. 1999.