

접지판과 방사 패치 사이의 간격 변화에 따른 QMSA의 특성 연구

A Study of QMSA Characteristics According to the Gap Variance between Ground Plane and Radiation Patch

류 현* 박 성 교** 박 종 백**
(Hyun Ryu* Sung Kyo Park** Chong Baek Park**)

* 이 논문은 1997년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

요 약

본 논문에서는 CHUKOH사의 CGP-500 PTFE 기판상에(유전율 2.6, 두께 1.6mm(± 0.08)) 접지판의 폭과 방사 패치의 폭이 동일한 850MHz 대의 QMSA(Quarter-Wavelength Microstrip Antenna)를 설계·제작하였다. 실험에 의하여 가장 양호한 급전점을 선정하여 프로브 급전한 다음, 방사 패치와 그라운드 판과의 간격 L_3 을 단계적으로 5mm씩 잘라가면서 QMSA의 공진 주파수와 반사 손실을 측정하였다. 그 결과, 간격 L_3 이 좁아질수록, 특히 10mm 이하에서는 예상과 달리 공진 주파수는 증가하고, 반사 손실은 감소하는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we designed and fabricated QMSA(Quarter-Wavelength Microstrip Antenna) for 850MHz band on the CGP-500 PTFE substrate(by CHUKOH company) with $\epsilon_r = 2.6$, $H=1.6\text{mm}(\pm 0.08)$, where width of the radiation patch is identical with that of the ground plane. A well matched feed point was obtained by experiments and this QMSA was fed by using probe feed method. The resonant frequencies and the return losses were measured by cutting the gap L_3 between the radiation patch and the ground plane, with a 5mm cutting length, step by step. As a result, we found that the measured return losses were decreased and the resonant frequencies were increased when the gap L_3 was shorter, especially under 10mm, unlike we had expected.

I. 서 론

널리 사용되고 있는 휴대용 이동 통신 단말기는 크기와 무게 때문에 또 부착된 안테나는 사용시의 불편함 때문에 더욱 더 소형화가 요구되어지고 있다. 안테나를 소형화하면 효율이 떨어지고 주파수 대역폭이 좁아지는 것이 일반적이지만 이 같은 제약 조건들을 만족하면서 내장용으로 실용화 할 수 있는 안테나가 MSA(Microstrip Antenna)¹⁾이다.

MSA는 넓은 그라운드 판 위에 공진 길이가 $\lambda/2$ 인 방사 패치가 공진 형태를 이루고 있으며 급전점의 양측에 전기력선이 형성되기 때문에 그라운드 판을 짧게 하는 경우 전기력선 형성에 제한을 받게 되고 그에 따라 이득이 떨어지는 등 소형화에 어려움이 있다.

1988년 Chujo, Teshirogi등이²⁾ 패치의 길이는 $\lambda/4$ 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⁾ 제안하였다. 그러나 그라운드 판이 짧을 경우 전기력선 형성에 제한을 받게되어 이득이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 안정된 주파수와 양호한 반사 손실 크기를 얻을 수 있는 가장 적합한 그라운드판의 길이를 구하기 위하여, 그라운드 판의 길이가 $\lambda/4$ 방사 패치 길이의 2배이면서 폭은 같은 850MHz 대의 QMSA를 설계·제작하고, 실험에 의하여 특성이 가장 양호한 급전점을 선정할 다음 그라운드 판과 방사 패치 사이의 간격을 5mm씩 잘라가며 공진 주파수와 반사 손실을 측정할 길이, 둘 사이의 간격이 10mm이하로 좁아지면 반대로 반사 손실 특성이 개선됨을 확인 할 수 있었다.

* 포항공과대학 정보통신과

** 조선대학교 공과대학 전자·정보통신공학부

접수일자: 1998년 10월 17일

II. QMSA

안테나 기술의 발전에 힘입어 이동 통신 시스템은 더욱 소형화되어 가고 있으며 이동 통신 시스템에 내장된 안테나도 더욱 소형·경량이며 값이 싼 것이 요구되고 있다. MSA는 이 같은 요구를 만족할 수 있을 뿐 아니라 이동 통신 시스템에 내장시킬 수 있다는 점에서 가장 적합한 안테나라고 할 수 있다. 그러나 MSA는 효율, 대역폭 그리고 이득 등이 패치의 모양, 크기, 기판의 종류 및 두께, 유전율 등에 따라 달라지기 때문에 설계시 신중을 기해야한다.

1. 한쪽이 단락된 QMSA

한쪽이 단락된 QMSA는 그림 1과 같이 패치의 한쪽 끝이 전기적으로 단락된 $\lambda/4$ 구형 패치 안테나이다. 즉 기존의 $\lambda/4$ 패치 안테나와는 다르게 패치의 한쪽은 그라운드 판과 방사 패치의 길이를 같게 하고 또 급전점의 다른 한쪽은 방사 패치와 그라운드 판을 단락 시킴으로써 더욱 소형화한 안테나이다. 그림 1(b)와 같이 급전점 왼쪽의 간격 L_2 는 방사 패치와 그라운드 판사이의 개구면으로 전기력선이 미치는 범위를 결정한다. 따라서 급전점 왼쪽의 간격 L_1 이 짧은 경우 전기력선이 미치는 범위가 좁아지고 이득이 떨어진다. 또한, 같은 간격 L_2 에 대해서 유전체의 유전율이 낮을수록 이득이 크고, 안테나 전체 길이가 길어질수록 이득이 크다. 그리고 패치 폭 W 는 공진 주파수의 $\lambda/2$ 근처에서 이득이 최대가 된다.

한쪽이 단락된 $\lambda/4$ 구형 마이크로스트립 안테나의 전송 선로 모델은 개구면의 방사 콘덕턴스와 방사 서셉턴스만 다를 뿐 $\lambda/4$ 구형 마이크로스트립 패치 안테나의 전송 선로 모델과 같다. 따라서 한쪽이 단락된 $\lambda/4$ 구형 마이크로스트립 안테나의 입력 어드미턴스는 식(3)과 같다.

$$Y_a = Y_{01} \frac{1}{j \tan \beta_2 L_4} \tag{1}$$

$$Y_b = Y_{01} \frac{G + j(B + Y_{01} \tan \beta_1 (L_2 - L_4))}{Y_{01} + j(G + jB) \tan \beta_1 (L_2 - L_4)} \tag{2}$$

$$Y_{in} = Y_a + Y_b \tag{3}$$

여기서

- G : 방사 콘덕턴스
- B : 방사 서셉턴스
- β_1, β_2 : 위상 정수
- $L_2 - L_4$: 좌측 개구면부터 급전점까지의 길이
- L_4 : 우측 단락 회로로부터 급전점까지의 길이
- Y_{01} : 구형 마이크로스트립 방사 소자의 전송 선로 특성 어드미턴스

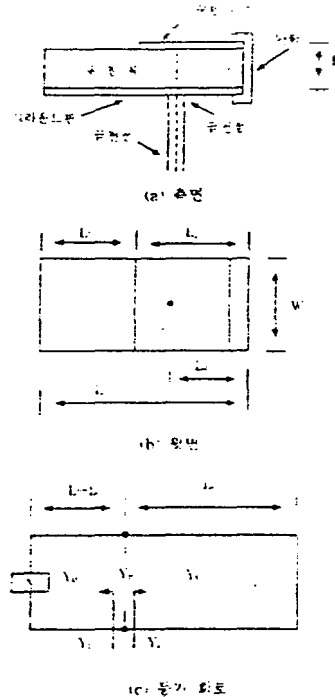


그림 1. 한쪽이 단락된 QMSA의 구조 및 동가회로
Fig. 1. Structure and equivalent circuit of one-shorted QMSA.

2. 방사 어드미턴스

구형 마이크로스트립 패치와 그라운드 판사이의 방사 콘덕턴스 G 와 방사 서셉턴스 B 의 계산식은 다음 식 (4)-(8)과 같다.

$$G = \frac{7.75 + 2.2 k_0 H + 4.8 (k_0 H)^2}{1000 \lambda_0} \frac{1}{(1 + \frac{(\epsilon_r - 2.45)(k_0 H)^3}{1.3})} \tag{4}$$

$$B = 0.01668 \frac{\Delta l}{H} \frac{W \epsilon}{\lambda_0} \epsilon_r \tag{5}$$

$$\frac{\Delta l}{H} = \frac{0.95}{1 + 0.85 k_0 H} - \frac{0.075(\epsilon_r - 2.45)}{1 + 10 k_0 H} \tag{6}$$

$$W \epsilon_r \approx \frac{120 \pi H}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \tag{7}$$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_r + 1}{2} - \frac{\epsilon_r - 1}{2} (1 + \frac{1211}{W})^{-\frac{1}{2}} - \frac{(\epsilon_r - 1)}{4.6} \frac{\frac{1}{H}}{\sqrt{\frac{W}{H}}} \tag{8}$$

여기서

- W : 방사 패치 폭
- Wc : 방사 패치의 실효폭
- Z₀ : 마이크로스트립 선로의 특성 임피던스
- H : 유전체 두께
- t : 패치의 동박 두께
- ε_r : 비유전율
- ε_c : 실효 유전율
- k₀ : 자유 공간에서의 전파 상수

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 큰 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서 설계·제작한 마이크로스트립 안테나는 방사 패치의 길이 L₁를 기존의 1/2에 비해 1/2 정도로 짧게하고 이 때 방사 패치의 폭과 그라운드 판의 폭이 같도록 소형화하였으며, 그라운드 판은 동박을 이용하여 방사 패치와 접속 되도록 하여 전기력선의 미치는 범위가 제한 받지 않도록 하였다.

설계·제작된 마이크로스트립 안테나의 중심 주파수는 휴대폰의 사용주파수에 해당하는 850MHz로 하였으며 기판은 유전율 ε_r=2.6, 두께 1.6mm(±0.08)인 CHUKOH사의 CGP-500 테프론 기판을 사용하였고 그림 1에 나타난 제작된 안테나 각부의 길이는 표 1과 같다.

표 1. 설계·제작된 QMSA의 제원
Table 1. Designed & Fabricated QMSA specifications.

| 종 류 | 길 이 [mm] |
|----------------|---------------------------|
| L ₁ | 52.15 - 104.3 |
| L ₂ | 52.15 |
| L ₃ | 0 - 52.15 |
| L ₄ | 6.52, 13.04, 19.56, 26.08 |
| W | 41.4 |

IV. 실험 및 고찰

제작된 QMSA의 공진 주파수 및 반사 손실 특성은 WILTRON사의 회로망 분석기(S4107A)를 이용하여 측정 하였다. 이 때 먼저 안테나의 정확한 급전점을 실험에 의하여 구한 다음(표 2) 각각 L₁을 처음에는 2.15mm, 이후에는 그라운드 판과 방사 패치와의 간격이 갈수록 짧아질 때까지 5mm씩 잘라가며 측정하였다. 측정 데이터를 표 3 및 그림 2 - 그림 14에 나타냈다.

표 2. 급전점 위치에 따른 반사 손실
Table 2. Return loss versus feed points.

| 급 전 점 위 치 L ₁ [mm] | 반 사 손 실 [dB] |
|----------------------------------|-----------------|
| 26.08 | -10.38 |
| 19.56 | -14.81 |
| 13.04 | -17.82 |
| 6.52 | -6.77 |

급전점은 길이 L₁를 4등분하여 측정한 결과 특성이 제일 좋은 13.04mm 지점으로 하였으며, 측정 결과 길이 L₁이 104.3mm로써 제일 길 때 반사 손실 값이 -14.56[dB]로 가장 좋았으며 간격이 좁아짐에 따라 반사 손실 크기도 작아 지다가 그라운드 판과 방사 패치와의 간격이 10mm 이하부터서는 반대로 반사 손실 크기가 -8.95[dB], -11.19[dB]로 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.

표 3. 간격 L₁ 변화에 따른 공진 주파수 및 반사 손실
Table 3. Resonant frequencies and return losses according to the variance of gap L₁.

| 간격 L ₁ [mm] | 공진 주파수 [MHz] | 반사 손실 [dB] | 간격 L ₁ [mm] | 공진 주파수 [MHz] | 반사 손실 [dB] |
|---------------------------|-----------------|---------------|---------------------------|-----------------|---------------|
| 0 | 876.25 | -11.19 | 30 | 854.50 | -11.25 |
| 5 | 859.75 | -8.95 | 35 | 856.00 | -11.93 |
| 10 | 855.25 | -5.27 | 40 | 853.00 | -14.21 |
| 15 | 856.00 | -6.18 | 45 | 855.25 | -12.95 |
| 20 | 853.75 | -6.57 | 50 | 856.00 | -13.47 |
| 25 | 854.50 | -9.27 | 52.15 | 856.75 | -14.56 |

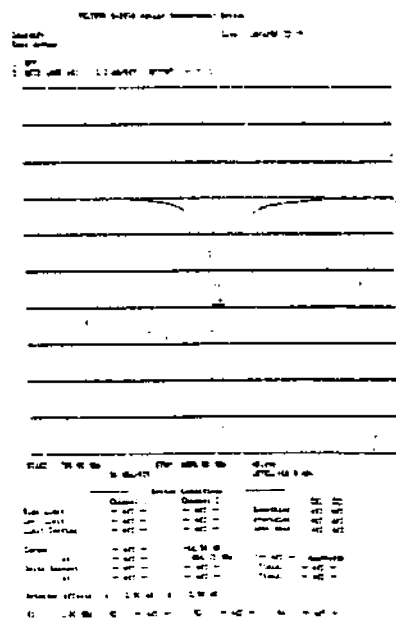


그림 2. 간격 L₁=51.2mm
Fig. 2. Gap L₁=51.2mm.

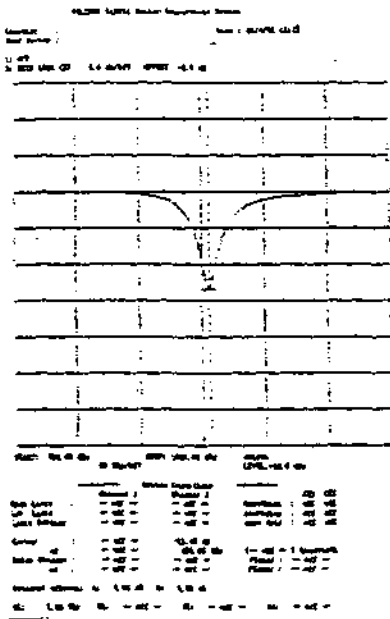


그림 3. 간격 $L_2=50\text{mm}$
Fig. 3. Gap $L_2=50\text{mm}$.

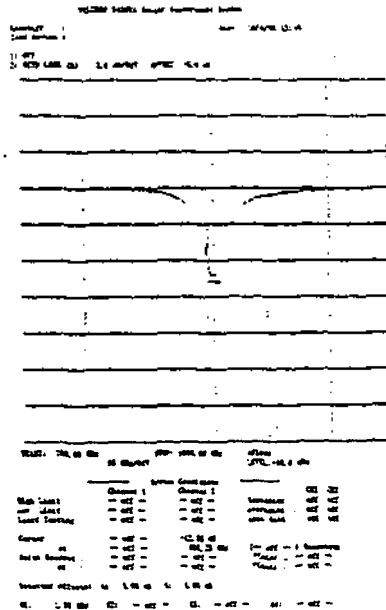


그림 4. 간격 $L_2=45\text{mm}$.
Fig. 4. Gap $L_2=45\text{mm}$.

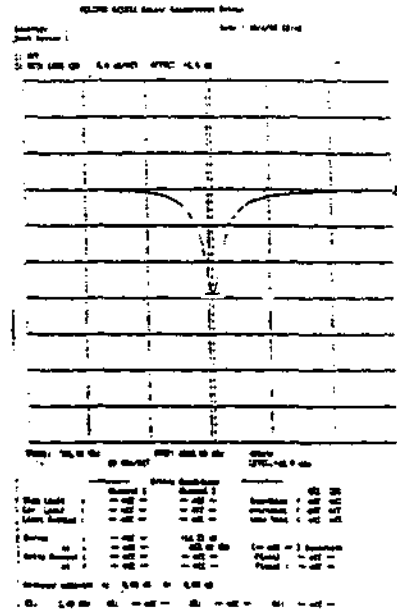


그림 5. 간격 $L_2=40\text{mm}$
Fig. 5. Gap $L_2=40\text{mm}$.

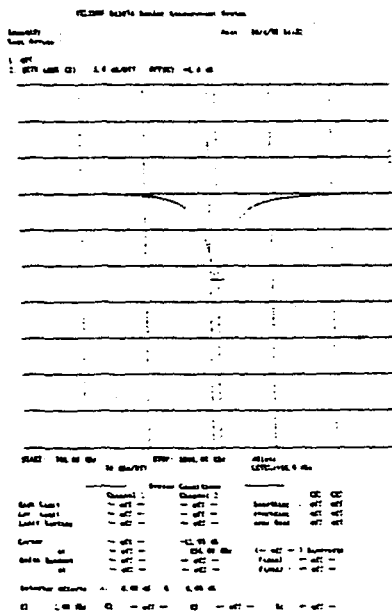


그림 6. 간격 $L_2=35\text{mm}$
Fig. 6. Gap $L_2=35\text{mm}$.

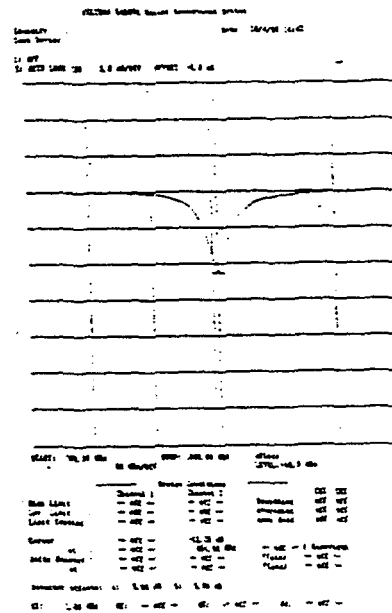


그림 7. 간격 $L_2=30\text{mm}$
Fig. 7. Gap $L_2=30\text{mm}$.

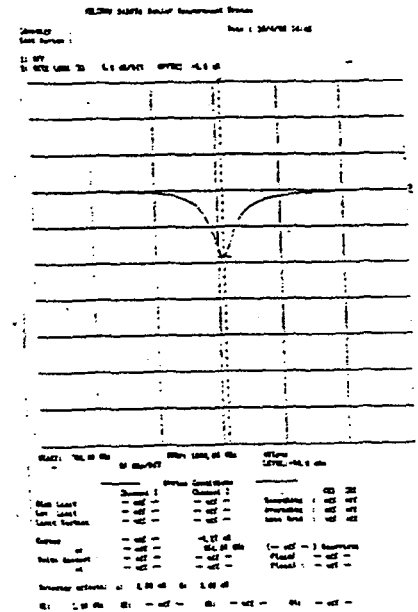


그림 8. 간격 $L_2=25\text{mm}$
Fig. 8. Gap $L_2=25\text{mm}$.

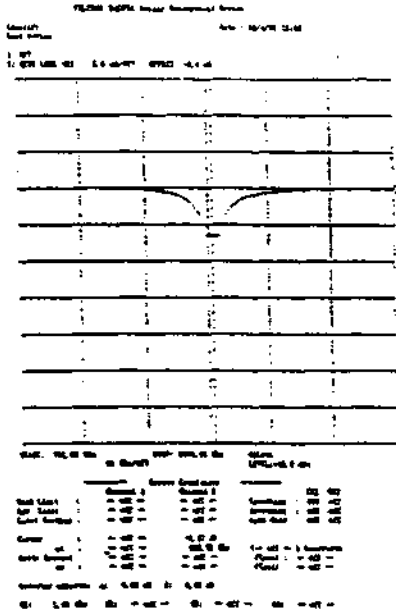


그림 9. 간격 $L_y=20\text{mm}$
Fig. 9. Gap $L_y=20\text{mm}$.

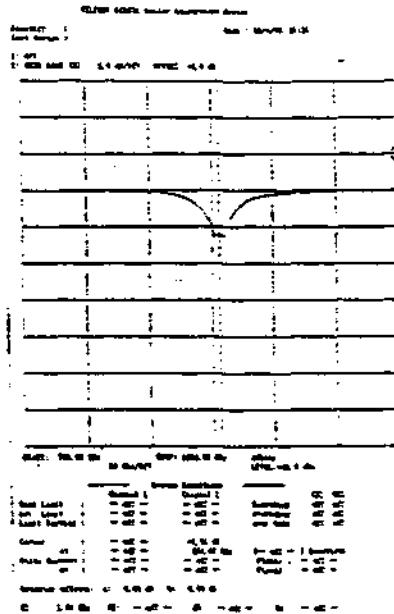


그림 10. 간격 $L_y=15\text{mm}$
Fig. 10. Gap $L_y=15\text{mm}$.

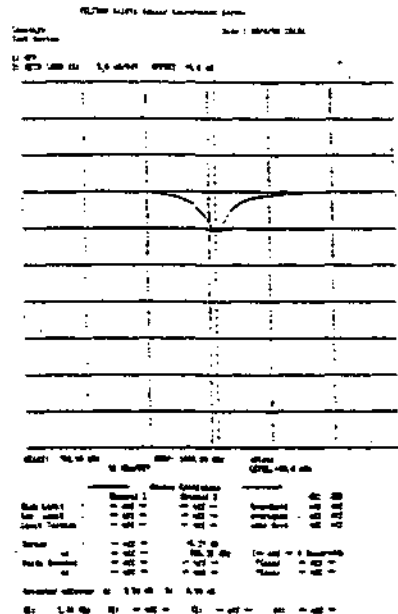


그림 11. 간격 $L_y=10\text{mm}$
Fig. 11. Gap $L_y=10\text{mm}$.

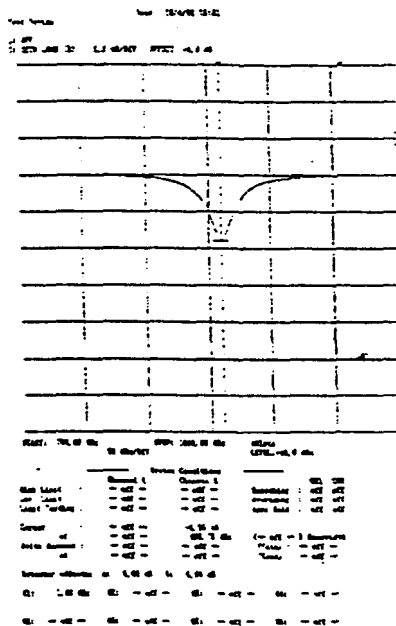


그림 12. 간격 $L_y=5\text{mm}$
Fig. 12. Gap $L_y=5\text{mm}$.

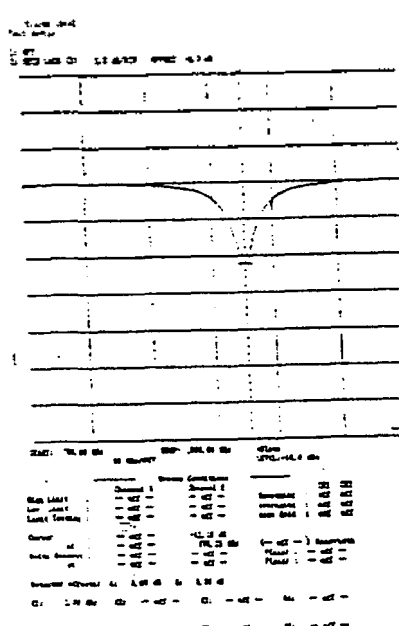


그림 13. 간격 $L_y=0\text{mm}$
Fig. 13. Gap $L_y=0\text{mm}$.

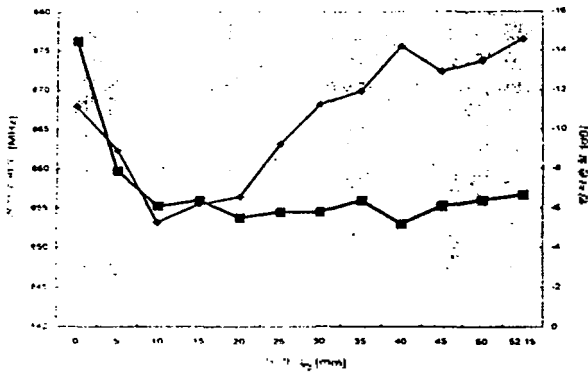


그림 14. 간격 L_g 의 변화에 따른 QMSA의 공진주파수 및 반사 손실
 Fig. 14. Resonant frequencies and return losses of QMSA according to the variance of gap L_g .

V. 결 론

안테나 기술은 이동 통신 기술의 발전과 더불어 크게 향상되어졌으나 마이크로스트립 안테나의 경우 그라운드 판이 작을 때 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 양호한 마이크로스트립 안테나가 요구되어지고 있다.

본 연구에서는 주파수 850MHz대 이동 통신 단말기의 내장용 안테나로 적합하다고 생각되는 즉 방사 패치의 길이가 공진 주파수의 $\lambda/4$ 에 해당하는 구형 마이크로스트립 패치 안테나(QMSA)를 설계·제작하였다.

먼저 가장 특성이 좋은 급전점을 실험에 의하여 선정 한 다음 방사 패치와 그라운드 판과의 간격 L_g 을 처음에는 2.15mm 다음에는 5mm 간격으로 잘라가면서 공진 주파수와 반사 손실을 측정 한 결과 그라운드의 길이가 방사 패치의 길이보다 2배인 경우 예상한대로 공진 주파수 856.75MHz, 반사 손실 -14.56(dB)의 양호한 결과가 나왔으나, 이 둘 사이의 간격이 10mm 이하로 좁아짐에 따라 예상과 달리 반대로 특성이 좋아지는 결과를 얻었다.

물론 안테나 제작과 측정의 부정확함을 고려하더라도 이에 대해 더 많은 연구가 이루어 져야 할 것으로 생각 된다.

참 고 문 헌

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. A. Paul, V. Brown and A.R. Noerpel, "PATTERN DIVERSITY ANTENNAS FOR MOBILE COMMUNICATION," *Proc. of URSI International Symposium on Electromagnetic Theory*, pp. 108-110, Aug. 1992.
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. Z.D. Liu, P.S. Hall and D. Wake, "DUAL FREQUENCY PLANAR CIRCULARLY POLARIZED ANTENNA AT S AND L BANDS," *IEE 10th ICAP*, vol. 1, pp. 378-380, Apr. 1997.
7. T.D. Ormliston, 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.

▲류 현(Hyun-Ryu)

1956년 12월 5일생



1983년 2월: 조선대학교 공과대학 전자공학과 졸업(학사)
 1985년 2월: 조선대학교 대학원 졸업(석사)
 1999년 2월: 조선대학교 대학원 졸업(박사)
 1992년 9월~현재: 목포 과학대학 정보통신과 교수

*주관심분야: 마이크로스트립 안테나, 수중음향

▲박 성 교(Sung-Kyo Park)

1955년 8월 12일생



1981년 2월: 조선대학교 공과대학 전자공학과 졸업(학사)
 1984년 8월: 조선대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)
 1996년 2월: 조선대학교 대학원 전기공학(전자공학 전공) 졸업(박사)
 1985년 1월~현재: 조선대학교 전자·정보통신공학부 강사

*주관심분야: 마이크로스트립 안테나 설계 및 해석

▲박 증 백(Chong-Back Park)

1945년 3월 16일생



1971년 2월: 조선대학교 공과대학 전기공학과 졸업(학사)
 1980년 9월: 조선대학교 대학원 졸업(석사)
 1972년 3월~현재: 조선대학교 전자·정보통신공학부 교수

*주관심분야: 전자회로 설계, 마이크로웨이브 공학