

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.5.163>
JIIBC 2019-5-23

그물의 투명도에 따른 그물망 SF-MPAA의 특성 분석

Characteristic Analysis of Meshed SF-MPAA Characteristics depend on Mesh Transparency

기현철*

Hyeon-Cheol Ki*

요약 본 논문에서는 그물의 투명도를 0%에서 90.7%까지 증가시켰을 때 투명도 변화가 그물망 SF-MPAA(Series Fed Microstrip Patch Array Antenna)에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 그물망 방사패치, 그물망 접지면, 그물망 방사패치 및 접지면의 3가지 경우의 SF-MPAA를 설계하였다. 그리고 각 경우에 그물 투명도를 변화시켜가며 SF-MPAA의 특성을 조사하였다. 방사패치를 그물망으로 구현한 경우 이득이 18.8% 감소하고 동작주파수가 5.5% 낮아졌다. 접지면을 그물망으로 구현한 경우 이득이 15.4% 감소하고 동작주파수가 5.56% 낮아졌다. 방사패치와 접지면을 모두 그물망으로 구현한 경우 이득이 31.94% 감소하고 동작주파수가 7.6% 낮아졌다. 한편, 대역폭과 SLL(Side Lobe Level)은 그물망 투명도 변화에 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다.

Abstract In this paper, We investigated the effects of the transparency variations from 0% to 90.7% on meshed SF-MPAA(Series Fed Microstrip Patch Array Antenna). For this, we designed SF-MPAA in 3 cases that is meshed radiation patches, meshed GND, and meshed radiation patches plus GND. And we investigated the characteristics of SF-MPAA depend on the variations of transparency in each case. In the case of meshed radiation patches, the gain decreased by 18.8% and the operating frequency is lower by 5.5%. In the case of meshed GND, the gain decreased by 15.4% and the operating frequency is lower by 5.56%. In the case of meshed radiation patches plus GND, the gain decreased by 31.94% and the operating frequency is lower by 7.6%. However, the bandwidth and the SLL(Side Lobe Level) did not show apparent tendency on the the variations of transparency.

Key Words : meshed conductor, meshed Antenna, MPAA, array antenna, side lobe

1. 서론

SF-MPAA(Series Fed Microstrip Patch Array Antennas)는 얇고 경량이며 콤팩트하고 최소화된 입력 회로의 장점으로 통신 및 초고주파 센서 등에서 널리 사

용된다. 최근에는 패치폭 테이퍼링으로 SLL(Side Lobe Level)을 최소화하여 자동차용 충돌방지 레이더로 활용하기도 한다. 한편, 최근 보이지 않는(invisible) 안테나 혹은, 투명(transparent)안테나에 대한 관심이 증가하고 있다. 투명 안테나는 여러 가지 응용에서 활용될 수 있다.

*정회원, 가천대학교 전자공학과
접수일자 2019년 8월 20일, 수정완료 2019년 9월 20일
계재확정일자 2019년 10월 4일

Received: 20 August, 2019 / Revised: 20 September, 2019 /
Accepted: 4 October, 2019
*Corresponding Author: hcki@gachon.ac.kr
Dept. of Electronic Engineering, Gachon University, Korea

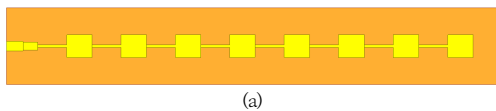
건물이나 차량의 창 유리나 같은 투명한 물체를 기반으로 하여 구현될 수도 있고 태양전지 패널에 함께 집적하여 되어 별도의 안테나 면적 없이 구현될 수도 있는 등 다양한 분야에서 유용하게 응용될 수 있다^[1-2]. 투명성을 확보하는 방법은 투명도체를 이용하는 방법과 그물망 도체로 구현하는 방법이 있으며 여기서는 그물망 도체로 구현하는 방법에 국한하여 다루고자한다. 투명 안테나를 그물망 도체로 구현할 경우 사용되는 도체는 투명하지 않아도 되므로 어떤 도체든지 자유로이 사용될 수 있으며 도체성 잉크를 사용한 잉크젯 프린터로도 구현이 가능하다. 또한, 도체 면을 그물망으로 할 경우 가볍고 유연해 지므로 웨어러블 디바이스(wearable device)에도 적합한 특성을 띠게 된다. 가볍고 얇은 특성은 위성용 안테나로의 응용에도 적합하다.

그물망 도체(meshed conductor)로 만들어진 안테나는 면 도체(solid conductor)로 만들어진 안테나에 비해 이득이 저하되고 공진주파수가 낮아지는 경향이 있다. 이러한 경향은 도체 면적의 비율을 적절히 조절함으로써 최소화시킬 수 있으며 이에 대한 연구가 진행되고 있다.^[3-5]

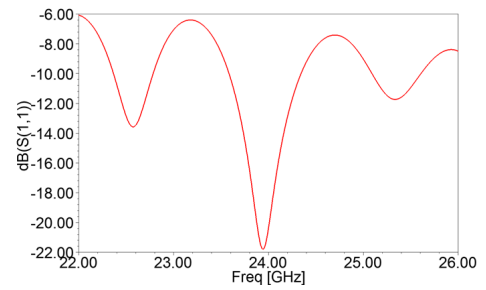
본 논문에서는 자동차용 충돌방지 레이더나 5G통신에서 사용될 수 있는 SF-MPAA 안테나를 24GHz ISM 밴드에서 온전한 도체면으로 설계하여 그 특성을 분석한 후 접지(GND)면과 패치(patch)면을 차례로 그물망(mesh)으로 변환하여 그물망의 투명도(TP; transparency)에 따른 SF-MPAA안테나의 이득, 사이드 로브(SLL; Side Lobe Level), 공진주파수(f_0), 대역폭(BW)등 안테나의 특성 변화를 분석하고자 한다.

II. 24GHz ISM밴드의 SF-MPAA설계

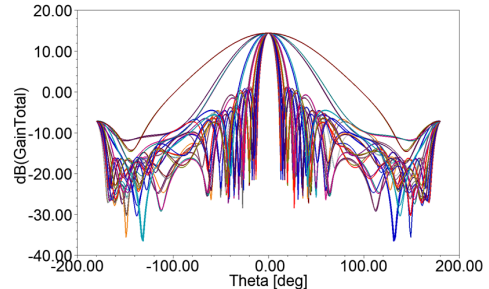
온전한 도체면일 때의 24GHz ISM 밴드에서 작동하는 SF-MPAA의 안테나를 설계하기 위해 유효 비유전율이 3.48이고 두께가 20mil인 Rogers사의 Ro4350 기판을 이용하였다.



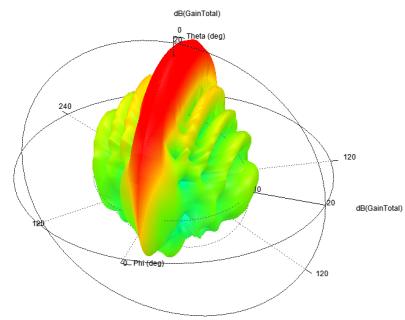
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 1. 온전한 도체면으로 설계된 SF-MPAA

(a) SF-MPAA 구조 (b) 반사계수 (c) 안테나 이득 (d) 방사 패턴

Fig 1. SF-MPAA designed by solid conductors

(a) Structure of the SF-MPAA (b) Reflection coefficient (c) Antenna gain (d) Radiation pattern

그림 1(a)는 설계된 SF-MPAA 안테나의 구조를 보여준다. 8개의 균일한 크기의 방사체로 구성된 플랫폼(flat)한 구조의 SF-MPAA이다. 입력단에 인가된 신호는 10mm의 50Ω 마이크로스트립선을 통해 안테나로 인가되도록 하였으며 $\lambda/4$ 변환기(quarter wave transformer)로 정합하였다. 그림 1(b)는 안테나의 반사계수로서 24GHz에서 동작하도록 설계되었으며 -10dB 대역폭(BW)은 770MHz이다. 그림 1(c)는 24GHz에서의 이득 특성으로 이득(gain)이 14.37dB이고 SLL(Side Lobe Level)은 13.25dB이다. 그림 1(d)는 안테나의 방사 패턴을 3차원으로 보여주고 있다.

III. 그물망 SF-MPAA의 특성

SF-MPAA의 특성을 분석하기 위해 그물망의 구조를 그림 2에서 보인 바와 같이 구성하였다. 작은 사각형은 그물망의 빈 공간이고 나머지는 도체로 채워져 있다. 따라서 그물망의 투명도(TP; transparency)는 다음과 같이 정의된다.

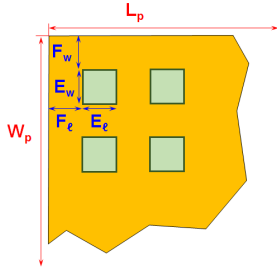


그림 2. 그물망의 구조
 Fig. 2. Structure of meshes

$$\begin{aligned}
 \text{투명도}(TP) &= \frac{\text{공백 면적}}{\text{그물망 면적}} \times 100 & (1) \\
 &= \frac{F_w F_l}{(F_w + E_w)(F_l + E_l)} \times 100 \\
 \begin{matrix} F_w = F_l = F \\ E_w = E_l = E \end{matrix} &= \frac{F^2}{(F + E)^2} \times 100 \\
 \begin{matrix} E = P_e F \end{matrix} &= \frac{1}{(1 + P_e)^2} \times 100 \quad [\%]
 \end{aligned}$$

여기서, \$P_e = E/F\$이다.

SF-MPAA의 특성 분석을 위한 그물망은 방사 패치만을 그물망으로 할 경우, 접지면만을 그물망으로 할 경우 및 방사 패치만과 접지면을 모두 그물망으로 할 경우의 3가지 경우로 설정하여 각 경우의 그물망에 의한 영향을 비교해 볼 수 있도록 하였다. 그물망의 크기는 \$0.25\lambda\$ 이하에서 투명도의 영향을 비교적 덜 받으므로^[6] \$0.11\lambda\$로 설정하여 높은 투명도에서도 SF-MPAA 안테나가 정상 동작할 수 있음을 보이고자했다.

그림 3은 방사 패치를 투명도가 90.7%인 그물망으로 구성한 SF-MPAA의 특성을 보여준다. 그림 3(a)는 SF-MPAA가 방사패치를 투명도가 90.7%인 그물망으로 구성한 SF-MPAA 안테나의 모습을 보여준다. 투명도가 90.7%이므로 방사패치가 매우 가는 선의 그물로 이루어져 있다. 그림 3(b)는 SF-MPAA 안테나의 동작 주파수가 22.67GHz로 1.33GHz 만큼 낮아 졌음을 보여준다. 대

역폭(BW)도 580MHz로서 190MHz 만큼 줄어들었음을 보여준다. 그림 3(c)는 동작 주파수에서의 이득(gain)으로 11.67dB로서 2.7dB만큼 감소했으나 SLL은 13.80dB로서 큰 변동 없이 비교적 일정하게 유지되었다. 그림 3(d)는 SF-MPAA 안테나의 3차원 방사패턴으로 이득은 조금 감소했어도 방사패턴은 거의 일정하게 유지되고 있음을 보여준다.

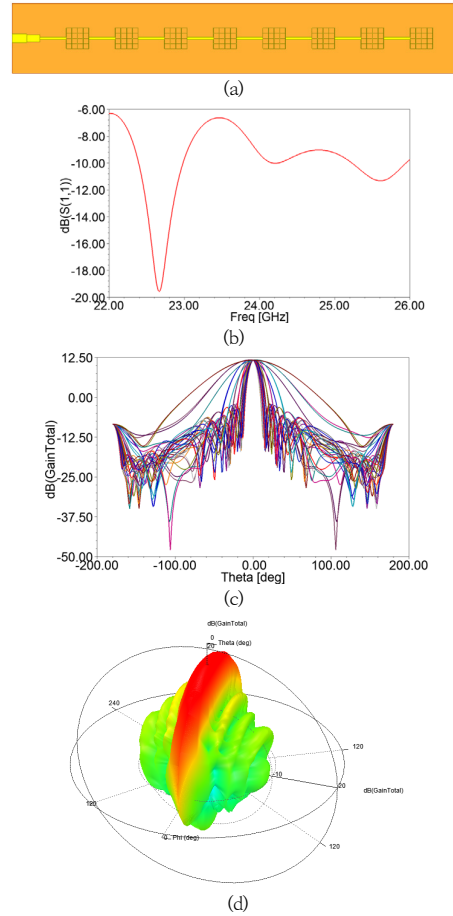


그림 3. 방사 패치를 투명도가 90.7%인 그물망으로 설계한 SF-MPAA (a) SF-MPAA 구조 (b) 반사계수 (c) 안테나 이득 (d) 방사 패턴

Fig. 3. SF-MPAA designed by meshed radiation patches of 90.7% transparency (a) Structure of the SF-MPAA (b) Reflection coefficient (c) Antenna gain (d) Radiation pattern

IV. 투명도에 따른 SF-MPAA의 특성

방사패치를 그물망으로 한 경우, 접지면을 그물망으로

로 한 경우 및 방사패치와 접지면 모두를 그물망으로 한 경우의 3가지 경우에 대해 투명도(TP) 변화에 따른 특성을 분석하였다. 그림 4는 방사패치를 그물망으로 했을 때의 투명도(TP) 변화에 따른 SF-MPAA 안테나의 특성 변화를 보여준다.

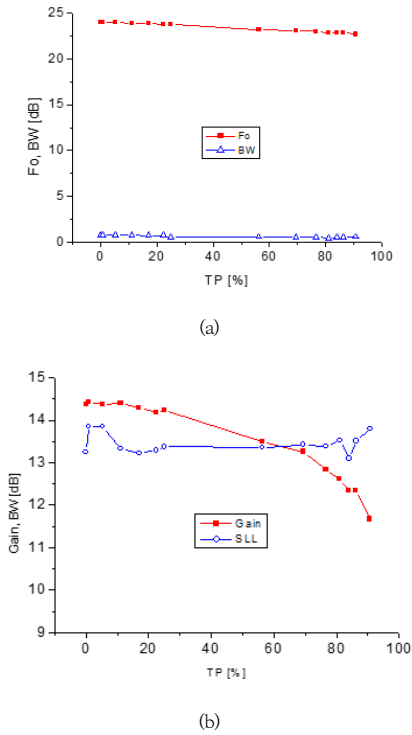


그림 4. 방사패치를 그물망으로 한 경우 SF-MPAA의 특성 (a) 동작주파수와 대역폭 특성 (b)이득과SLL 특성
Fig. 4. Characteristics of SF-MPAA in case of meshed radiation patches (a)Characteristics of fo and BW (b)Characteristics of gain and SLL

그림 4(a)는 방사패치의 투명도 변화에 따른 동작주파수와 대역폭의 변동을 보여주고 있다. 안테나의 동작주파수의 경우 투명도를 0에서 90.7%까지 증가시켰을 때 감소가 -5.5%이내로서 비교적 잘 유지되고 있었다. 반면에 대역폭의 경우 투명도를 90.7%까지 증가시켰을 때 32.5%의 변동을 보여 투명도가 동작주파수보다는 대역폭에 더 큰 영향을 미치고 있음을 볼 수 있었으나 경향성은 적었다.

그림 4(b)는 방사패치의 투명도 변화에 따른 이득과 SLL의 변동을 보여주고 있다. 안테나 이득의 경우 투명도를 0에서 90.7%까지 증가시켰을 때 감소가 -18.8%까지 감소하여 81.20%의 이득을 유지하고 있었다. 반면에

SLL의 경우 투명도 변화에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며 투명도를 90.7%까지 증가시켰음에도 SLL의 변동율이 4.2%에 지나지않아 투명도에 영향을 거의 받지않음을 알 수 있었다.

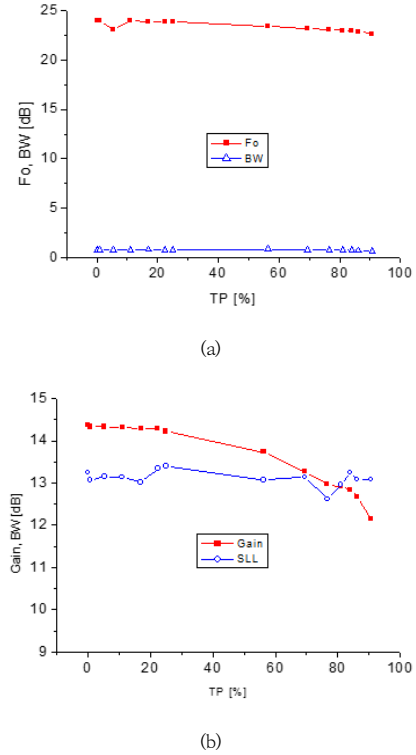


그림 5. 접지면을 그물망으로 한 경우 SF-MPAA의 특성 (a) 동작주파수와 대역폭 특성 (b)이득과SLL 특성
Fig. 5. Characteristics of SF-MPAA in case of meshed GND (a)Characteristics of fo and BW (b)Characteristics of gain and SLL

그림 5는 접지면을 그물망으로 했을 때의 투명도(TP) 변화에 따른 SF-MPAA 안테나의 특성 변화를 보여준다. 그림 5(a)는 접지면의 투명도 변화에 따른 동작주파수와 대역폭의 변동을 보여주고 있다. 안테나의 동작주파수의 경우 투명도를 0에서 90.7%까지 증가시켰을 때 감소가 -5.56%이내로서 비교적 잘 유지되고 있었다. 한편, 대역폭의 경우 투명도를 90.7%까지 증가시켰을 때 -18.7%의 변동을 보였으나 그물망 패치의 경우에 비해 변동 폭도 적고 경향도 뚜렷하지 않아 접지면의 투명도가 대역폭에 그다지 영향을 미치고 않음을 알 수 있었다.

그림 5(b)는 접지면의 투명도 변화에 따른 이득과 SLL의 변동을 보여주고 있다. 안테나 이득의 경우 투명도를 0에서 90.7%까지 증가시켰을 때 감소가 -15.4%까

지 감소하여 84.6%의 이득을 유지하고 있었다. 반면에 SLL의 경우 투명도 변화에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며 투명도를 90.7%까지 증가시켰음에도 SLL의 변동율이 3.2%에 지나지 않아 투명도에 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있었다.

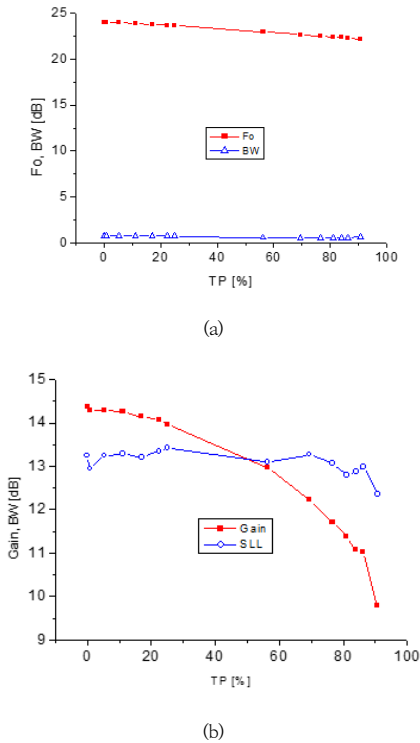


그림 6. 방사패치와 접지면을 그물망으로 한 경우 SF-MPAA의 특성 (a)동작주파수와 대역폭 특성 (b)이득과SLL 특성
 Fig. 6. Characteristics of SF-MPAA in case of meshed radiation patches and GND (a)Characteristics of fo and BW (b)Characteristics of gain and SLL

그림 6은 방사패치와 접지면을 그물망으로 했을 때의 투명도(TP) 변화에 따른 SF-MPAA 안테나의 특성 변화를 보여준다. 그림 6(a)는 투명도 변화에 따른 동작주파수와 대역폭의 변동을 보여주고 있다. 안테나의 동작주파수의 경우 투명도를 0에서 90.7%까지 증가시켰을 때 감소가 -7.6%이내로서 투명도 증가에 따라 감소하고 있음을 보여준다. 대역폭의 경우 투명도를 90.7%까지 증가시켰을 때 29.5%의 변동을 보였으나 경향성은 뚜렷하지 않아 투명도의 증가가 대역폭을 감소시킨다고 단정할 수는 없다.

그림 6(b)는 투명도 변화에 따른 이득과 SLL의 변동을 보여주고 있다. 안테나 이득의 경우 투명도를 0에서

90.7%까지 증가시켰을 때 감소가 -31.9%까지 감소하여 68.1%의 이득을 유지하고 있었다. 반면에 SLL의 경우 투명도 변화에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며 투명도를 90.7%까지 증가시켰음에도 SLL의 변동율이 8%에 지나지 않아 경향성도 뚜렷하지 않아 투명도에 영향을 거의 받지 않는 것으로 판단되었다.

V. 결 론

SF-MPAA 안테나의 그물망 투명도(TP) 변화에 따른 안테나의 특성 변화를 방사패치를 그물망으로 한 경우, 접지면을 그 물망으로 한 경우 및 방사패치와 접지면 모두를 그물망으로 한 경우의 3가지 경우로 나누어 조사하였다. 3가지 경우 공통적으로 그물망 투명도(TP)가 높아질수록 안테나 이득이 저하되고 동작주파수가 낮아지는 특성을 보였다. 한편, 접지면을 그 물망으로 한 경우보다는 방사패치를 그물망으로 한 경우가 투명도의 영향을 더 많이 받았으며 방사패치와 접지면 모두를 그물망으로 한 경우는 두 경우의 어느쪽 보다도 더 많은 영향을 보였다. 반면에 대역폭이나 SLL은 그물망 투명도 변화에 크게 영향을 받거나 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다.

결과적으로 그물의 크기를 0.1λ정도로 설계할 경우 안테나의 성능 저하를 30% 이내로 유지하면서 투명도를 90% 정도까지 얻는 전체 그물망SF-MPAA 안테나의 구현이 가능함을 알 수 있었다.

References

- [1] H.C. Ki, "A Study on the effects of CSRR-metamaterial on Microstrip Comb-line Array Antennas", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 17, No. 5, pp.187-192, Oct. 31, 2017. <https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.5.187>
- [2] H.C. Ki, "A Study on Waveguide to Microstrip Antipodal Transition for 5G cellular systems", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, VOL. 15 No. 4, pp.185-190, Aug. 31, 2015. <http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.4.185>
- [3] Y. Nam and M. Kim "Analysis of Signal Transmission Characteristics on Meshed Ground Plane", International Journal of Control and Automation Vol.10, No.8, pp.145-154, 2017. <http://dx.doi.org/10.14257/ijca.2017.10.8.13>
- [4] H.C. Ki, "A Study on Microstrip Patch Array Antenna Integrated on SIW Network for SoS", The Journal of

The Institute of Internet, Broadcasting and Communication,
Vol. 18, No. 5, pp.63-68, Oct. 31, 2018.

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.5.63>

- [5] T. Yasin, R. Barktur, T. Turpin and J. Arellano, "Analysis and Design of Highly Transparent Meshed Patch Antenna Backed by a Solid Ground Plane", Progress In Electromagnetics Research M, Vol. 56, pp.133-144, 2017.
- [6] H.C. Ki, "Effects of Mesh Structure Variations of Meshed Ground on Microstrip Comb Array Antenna ", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 18, No. 6, pp.69-74, Dec. 31, 2018.<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.6.69>

저 자 소 개

기 현 철(정회원)



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업.(공학사)
- 1986년 8월 : 한양 대학교 대학원 전자공학과 졸업.(공학석사)
- 1992년 2월 : 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업.(공학박사)
- 1986년 ~ 1989년 : 한국 전자통신연구원 연구원.

- 1996년 ~ 1997년 : 미국 조지아공대 post.doc
- 2010년 ~ 2012년 : 미국 UCLA 객원교수
- 1992년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 전자공학과 교수.
- 주관심분야 : RF회로설계, RF 및 mmW 부품 설계, Meta-material 응용 및 안테나설계