

기생 소자를 이용한 3중 대역 모노폴 안테나 SAR 저감 설계

Design of Triple-Band Planar Monopole Antenna Having a Parasitic Element with Low SAR Using a Reflector

봉한울 · Niamat-Hussain · 정민주 · 이승엽* · 김남

HanUl Bong · Niamat Hussain · MinJoo Jeong · SeungYup Lee* · Nam Kim

요 약

본 논문에서는 WLAN(Wireless Local Area Network) 대역의 2.4 GHz, 5.8 GHz와 5G 대역의 3.5 GHz에서 사용가능한 3중 대역 모노폴 안테나를 설계하였으며, 제안된 안테나의 크기는 $100 \times 75 \times 1.6 \text{ mm}^3$ 로 기생소자를 사용하여 3중 대역 모노폴 안테나를 구현하였다. 또한 제안된 안테나로부터 $\lambda/4$ 떨어진 거리에 반사판을 설치함으로써 각 동작주파수들에서의 이득 향상과 SAR(Specific Absorption Rate)을 저감시켰다. 제작한 안테나를 측정한 결과, 반사 계수 -10 dB 이하 기준으로 540 MHz(2.02~2.56 GHz), 390 MHz(3.39~3.78 GHz) 그리고 1,210 MHz(5.56~6.77 GHz)에 해당하는 대역폭을 얻었다. 국제기준에서 요구하는 SAR 기준대비 2.4 GHz에서는 85.12 % 감소했고, 3.5 GHz에서는 50.06 %, 5.8 GHz에서는 36.87 % 감소하였다. 그러므로 제안된 안테나는 국제기준 SAR을 만족하며, WLAN과 5G 대역의 통신에서 사용할 수 있다.

Abstract

In this study, a triple-band antenna that can be used in WLAN(Wireless Local Area Network) at 2.4 GHz, 5.8 GHz, and 5G at 3.5 GHz is fabricated. The proposed antenna uses a parasitic element to show the triple band, and the reflector is used at a distance of $\lambda/4$ from the antenna to reduce the Specific Absorption Rate(SAR). Its dimensions are $100 \times 75 \times 1.6 \text{ mm}^3$ and each parameter value is optimized for better performance and a lower SAR value. As a result, we obtained a bandwidth of 540 MHz(2.02~2.56 GHz), 390 MHz(3.39~3.78 GHz), and 1,210 MHz(5.56~6.77 GHz) based on the reflection loss factor of -10 dB . In addition, the SAR values of the antenna with reflector are observed to reduce below the SAR value of international standard.

Key words: 5G Application, Parasitic Element, Reflector, Triple-Band, WLAN Application

I. 서 론

최근 무선 기술 발전과 다양한 무선 통신이 빠른 속도로 발전하고 있으며, LTE, WLAN, 5G 같은 무선통신 기술이 많은 주목을 받았다. 이런 다기능 무선통신을 만족

시키기 위해 넓은 동작주파수, 안정된 이득과 방사패턴을 갖는 안테나가 요구된다. 일반적으로 평면형 다이폴 안테나는 넓은 임피던스 대역폭과 높은 안테나 이득 특성을 가지고 있기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다^[1].

한편, 다양한 무선통신 시스템에 적응하기 위해서, 다

충북대학교 정보통신공학부(Department of Information & Communication Engineering, Chungbuk National University)

*전남대학교 전자통신공학과(Department of Electronic Communication Engineering, Chonnam University)

· Manuscript received November 28, 2018 ; Revised January 14, 2019 ; Accepted January 30, 2019. (ID No. 20181128-08S)

· Corresponding Author: Nam Kim (e-mail: namkim@chungbuk.ac.kr)

중 동작 주파수를 갖는 안테나가 필요하다. 이런 여러 대역 폭을 만족시키기 위해 다양한 다중 동작 안테나에 대한 연구가 진행되었다. 멀티밴드 안테나는 별다른 필터 없이도 불필요한 대역을 억제시켜 비용 면에서 효율적이다. 이를 위한 브랜치 라인 커플러의 급진 기법을 이용한 CP 안테나^[2], 나선형 공진기를 사용한 안테나^[3], 밴드갭(EBG) 공진기 안테나^[4] 그 외에도 T모양 슬릿을 이용한 안테나^[5], L모양 슬릿을 이용한 안테나^[6] 등 슬릿을 이용한 멀티밴드 안테나가 개발되고 있다^{[7]~[10]}. 하지만 이런 안테나들은 구조가 복잡하거나 부피가 크고, 이중 동작대역에 한한다.

또한, SAR(Specific Absorption Rate)은 무선 통신 안테나의 설계에 중요한 요소이다. SAR은 전자파가 인체에 흡수되는 에너지의 양(단위: W/kg)을 나타내는 단위이다. 현재 우리나라는 국제권고기준인 2 W/kg보다 엄격한 값인 1.6 W/kg을 적용하고 있다.

본 논문에서는 기존의 모노폴 안테나에 기생소자를 추가하여 WLAN 대역의 2.4~2.484 GHz, 5.75~5.85 GHz와 5G 대역의 3.4~3.7 GHz에서 사용가능한 3중 대역 모노폴 안테나를 제안하였으며, 제안하는 안테나에 반사판을 설치함으로써 SAR을 저감시켰다.

II. 안테나 구조 및 설계

2-1 기생소자가 추가된 안테나

결함 접지 구조(defected ground structure: DGS)^[11]는 접지면에 슬롯이나 슬릿을 통해 접지면 구조를 변형시킨 것이다. 접지면의 결함 모양과 크기를 변형시켜 전송선로의 임피던스를 조정할 수 있다. 또한 결함을 적용했을 때, 유전율이 높아짐으로써 선로의 길이가 감소한다. 결과적으로 DGS를 통해 안테나의 경량화 효과를 누릴 수 있다. 제안된 안테나는 앞면에 H자 모양을 포함한 결함 접지 구조를 바탕으로 한 접지면과 뒷면에 모노폴 안테나를 연결하여 배치하였다. 비아를 통해 모노폴 안테나와 접지면을 연결해 주고 있다. 또한, 중심 모노폴 주위로 기생소자를 추가하여 삼중대역을 가지는 반사계수 특성을 구현할 수 있도록 하였다. 그림 1은 제안된 안테나의 구조로 총 크기는 $100 \times 75 \text{ mm}^2$ 이며, 기판은 1.6 mm 두께의 FR4($\epsilon=4.6$) 기판 위에 인쇄되었다. 시뮬레이션 툴인 CST microwave

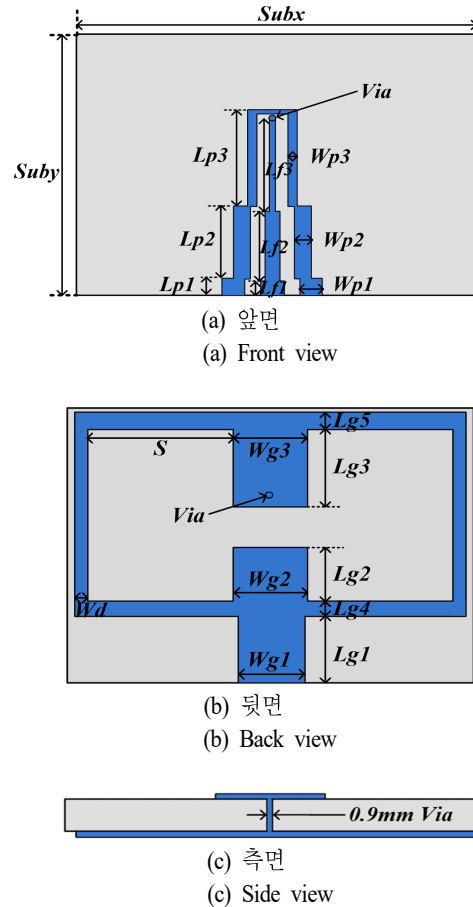


그림 1. 제안된 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of proposed antenna.

studio를 사용하여 시뮬레이션을 진행하였다.

제안하는 안테나 앞면에 기생소자를 추가하지 않았을 때, 약 1~4 GHz의 대역폭을 가지는 광대역안테나^[11]였으나, 앞면 모노폴 안테나 주위에 기생소자를 추가함으로써 삼중대역의 동작주파수를 구현했으며, 그에 따른 반사 계수 결과는 그림 2와 같다.

또한, 기생소자가 삼중대역 구현에 미치는 영향을 기생소자 생성 단계에 따른 반사계수의 변화를 통해 확인하였다. 중심 모노폴 안테나를 둘러싸고 있는 계단 모양의 기생소자를 각각 1단(그림 3의 안테나 1), 2단(그림 3의 안테나 2), 그리고 3단(그림 3의 안테나 3) 단계별로 적층한 그림 3에서 반사계수를 비교하였다. 기생소자를 1단만 적층시켰을 때, 기생소자가 없을 때와 같이 저주파 영

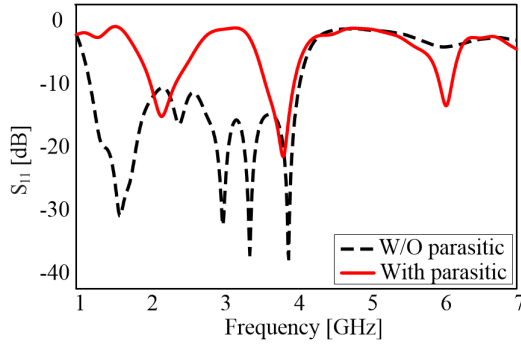


그림 2. 기생소자를 추가한 안테나의 반사계수

Fig. 2. Simulated reflection coefficients of antenna with parasitic and without parasitic.

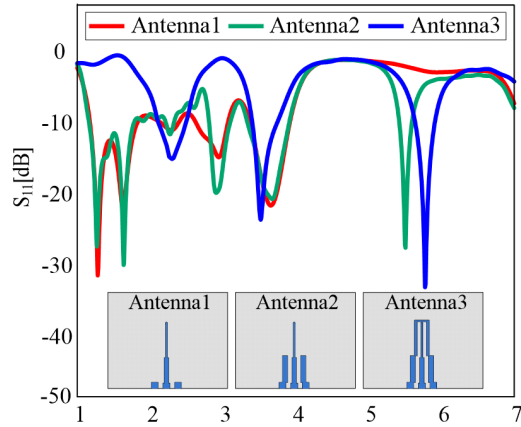
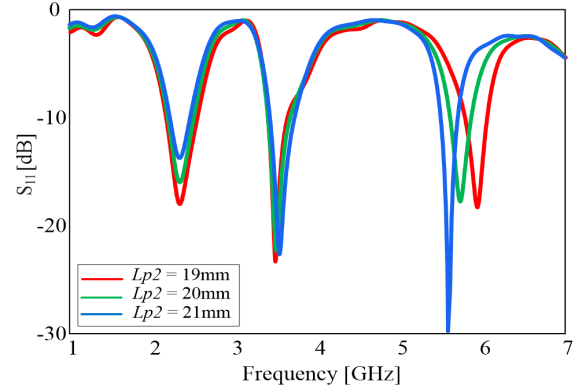


그림 3. 기생소자를 모양에 따른 안테나 반사계수의 변화
Fig. 3. Simulated reflection coefficient for parasitic elements shape.

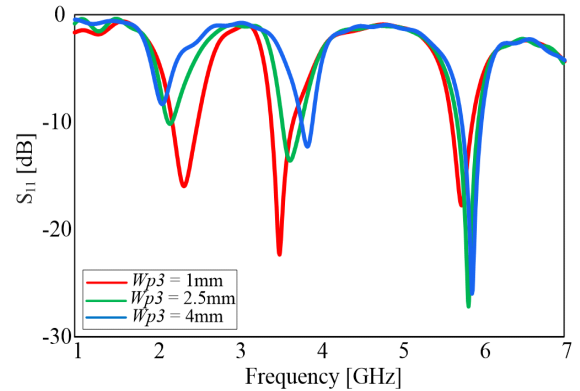
역에서 광대역 반사계수 특성을 가진다. 또한 그 위에 2 단을 적층시키면 WLAN 대역(5.8 GHz)에서 공진특성이 나타났다. 마지막으로 모노폴의 길이와 비례한 기생소자를 3단으로 적층시킴으로 3중 대역 특성을 구현하였다. 이렇게 3중대역을 구현한 뒤, 기생소자에 사용된 각 파라미터 변화에 따른 반사계수에 대한 시뮬레이션을 실시하였으며, 여러 개의 파라미터들 중 대표적인 2개의 값을 그림 4에 나타내었다.

그림 4(a)와 같이 $Lp2$ 길이 변화 시 5.8 GHz 대역의 공진점에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 그러므로 시뮬레이션 결과에 따라 5.8 GHz(WLAN)에 해당하는 주파수 대



(a) $Lp2$ 값의 변화에 따른 반사계수

(a) Simulated reflection coefficients for various $Lp2$ values



(b) $Wp3$ 값의 변화에 따른 반사계수

(b) Simulated reflection coefficients for various $Wp3$ values

그림 4. 기생소자 파라미터 값의 변화에 따른 반사계수
Fig. 4. Simulated reflection coefficient for various parasitic elements values.

역을 구현할 수 있도록 최적의 $Lp2$ 값을 20 mm로 설정하였다.

또한, 그림 4(b)와 같이 $Wp3$ 넓이 변화 시 2.4 GHz와 3.4 GHz 대역의 공진점에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과에 따라 WLAN 2.4 GHz와 5G의 3.4 GHz에 해당하는 주파수 대역을 구현할 수 있도록 최적의 $Wp3$ 값을 1 mm로 설정하였다.

CST 시뮬레이션을 통해 각각의 파라미터 값들을 목표 대역폭을 만족하면서 임피던스 이득을 만족하는 최적의 값으로 설정하였다. 이와 같은 시뮬레이션 과정을 통해 제안된 안테나 각각의 최적 파라미터 값들은 표 1과 같

표 1. 제안한 안테나의 최적 파라미터

Table 1. Optimal parameters of proposed antenna.

Parameter	Value(mm)	Parameter	Value(mm)
<i>subx</i>	100	<i>Lf1</i>	4
<i>suby</i>	75	<i>Lf2</i>	20
<i>s</i>	135	<i>Lf3</i>	27
<i>Wd</i>	3	<i>Wf1</i>	3.2
<i>Wg1</i>	16	<i>Wf2</i>	2
<i>Wg2</i>	16	<i>Wf3</i>	0.5
<i>Wg3</i>	18	<i>Lp1</i>	6
<i>Lg1</i>	18	<i>Lp2</i>	20
<i>Lg2</i>	15	<i>Lp3</i>	28
<i>Lg3</i>	21	<i>Wp1</i>	6.5
<i>Lg4</i>	4	<i>Wp2</i>	5.5
<i>Lg5</i>	4	<i>Wp3</i>	1

다. 시뮬레이션 결과, 낮은 대역에서는 WLAN의 2.4 GHz 대역을 만족하는 2.114~2.503 GHz를, 높은 대역에서는 5.8 GHz 대역을 만족하는 5.627~5.923 GHz를, 그리고 중간에 위치한 대역에서는 5G 대역을 만족하는 3.3891~3.7002 GHz를 구현하였다.

2-2 반사판이 추가된 안테나

반사판은 안테나 이득을 향상시키고 SAR을 저감시키기 위해 사용되었다. 그림 5에서 안테나와 안테나에 적용된 반사판의 모습을 확인할 수 있다. 반사판을 추가하여 시뮬레이션을 수행한 결과, 안테나에 반사판 유무와 상관없이 반사계수가 거의 유사하였다. 그림 6을 통해 반사판과 안테나간의 상호 매칭이 잘 이루어짐을 확인하였다. 반사판과 안테나 사이의 최적화된 거리는 임피던스 정합에 따른 $\lambda/4(25\text{ mm})$ 이다. 25 mm 거리를 기준으로 안테나 거리에 따른 반사계수 변화를 시뮬레이션하였고, 이는 그림 7과 같다. 거리에 따라 대역폭 특성이 변화하는데 임피던스 특성과 이득을 고려하여 최적의 값 25 mm로 설정하였다.

안테나에 반사판이 없을 때, 시뮬레이션 최대이득은 2.4 GHz에서 약 4.02 dB, 3.5 GHz에서 약 2.38 dB 그리고 5.8 GHz에서 약 0.78 dB이다. 안테나에 반사판을 추가하

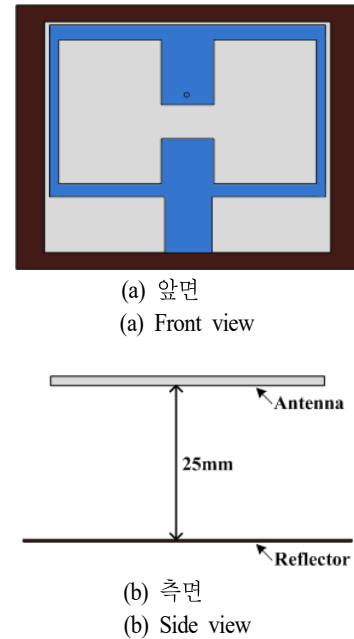


그림 5. 반사판을 가지는 안테나 구조

Fig. 5. Geometry of proposed antenna with reflector.

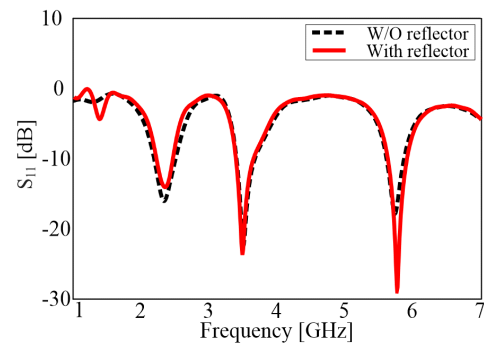


그림 6. 반사판을 추가한 안테나의 반사계수

Fig. 6. Simulated reflection coefficients of proposed antenna with reflector and without reflector.

였을 때, 각각의 주파수 대역에서의 최대이득은 약 6.60 dB, 약 5.21 dB, 약 5.18 dB이고, 반사판 유무에 따라 임피던스 손실을 고려한 최대 이득은 그림 8과 같다.

또한 우리나라 SAR 인체보호 기준은 남녀노소 불문하고 모두에게 안전하게 적용하기 위해 국제권고기준인 2 W/kg 보다 엄격한 1.6 W/kg을 사용하고 있다. 안테나를 인체 얼굴 모형에서 0 mm 지점에 두었으며, 안테나의 입력 전력은

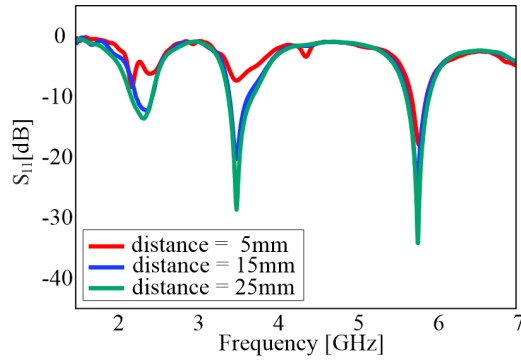


그림 7. 반사판 거리에 따른 안테나의 반사계수 변화
Fig. 7. Simulated reflection coefficient for various distance for antenna with reflector.

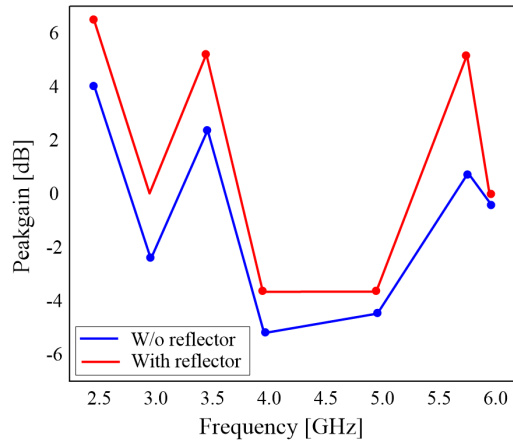


그림 8. 반사판을 추가한 안테나 최대이득
Fig. 8. Simulated peak gain of proposed antenna with reflector and without reflector.

1 W으로 설정하였다. SAR 분석은 Sim4Life(SEMCAD-X) 시뮬레이션을 사용하여 수행하였다.

III. 안테나 제작 및 측정

표 1에 기재되어 있는 시뮬레이션을 통해 얻어낸 최적의 파라미터 값을 사용하여 안테나를 제작하였다. 실제 제작된 안테나 모습은 그림 9와 같다.

그림 10은 반사판이 추가된 제안된 안테나 반사 계수의 시뮬레이션 결과와 측정 결과이다. 반사 계수 측정결과, 대역폭은 -10 dB 기준으로 540 MHz($2.02 \sim 2.56$ GHz),

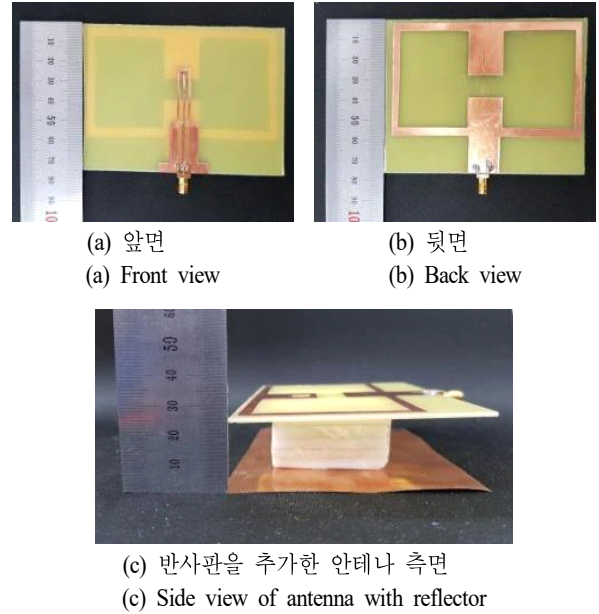


그림 9. 제작된 안테나
Fig. 9. Fabricated prototype of antennas.

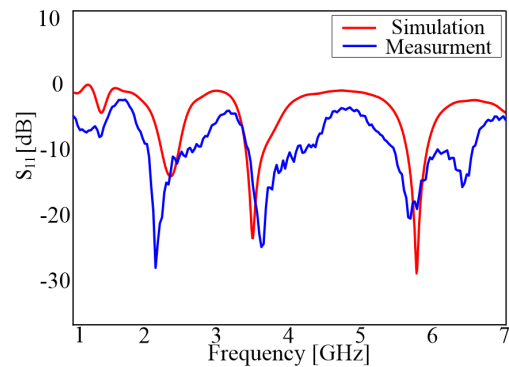


그림 10. 제작된 안테나 반사계수
Fig. 10. Simulated and measured return loss of proposed antenna with reflector and without reflector.

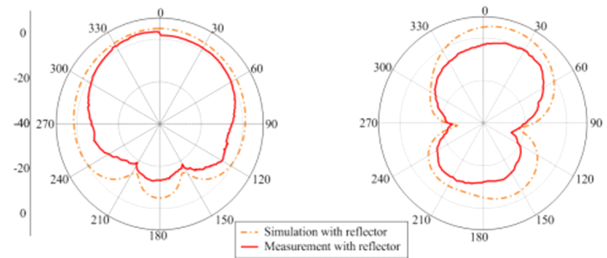
390 MHz($3.393.78$ GHz) 그리고 $1,210$ MHz($5.56 \sim 6.77$ GHz) 이었다.

이는 WLAN 대역의 2.4 GHz, 5.8 GHz와 5G 대역의 3.5 GHz를 만족하였다. 또한 시뮬레이션과 측정결과 비교 시 반사계수 값이 오차가 있는 것을 확인할 수 있었다. 오차에 대한 원인을 분석하면 먼저, 측정된 경과 시뮬레이션 상의 환경 사이에 존재하는 오차를 들 수 있고, 안테나를

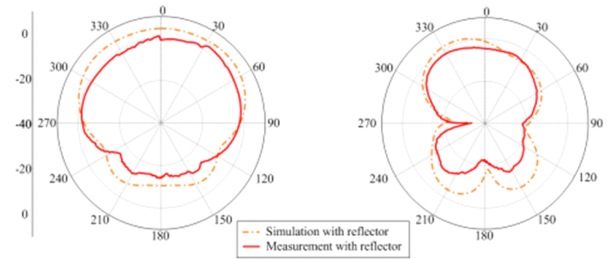
수 제작하면서 시뮬레이션 설계와 실제 안테나 설계가 완벽하게 일치하지 않아 생긴 설계상의 오류로 인한 차이라고 판단된다. 또한 다른 요소로는 안테나의 반사판 두께가 얇아 안테나와 완전한 평행을 이루지 못하고, 반사판과 안테나 사이를 지지하는 임의적으로 설정한 스티로폼의 위치와 크기에 따른 오차도 반사계수에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 하지만 전반적으로 시뮬레이션에서 도출된 각 대역별 공진점에 대한 대역폭을 포함하며, 더 개선되었기 때문에 제안된 안테나는 WLAN과 5G 대역에 적합하다.

그림 11은 반사판을 가지는 제안된 안테나의 방사패턴에 대한 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교한 것이다. 그림 11(a), 그림 11(b) 그리고 그림 11(c)는 각각 2.4 GHz, 3.5 GHz, 5.8 GHz의 XZ plane과 YZ plane에서의 방사패턴 모습이다. 전체적으로 XZ plane에서는 전방향성 특징을 나타내며, YZ plane에서는 양방향성 특징을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 또한 시뮬레이션과 측정결과 사이에 오차가 존재한다. 이는 시뮬레이션 상에서 포함되지 않는 안테나와 반사판의 높이 고정을 위해 사용된 스티로폼으로 인한 오차라고 판단된다. 시뮬레이션에서 사용된 공기의 유전율은 1.00059이며, 실제 측정하는 환경에서 안테나와 반사판을 고정하기 위해 사용된 스티로폼의 유전율은 1.03이다. 또한 스티로폼을 고정하기 위해 사용된 테이프 역시 영향을 미쳤을 것이다. 이런 특성들이 안테나 특성에 영향을 준 것으로 판단된다. 또한 앞서 반사계수 오차의 원인으로 언급했던 요소들 역시 방사사이드를 감소시키는 영향을 미쳤을 것이라고 판단된다.

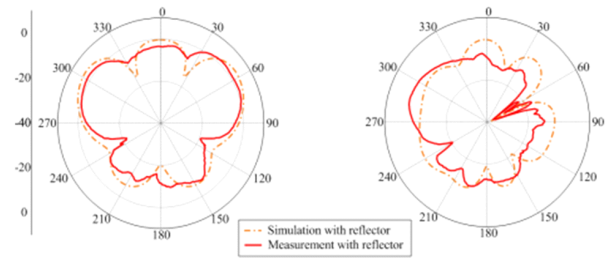
그림 12 및 그림 13은 안테나의 반사판 유무에 따른 인체 머리 조직 1 g에 대한 SAR의 시뮬레이션 결과를 비교한 것이다. 인체 얼굴 모형 조직에 안테나를 배치하였다. 국제 기준 IEC 62209-1^[12]에서 요구하는 귀에 근접하여 사용하는 기기에 대한 측정거리는 인체 표면으로부터 10 mm 떨어진 거리로 규정되어 있으나, 최악의 조건을 고려하기 위해 0 mm의 거리를 두고 측정하였다. 반사판이 없는 평균 SAR_{1g}는 2.4 GHz에서 1.98 W/kg, 3.5 GHz에서 2.29 W/kg, 그리고 5.8 GHz에서 5.42 W/kg이었다. 반면, 반사판을 갖는 안테나는 SAR이 2.4 GHz에서 0.238 W/kg, 3.5 GHz에서 0.799 W/kg, 5.8 GHz에서 1.01 W/kg으로 감소되었다.



(a) 2.4 GHz에서 XZ plane, YZ plane
(a) XZ plane, YZ plane at 2.4 GHz



(b) 3.5 GHz에서 XZ plane, YZ plane
(b) XZ plane, YZ plane at 3.5 GHz



(c) 5.8 GHz에서 XZ plane, YZ plane
(c) XZ plane, YZ plane at 5.8 GHz

그림 11. 제작된 안테나 방사패턴

Fig. 11. Simulated and measured radiation pattern of proposed antenna with reflector.

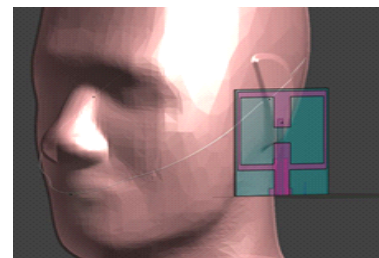


그림 12. SAR 시뮬레이션 측정 안테나 및 급전위치

Fig. 12. Location of the antenna and the location of the feed.

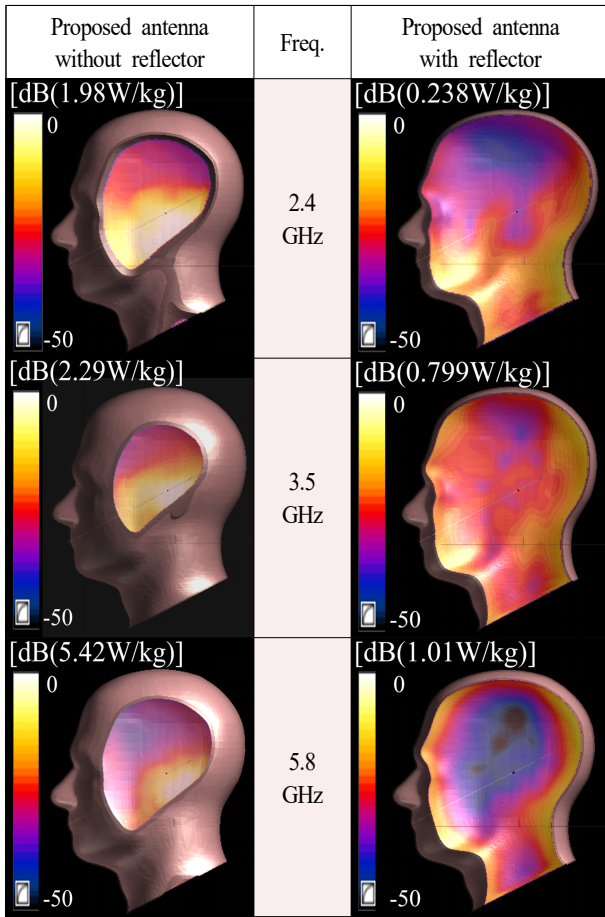


그림 13. 반사판 유무에 따른 조직 1 g에 대한 SAR 비교 결과

Fig. 13. SAR value(1 g) of antenna with reflector and without reflector at 2.4 GHz, 3.5 GHz and 5.8 GHz.

또한 국제 SAR 기준 1.6 W/kg과 비교하였을 때, 각각의 주파수에서 85.12 %(@2.4 GHz), 50.06 %(@3.5 GHz) 그리고 36.87 %(@ 5.8 GHz) 감소되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기생 소자를 사용하는 3중 대역 모노폴 안테나를 제안하고, 반사판을 추가하여 SAR을 저감시켰다. 모노폴 주위에 배치된 기생소자를 이용하여 삼중대역을 구현하였고, 측정결과 반사판이 있을 때, 반사 계수 -10 dB 이하 기준으로 540 MHz(2.02~2.56 GHz), 390 MHz(3.39~3.78 GHz) 그리고 1,210 MHz(5.56~6.77 GHz)로

각각 WLAN와 5G대역을 만족하였다.

반사판이 있는 안테나의 SAR_{1g} 는 2.4 GHz, 3.5 GHz 및 5.8 GHz에서 각각 0.238 W/kg, 0.799 W/kg 및 1.01 W/kg이다. 제안된 안테나는 SAR_{1g} 가 2.4 GHz에서 85.12 %, 3.5 GHz에서 50.06 %, 5.8 GHz에서 36.87 %로 국제 표준 값에 비해 감소했다. 이를 통해 안테나에 반사판을 설치함으로써 SAR을 효과적으로 저감시킬 수 있다. 그러므로 제안된 안테나는 국제기준에서 정의하고 있는 SAR을 만족하며 WLAN과 5G 대역의 통신에 적합하다.

References

- [1] Z. Wang, J. Wu, Y. Yin, and X. Liu, "A broadband dual-element folded dipole antenna with a reflector," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 750-753, Apr. 2014.
- [2] F. Ferrero, C. Luxey, G. Jacquemod, and R. Staraj, "Dual-band circularly polarized microstrip antenna for satellite applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 4, pp. 13-15, Jun. 2005.
- [3] C. Liu, Y. X. Guo, and S. Xiao, "Compact dual-band antenna for implantable devices," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 11, pp. 1508-1511, Dec. 2012.
- [4] E. Rodes, M. Diblanc, E. Arnaud, T. Monediere, and B. Jecko, "Dual-band EBG resonator antenna using a single-layer FSS," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 6, pp. 368-371, Oct. 2007.
- [5] Y. L. Kuo, K. L. Wong, "Printed double-T monopole antenna for 2.4/5.2 GHz dual-band WLAN operations," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 51, no. 9, pp. 2187-2192, Nov. 2003.
- [6] T. H. Kim, D. C. Park, "Compact dual-band antenna with double L-slits for WLAN operations," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 4, pp. 249-252, Aug. 2005.
- [7] K. F. Lee, S. L. S. Yang, and A. A. Kishk, "Dual- and multiband U-slot patch antennas," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 7, pp. 645-647, Dec. 2008.

- [8] S. Maci, G. B. Gentili, P. Piazzesi, and C. Salvador, "Dual-band slot-loaded patch antenna," *IEEE Proceedings - Microwaves, Antennas and Propagation*, vol. 142, no. 3, pp. 225-232, Jun. 1995.
- [9] S. K. Mishra, R. K. Gupta, A. Vaidya, and J. Mukherjee, "A compact dual-band fork-shaped monopole antenna for bluetooth and UWB applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 10, pp. 627-630, Jun. 2011.
- [10] K. S. Ryu, A. A. Kishk, "UWB antenna with single or dual band-notches for lower WLAN band and upper WLAN band," *IEEE Transactions on Antennas and*

- Propagation*, vol. 57, no. 12, pp. 3942-3950, Jul. 2009.
- [11] 강병남, 이승엽, 정민주, 최도민, 김남, "WLAN 시스템에 적용 가능한 결함 접지 구조를 갖는 이중대역 평면형 모노폴 안테나 설계 및 제작," *한국전자과학 회논문지*, 29(1), pp. 42-49, 2018년 1월.
- [12] Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices-Part 1: Devices used next to the ear (frequency range of 300 MHz to 6 GHz), *IEC 62209-1*: 2016, 2016.

봉 한 울 [충북대학교/석사과정]



2018년 2월: 충북대학교 정보통신공학부 (공학사)
2018년 3월~현재: 충북대학교 정보통신공학전공 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계, 전자파 해석, EMC

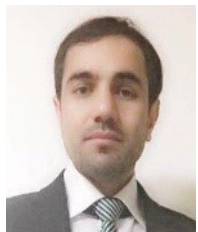
정 민 주 [충북대학교/박사과정]



2013년 2월: 조선대학교 전자공학과 (공학사)
2015년 3월: 부경대학교 LED융합공학전공 (공학석사)
2016년 10월~2017년 2월: 충북대학교 홀로그램융합기술센터 연구원
2017년 3월~현재: 충북대학교 정보통신공학전공 박사과정

[주 관심분야] 안테나 설계, 전자파 해석, EMC

Niamat Hussain [충북대학교/박사과정]



2014년 12월: Electronics Engineering, Dawood University of Engineering and Technology, Karachi, Pakistan (공학사)
2017년 8월: 아주대학교 전자컴퓨터공학전공 (공학석사)
2018년 3월~현재: 충북대학교 정보통신공학전공 박사과정

[주 관심분야] Lens-Coupled Antennas, Metasurface Antennas, Metamaterial Antennas, UWB Antennas, and Terahertz Antennas

이 승 엽 [전남대학교/교수]



1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1993년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1993년 9월~2006년 2월: 국립여수대학교

전자통신공학과 교수
2004년 7월~2005년 8월: Syracuse 대학교 방문교수
2006년 3월~현재: 전남대학교 전자통신공학과 교수
[주 관심분야] 안테나 해석 및 설계, 초고주파 회로 설계, 전자파 해석

김 남 [충북대학교/교수]



1981년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1983년: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1988년: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)

1989년~현재: 충북대학교 정보통신공학
부 교수

2015년~2017년: BEMS 국제학회 회장

[주 관심분야] 이동 통신 및 전파전파, 마이크로파 전송선로 해석, EMI/EMC 및 전자파 인체보호 규격