

# DGS를 갖는 Wi-Fi 6E 대역을 위한 삼중대역 WLAN 안테나 설계 및 제작

박상욱\* · 변기영\*\* · 윤중한\*\*\*

## Design and fAbrication of Triple Band WLAN Antenna Applicable to Wi-Fi 6E Band with DGS

Sang-Wook Park\* · Gi-Young Byun\*\* · Joong-Han Yoon\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 WLAN 시스템에 활용 할수 있도록 DGS를 적용하여 삼중대역 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 두 개의 스트립 선로와 접지면에 세 개의 영역을 삽입하여 요구하는 주파수 대역과 반사손실 특성을 얻었다. 제안된 안테나는 22.0 mm(W) × 54.9 mm(L<sub>1</sub>)의 크기와 두께(h) 1.6 mm, 그리고 비유전율이 4.4인 FR-4 기판 위에 22 mm(W<sub>6</sub>+W<sub>4</sub>+W<sub>5</sub>) × 43 mm(L<sub>1</sub>+L<sub>2</sub>+L<sub>3</sub>+L<sub>5</sub>)의 크기로 설계되었다. 제작 및 측정결과로부터, -10dB 기준으로 900 MHz 900 MHz 대역에서 108 MHz (0.908~1.016 GHz), 2.4 GHz 대역에서 360 MHz (2.276~2.636 GHz), 그리고 5.0/6.0 GHz 대역에서 2,484 MHz (4.904~7.388 GHz)의 대역폭을 얻었다. 또한 요구되는 주파수 삼중대역에서 이득과 방사패턴 특성을 측정하여 나타내었다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose a triple band WLAN antenna for Wi-Fi 6E band with DGS. The proposed antenna has the characteristics required frequency band and bandwidth by considering the interconnection of two strip lines and three areas on the ground place. The total substrate size is 31 mm (W) × 50 mm (L), thickness (h) 1.6 mm, and the dielectric constant is 4.4, which is made of 22 mm (W<sub>6</sub> + W<sub>4</sub> + W<sub>5</sub>) × 43mm (L<sub>1</sub> + L<sub>2</sub> + L<sub>3</sub> + L<sub>5</sub>) antenna size on the FR-4 substrate. From the fabrication and measurement results, bandwidths of 340 MHz (1.465 to 1.805 GHz) for 900 MHz band, 480 MHz (2.155 to 2.635 GHz) for 2.4 GHz band and 1950 MHz (4.975 to 6.925 GHz) for 5.0/6.0 GHz band were obtained on the basis of -10 dB. Also, gain and radiation pattern characteristics are measured and shown in the frequency triple band as required.

### 키워드

DGS, Wi-Fi 6E Band, WLAN Application, Triple Band, 900 MHz Band  
DGS, Wi-Fi 6E 밴드, WLAN 응용, 삼중 대역, 900 MHz 대역

\* 소나테크 개발 3팀(speed59821@daum.net)

\*\* 한국산업기술기획평가원(gybyun@keit.re.kr)

\*\*\* 교신저자 : 신라대학교 전기전자공학과

• 접수 일 : 2024. 01. 19

• 수정완료일 : 2024. 03. 01

• 게재확정일 : 2024. 04. 12

• Received : Jan. 19, 2024, Revised : Apr. 01, 2024, Accepted : Feb. 12, 2024

• Corresponding Author : Joong-Han Yoon

Department of Electrical and Electronic Engineering, Silla University,

Email : jhyoon@silla.ac.kr

## I. 서 론

최근 마이크로스트립 선로의 접지면에 일정한 형상을 갖는 슬릿 및 슬롯 구조를 삽입함으로써 특정 주파수 저지 특성 및 전달 지연 특성을 갖는 DGS(Defected Ground Structure)에 대한 연구가 꾸준히 지속되고 있다. 초기 DGS는 대역 저지 특성 얻고 상호 결합 및 고차 모드 하모닉을 억압하기 위해 마이크로스트립 선로가 위치한 면의 반대쪽 면에 설계되었으며 현재는 광범위한 분야에 널리 응용되고 있다 [1-2].

한편 1990년대에 처음 도입된 무선랜 기술은 이동통신 시스템에 널리 적용되고 있으며 온라인 비대면 업무의 증가로 인해 가정, 기업 및 실내외 공간의 무선 접속 네트워크로 와이파이 기술에 점점 더 많이 의존하고 있다. 최근 통계에 따르면 현재 세계적으로 개인용 컴퓨터, 스마트폰, TV, 태블릿, 센서 등 130억 개 이상의 장치들이 Wi-Fi를 사용하고 있다[2].

최근 무선 증강현실(VR)/가상현실(AR), 실시간 모바일 게임과 같은 애플리케이션의 요구가 증가하고 초고속, 초지연 통신서비스 증가, 최대 20 Gbps를 필요로 하는 4K 및 8K 해상도의 확산으로 인해 와이파이에 대한 성능개선 및 비면허 주파수 대역의 확대 요구가 높아지고 있다.

이러한 비면허 주파수에 대한 요구 증가에 부응하기 위해 미국의 FCC, EU의 유럽위원회 (EC), 한국의 과학기술정보통신부는 6 GHz 대역을 비면허로 개방하는 방안에 대한 연구를 진행해 왔으며 국내에서는 2020년 10월 16일 6 GHz 대역(5.925~7.125 GHz)을 광대역 비면허 통신용 주파수로 공급하는 기술기준을 시행하였다[3].

한편 IEEE 802.11에서는 2010년 11월 정식 TG(Task Group)으로 출범하여 본격적으로 Sub 1 GHz 무선랜 기술 표준화가 시작되었다. TGah Functional Requirement 문서[4]에서는 802.11ah의 기능 요구사항을 정의하고 있으며 802.11ah의 주요 특징들이 제시되었다 [5]. 과기정통부는 광대역 IoT 도입을 골자로 '신고하지 않고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비 기술 기준'을 개정하였는데 광대역 IoT는 1 GHz 이하 대역에 와이파이 표준기술(IEEE 802.11ah)을 접목해 적은 전력량으로 대용량 데이터를 넓은 범위에 전송하는 무선 기술이다. 900 MHz 대역(925~931MHz)기반 광대역 IoT 기술은

주파수 분배량에 따라 최대 300 Mbps급 속도로 기존 와이파이에 비해 저전력으로 장거리 무선 데이터 전송이 가능하며 낮은 에너지 요구 사항은 스마트공장뿐만 아니라 가정 내 환경에서 유용할 것으로 기대를 모으고 있다[6].

따라서 향후 무선 랜은 기존 2.4 GHz와 5 GHz 대역뿐만 아니라 '헤이로우(HaLow)'라는 이름의 900 MHz 대역의 저전력 와이파이와 7세대 무선랜 주파수 대역인 6 GHz 주파수 대역이 포함되어 다양한 서비스를 제공할 것으로 판단되며 이러한 시스템에 적합한 RF 모듈 및 안테나 개발이 필요할 것으로 판단된다.

현재 다양한 형태와 구조에 따라 무선랜 안테나 개발이 이루어져 왔으며 더불어 DGS 구조를 적용한 다중대역 안테나에 대한 연구가 진행되어 왔다[7-15]. 향후 실내외 공간에서의 고속 광대역 Wi-Fi 통신을 위해서는 900 MHz 대역과 6 GHz 대역에서 동시에 적용될 수 있는 다중대역 무선 랜 안테나의 개발이 필요하며 현재까지 관련 연구는 아직 미흡하다.

본 논문에서는 DGS 구조를 적용하여 WLAN 802.11ah (925 MHz~931 MHz), 802.11b/g (2.40~2.484 GHz), 그리고 802.11a (5.15~5.875 GHz) 및 6 GHz 비면허 표준화 대역(5.925~7.125 GHz)을 포함하는 삼중대역 안테나를 제안하였다.

요구되는 안테나 특성(주파수 대역폭, 전방향 방사 패턴, 이득)을 얻기 위해 DGS 구조를 적용한 모델에 대해 시뮬레이션을 진행하였다. 설계된 모델에 대해 안테나 특성에 큰 영향을 미치는 파라미터를 확인하고 상용 시뮬레이터(HFSS)를 활용하여 각 파라미터 값들을 조정하여 원하는 주파수 대역에서 동작하도록 설계하였다. 이러한 결과를 바탕으로 제안된 안테나를 제작하였으며 제작 후 반사손실, 방사패턴, 이득에 대한 안테나 특성을 측정하였다.

## II. 제안된 안테나 구조

그림 1은 제안된 안테나의 구조를 나타내었다. 일반적인 마이크로스트립 안테나는 유전체 기판 윗면에 금속 패치 형상이 나타나 있으며 아랫면은 접지면으로 구성되어 있다. 그러나 본 논문에서 제안된 모델은 그림 1(a)에 나타난 바와 같이 유전체 기판 윗면에

두 개의 금속 선로의 형상(스트립 1, 스트립 2)을 제시하였고 일반적인 마이크로스트립 안테나의 접지면에 해당하는 면에 그림 1(b)에 나타난 바와 같이 슬릿(slit), 영역 1 ( $W_9 \times L_{11}$ ), 영역 2 ( $W_{12} \times L_{14}$  그리고  $W_{14} \times L_{15}$ ), 영역 3 ( $W_{10} \times L_{12}$  그리고  $W_{11} \times L_{13}$ )의 구조를 삽입한 DGS 구조를 제시하여 WLAN의 3중 주파수 대역과 대역폭을 만족하도록 설계하였다. 그림 1(c)는 제안된 안테나의 측면도를 나타내었으며 유전체 기판 아랫면은 DGS 구조를 나타낸 형상이 위치해 있으며 위면은 두 개의 스트립으로 구성된 금속선로가 위치

해 있다. 본 논문의 안테나 설계 시 사용된 기판은 유전율 4.4, 두께가 1.6 mm인 FR4 유전체를 사용하였다. 제안된 안테나는 설계 사양에서 요구되는 대역은 900 MHz 대역(925~931MHz), 2.4 GHz 대역 (2.40~2.484 GHz), 그리고 5/6 GHz 대역 WLAN (5.15~5.875 GHz, 5.925~7.125 GHz) 대역에서 -10dB 이하의 반사손실 특성을 얻어야 하며 방사패턴은 가능한 전방향성 특성을 그리고 최대이득은 0 dBi 이상의 특성을 얻도록 설계하고자 한다.

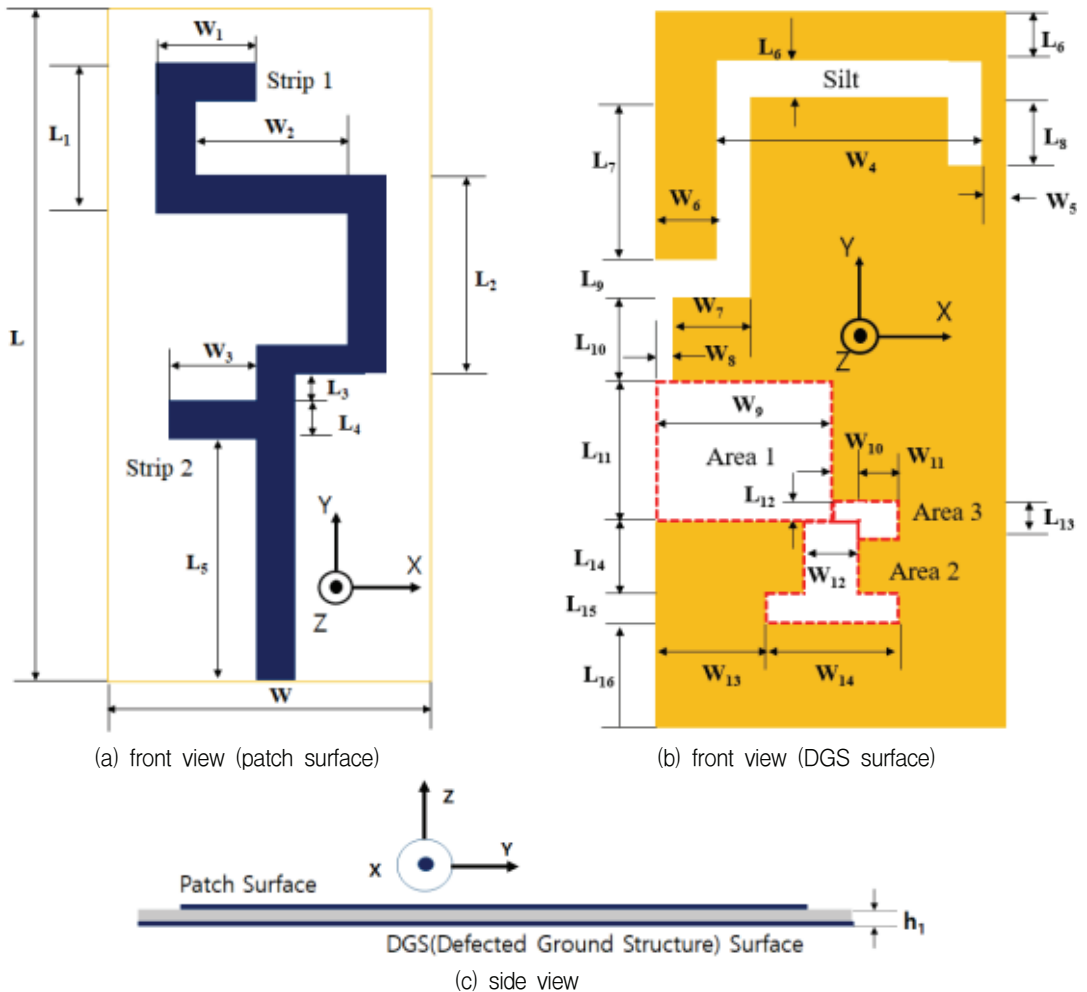


그림 1. 제안된 안테나의 구조 : (a) 평면도(patch surface) (b) 평면도(DGS surface) 그리고 (c) 측면도  
 Fig. 1 Configuration of the proposed antenna : (a) front view (patch surface) (b) front view (DGS surface) and (c) side view

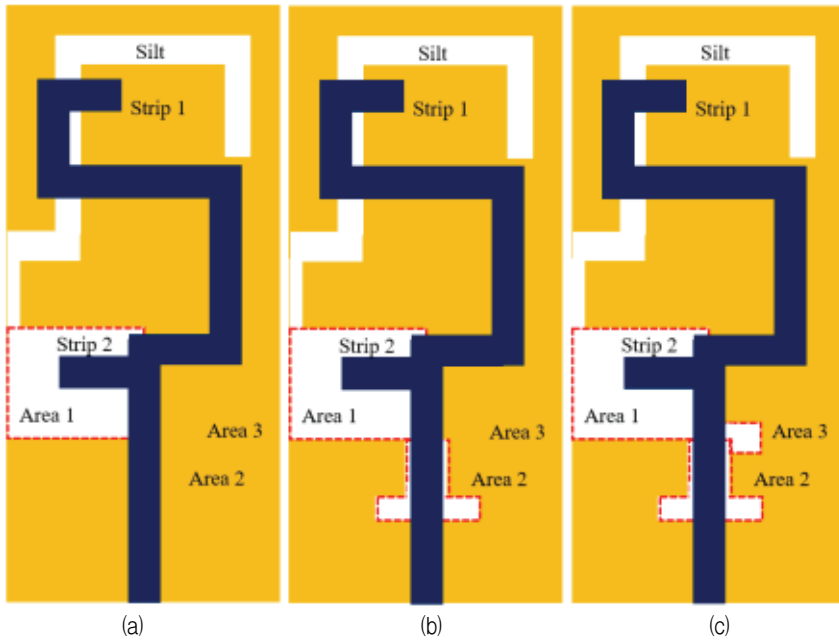


그림 2. 제안된 WLAN 안테나의 설계과정  
 Fig. 2 Design process of proposed WLAN antenna

설계된 안테나의 최적화한 수치는 표1에 나타내었다.

표 1. 설계된 안테나의 파라미터  
 Table 1. parameter of the designed antenna

Parameters	Value [mm]	Parameters	Value [m]
L		W	
L <sub>1</sub>	11.0	W <sub>1</sub>	7.0
L <sub>2</sub>	16.0	W <sub>2</sub>	6.0
L <sub>3</sub>	1.0	W <sub>3</sub>	6.0
L <sub>4</sub>	2.0	W <sub>4</sub>	14.0
L <sub>5</sub>	13.0	W <sub>5</sub>	2.0
L <sub>6</sub>	2.0	W <sub>6</sub>	6.0
L <sub>7</sub>	8.5	W <sub>7</sub>	1.0
L <sub>8</sub>	6.0	W <sub>8</sub>	10.5
L <sub>9</sub>	2.0	W <sub>9</sub>	8.0
L <sub>10</sub>	0.5	W <sub>10</sub>	2.0
L <sub>11</sub>	11.0	W <sub>11</sub>	2.5
L <sub>12</sub>	1.0	W <sub>12</sub>	4.0
L <sub>13</sub>	2.5	W <sub>13</sub>	6.0
L <sub>14</sub>	5.0	W <sub>14</sub>	9.0
L <sub>15</sub>	2.0	L <sub>16</sub>	8.0
h <sub>1</sub>	1.6		

그림 2는 제안된 안테나의 설계과정을 나타내었다. 그림 2(a)는 슬릿과 영역 1(Area 1)만 같이 존재하는 경우의 안테나 형상을 나타내었으며 그림 2(b)는 그림 2(a)에 영역 2(Area 2)을 추가한 DGS 패턴

을 나타내었다. 그림 2(c)는 제안된 안테나의 DGS 패턴을 나타내고 있으며 그림 2(b)에 영역 3(Area 3)을 추가한 형상을 나타내었다.

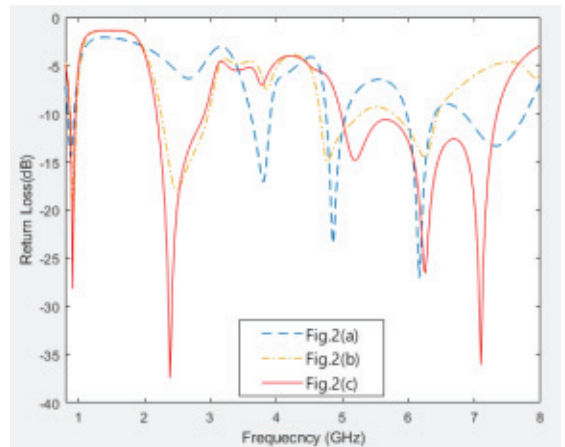


그림 3. 그림 2의 안테나 설계과정에 따른 시뮬레이션 반사손실  
 Fig. 3 Simulation reflection loss according to the antenna design process of Figure 2

그림 3은 그림 2의 제안된 안테나의 설계과정 중에 각 모델에 대한 반사손실 특성을 나타낸 결과이다. 그림 3에서 확인할 수 있듯이 슬릿과 영역 1(Area 1)만 존재하는 DGS 구조인 그림 2(a)에 대한 시뮬레이션 결과, -10dB 기준으로 900 MHz 대역에서 공진이 발생하고 90 MHz 대역폭(836~926 MHz)을 확인하였으며 또한 다른 주파수 대역에서도 다중 협대역 공진 특성을 확인하였다. 그러나 이러한 결과로는 본 논문에서 요구되는 WLAN의 삼중대역 공진특성과 대역폭을 얻을 수 없었다. 또한 그림 2(a)의 DGS 형상에 영역 2(Area 2)의 구조가 포함된 그림 2(b)의 DGS 구조에 대한 시뮬레이션 결과, 2.4 GHz 대역에서 충분한 대역(2.256~2.96 GHz)과 대역폭을 확보하였으며 5 GHz 대역에서도 일정한 대역폭 80MHz (3.41~3.49 GHz)을 얻었다. 그러나 본 논문에서 요구하는 5.0/6.0 GHz 대역에서 충분한 광대역 특성을 얻을 수 없었다. 그림 2(c)는 그림 2(b)의 DGS 구조에 영역 3(Area 3)을 추가로 삽입한 구조로써 시뮬레이션 결과, -10dB 기준으로 81 MHz (872 MHz~953 MHz), 720 MHz (2.186~2.906 GHz), 2,360 MHz (4.98~7.34 GHz)의 대역과 대역폭 특성을 얻어 본 논문에서 요구되는 WLAN 삼중 대역의 대역과 대역폭을 충분히 만족하였다.

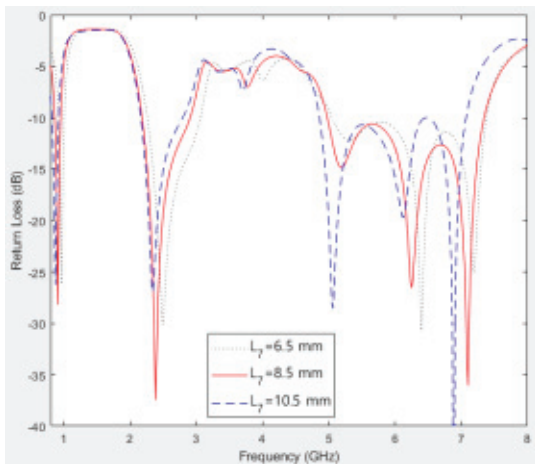


그림 4.  $L_7$  길이 변화에 의한 시뮬레이션 반사손실  
Fig. 4 Simulation return loss due to  $L_7$  length change

제안된 안테나 특성에 커다란 영향을 미치는 파라미터를 찾기 위해서 시뮬레이션을 진행하였으며 그중  $L_7$ ,  $W_1$ 의 파라미터와 선로 2와 슬릿 존재 여부가 커다란 영향을 주는 것으로 확인되었다. 그림 4는 슬릿의 길이를 나타내는  $L_7$ 의 길이를 6.5 mm부터 10.5 mm까지 2.0 mm 간격으로 변화시켰을 때 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 시뮬레이션 결과,  $L_7$ 의 길이 변화에 따라 900 MHz 대역의 공진점이 이동하고 있음을 확인하였다.  $L_7$ 의 길이를 6.5 mm로 설정하였을 때 대역폭은 93 MHz (825 MHz~918 MHz),  $L_7$ 의 길이를 10.5 mm로 설정하였을 때 대역폭은 73 MHz (935 MHz~1,008 MHz)인 시뮬레이션 결과를 얻었다. 따라서  $L_7$ 의 길이를 8.5 mm로 설정할 경우 대역폭은 81 MHz (872 MHz~953 MHz)으로 저전력 와이파이 900 MHz 대역의 대역폭(925 MHz~931 MHz)을 충분히 만족하였다.

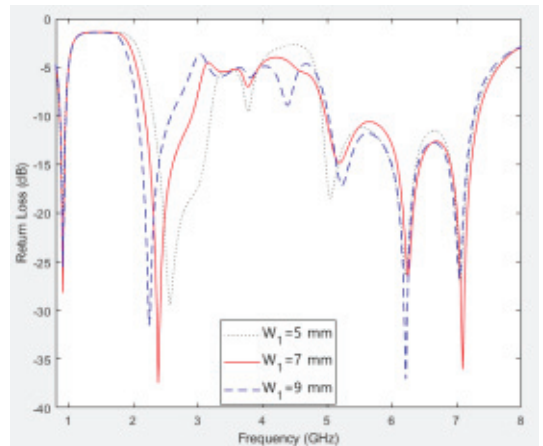


그림 5.  $W_1$  길이 변화에 의한 시뮬레이션 반사손실  
Fig. 5 Simulation return loss due to  $W_1$  length change

그림 5는 제일 긴 선로 1의 길이를 나타내는  $W_1$ 의 길이를 5.0 mm부터 9.0 mm까지 1.0 mm 간격으로 변화시켰을 때 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 시뮬레이션 결과,  $W_1$ 의 길이 변화에 따라 2.4 GHz 대역의 공진점이 이동하고 있음을 확인하였다.  $W_1$ 의 길이를 5.0 mm로 설정하였을 때 대역폭은 872 MHz (2.312 GHz~3.184 GHz),  $W_1$ 의 길이를 9.0 mm로 설정하였을 때 대역폭은 504 MHz (2.078

GHz~2,582 GHz)인 시뮬레이션 결과를 얻었다. 두 결과 모두 802.11b/g 대역(2.4 GHz~2.484 GHz)을 만족하는 결과를 얻을 수 있었다. 다만 제작 상의 오차를 감안하여 충분한 여유 대역폭을 얻을 수 있는 값을 설정하였으며  $W_1$ 의 길이를 7.0 mm로 설정하여 충분한 대역폭 720 MHz(2.186~2.906 GHz)을 확보할 수 있도록 설정하였다.

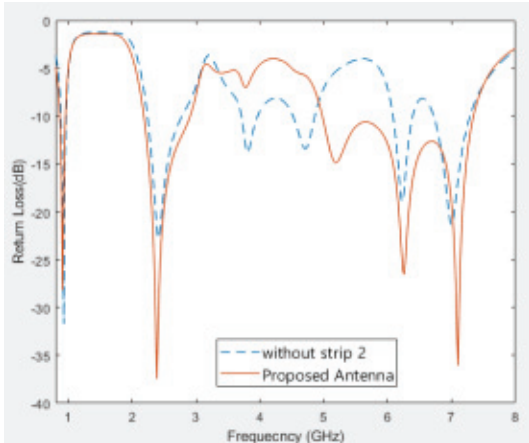


그림 6. 그림 1의 선로 2 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실

Fig. 6 Simulated reflection loss due to strip 2 effect in Fig. 1

그림 6은 선로 2( $W_3 \times L_4$ )가 존재할 경우와 존재하지 않을 경우를 비교한 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 선로 2가 존재하지 않을 경우 3.0/4.0 GHz 대역에서 이중 대역 특성 (3.716 GHz~3.95 GHz, 4.526 GHz~4.85 GHz)을 얻을 수 있지만 5 GHz 대역에서는 공진 특성이 나타나지 않았다. 선로 2가 존재하는 경우 3.0/4.0 GHz 대역에서 공진 특성이 나타나지 않았으며 5.0/6.0 GHz 대역에서는 요구되는 대역폭을 만족시킬 뿐만 아니라 상대적으로 우수한 반사손실 특성을 얻었다. 이러한 결과로부터 선로 2는 5.0/6.0 GHz 대역의 임피던스 매칭에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

그림 7은 슬릿의 존재 여부에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 슬릿이 존재하지 않을 경우, 900 MHz 대역에서 공진 특성이 나타나지 않았으며 2.4 GHz 대역의 공진 특성이 열화되고 있음

을 확인하였다. 그러나 슬릿이 존재하는 경우, 900 MHz 대역에서 공진특성을 확인하였으며 2.4 GHz 대역에서 우수한 공진특성을 얻을 수 있었다. 이러한 결과로부터 슬릿 부분은 제안된 안테나의 900 MHz 대역의 공진특성에 커다란 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

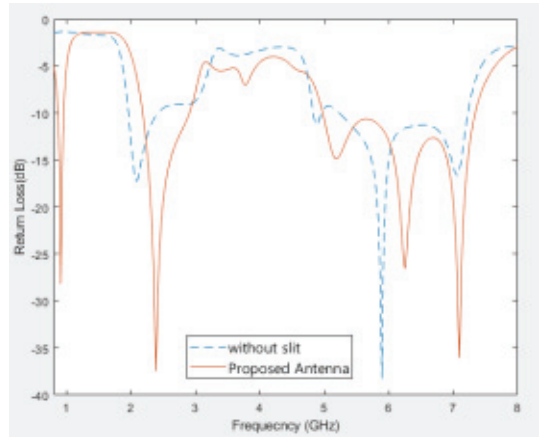


그림 7. 그림 1의 슬릿 영향에 의한 시뮬레이션 반사손실

Fig. 7 Simulated reflection loss due to slit effect in Fig. 1

제안된 안테나의 대역별 공진 특성을 파악하기 위해 그림 8과 같이 각 대역의 전류분포도를 나타내었다. 그림 8(a)는 0.908 GHz 주파수에서, 그림 8(b)는 2.384 GHz 주파수에서, 그리고 그림 8(c)는 6.254 GHz 주파수에서 제안된 안테나의 전류 분포를 나타내었다. 그림 8(a) 경우 슬릿과 선로 1사이에서 강한 전류밀도가 분포 되어있어 슬릿의 길이가 900 MHz 대역의 공진에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 그림 6의 결과에서도 잘 나타나 있다. 또한 그림 8(b) 경우 선로 1의 끝단에서 강한 전류 밀도가 분포함을 알 수 있으며 선로 1이 2.4 GHz 대역의 공진에 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다. 그리고 그림 8(c) 경우 영역 3 전체 면적에서 전류 밀도 강하게 분포하고 있으며 영역 3 존재가 5 GHz 대역 및 6 GHz 대역 공진에 영향을 끼치는 것으로 확인하였다.

이러한 시뮬레이션 결과로부터 표 1에서 제시된 파라미터들에 대한 최적화된 수치를 얻었으며 이 수

치로부터 제작을 진행하였다.

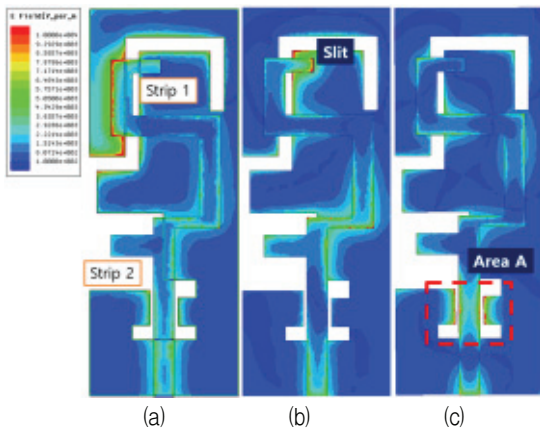


그림 8. 제안된 안테나의 전류분포

(a) 0.908 GHz, (b) 2.384 GHz, (c) 6.254 GHz

Fig. 8 The current distribution of the proposed antenna (a) 0.908 GHz, (b) 2.384 GHz, (c) 6.254 GHz

### III. 제작 및 측정결과

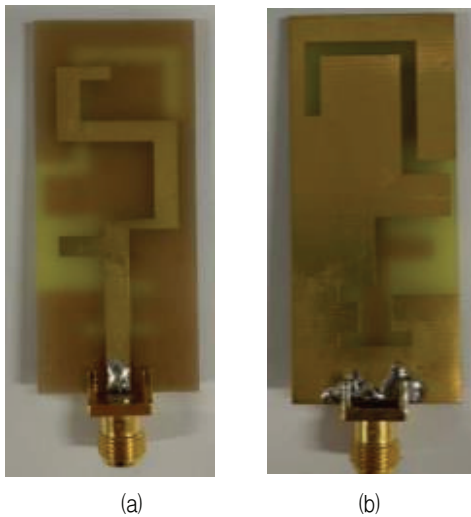


그림 9. 제안된 안테나의 프로토타입 (a) 앞면 (b) 뒷면

Fig. 9 Prototype of the proposed antenna: (a) front view and (b) back view

그림 9는 실제 제작한 안테나의 프로토타입을 나타내었다. 그림 9(a)는 제작된 안테나의 앞면을 그리

고 그림 9(b)는 제작된 안테나의 뒷면인 접지면을 나타내었다. 그림 10은 실제 제작한 안테나의 반산손실 측정결과와 시뮬레이션 결과를 나타내었다. -10dB 기준으로 900 MHz 대역에서는 108 MHz (0.908~1.016 GHz), 2.4 GHz 대역에서는 360 MHz (2.276~2.636 GHz), 그리고 5.0/6.0 GHz 대역에서는 2,484 MHz (4.904~7.388 GHz)으로 논문에서 요구되는 WLAN 삼중 대역이 만족한 것을 확인하였다.

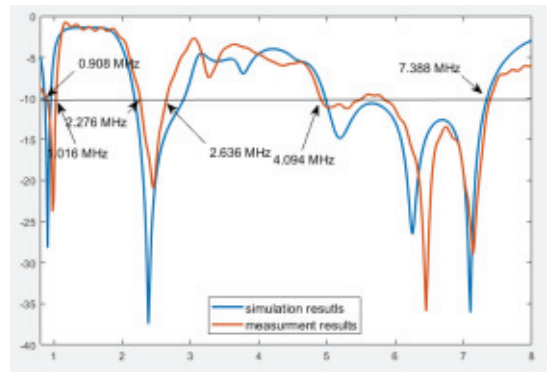


그림 10. 제안된 안테나의 측정된 반사손실

Fig. 10 The measured return loss results of the proposed antenna

그림 11, 12, 13, 14, 15, 16는 제작된 안테나의 방사패턴 측정결과를 나타낸 것이다. 그림 11은 0.903 GHz 주파수에서, 그림 12은 2.44 GHz에서, 그림 13는 5.3 GHz에서, 그림 14은 5.8 GHz에서, 그림 15는 6.2 GHz에서 그리고 그림 16은 6.8 GHz에서 방사패턴을 나타내었다. 제안된 안테나에서 측정된 방사패턴은 3D로 제시하였고 동작대역에서는 전체적으로 전방향성의 특성을 나타낸다. 측정된 이득은 방사패턴에 나타난 주파수에서 각각 최대이득이 2.92 dBi, 5.10 dBi, 5.85 dBi, 8.82 dBi, 9.36 dBi, 그리고 9.78 dBi의 최대이득을 얻었다.

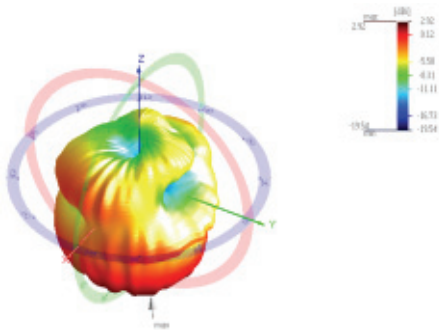


그림 11. 0.903 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 11 Measured 3-D radiation pattern in 0.903 GHz

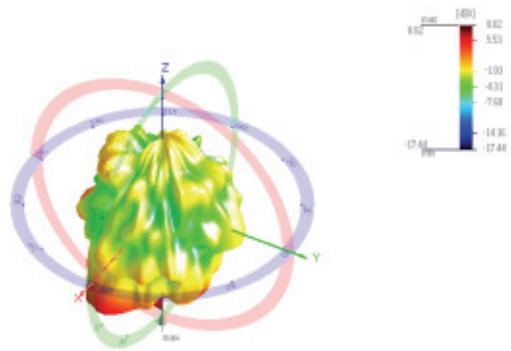


그림 14. 5.80 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 14 Measured 3-D radiation pattern in 5.80 GHz

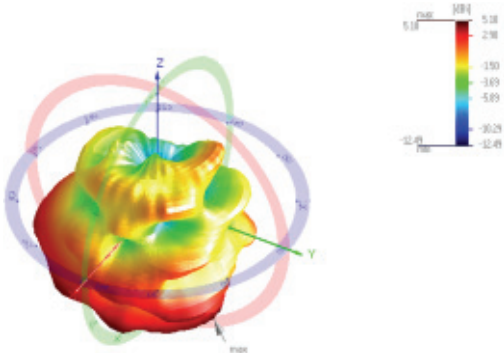


그림 12. 2.44 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 12 Measured 3-D radiation pattern in 2.44 GHz

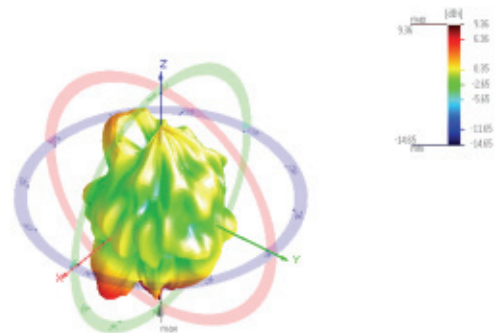


그림 15. 6.20 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 15 Measured 3-D radiation pattern in 6.20 GHz

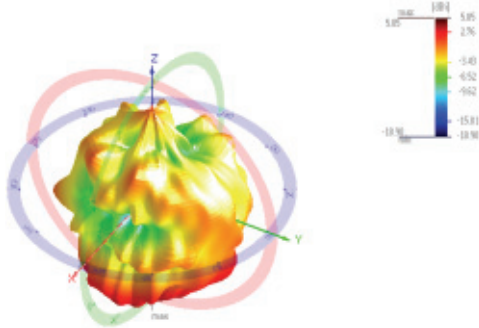


그림 13. 5.30 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 13 Measured 3-D radiation pattern in 5.30 GHz

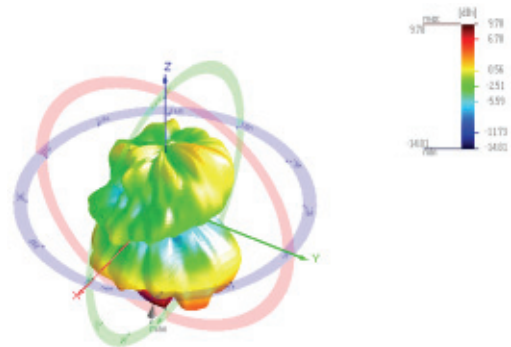


그림 16. 6.80 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 16 Measured 3-D radiation pattern in 6.80 GHz



#### IV. 결론

본 논문에서는 두 개의 스트립 선로와 접지면의 다양한 DGS를 삽입하여 WLAN 시스템에 적용가능한 삼중대역 특성을 갖도록 설계하였다. Ansoft사의 HFSS 프로그램을 사용하여 시뮬레이션 결과부터 최적의 특성을 확인하고 이러한 수치를 적용하여 안테나를 제작하였다. 측정결과, -10dB 기준으로 900 MHz 900 MHz 대역에서 108 MHz (0.908~1.016 GHz), 2.4 GHz 대역에서 360 MHz (2.276~2.636 GHz), 그리고 5.0/6.0 GHz 대역에서 2,484 MHz (4.904~7.388 GHz)으로 요구되는 대역을 만족한 것을 확인하였다. 또한 측정된 이득은 방사패턴에 나타난 주파수에서 각각 최대이득이 2.92 dBi, 5.10 dBi, 5.85 dBi, 8.82 dBi, 9.36 dBi, 그리고 9.78 dBi의 최대이득을 얻었다. 따라서 본 논문에서 제안된 안테나는 삼중대역을 요구하는 WLAN 시스템에 잘 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### Reference

- [1] D. Gija, C. Kumar, and S. Biswas, "Defected Ground Structure (DGS) Based Antennas: Design Physics, Engineering, Application," Wiley-IEEE Press, 2022.
- [2] M. Khandelwa and B. Kanaujia, and S. Kuma, "Defected ground structure: fundamentals, analysis, and applications in Modern Wireless Trends," *Int. J. of Antennas and Propagation*, vol. 2017, article ID. 2018527, 2017, pp. 1-22.
- [3] J. Son, S. Kim, J. Ko, and K. Kwak, "standardization trend of 7-generation IEEE WLAN 802.11be," *Information and Telecommunication*, vol. 31, no. 10, 2016, pp. 40-9.
- [4] S. Kim and I. Lee, "A study on coexistence scheme of 6 GHz band unlicensed frequency use," *Mag. of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 32, no. 5, 2021, pp. 43-52.
- [5] IEEE 802.11-11-0905-05, *TGah Functional Requirements and Evaluation Methodology*. IEEE, 2012.
- [6] IEEE P802.11ah/D4.0, Amendment 6, *Sub 1 GHz License Exempt Operation*, IEEE, 2015.
- [7] T. Choe, J. Kim, and J. Yoon, "A Design and implementation of dual-band monopole antenna with DGS," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 11, no. 9, 2016, pp. 841-848.
- [8] M. Kim, T. Choi, Y. Choi, and J. Yoon, "A design and manufacture of antenna with DGS(Defected Ground System) for WLAN/WiMAX system," *J. of the Korea Institute of Information and Communication Eng.*, vol. 21, no. 4, 2017, pp. 679-687.
- [9] V. Satam, "Two element compact UWB diversity antenna with combination of DGS and parasitic elements," *Wireless Personal Communications*, vol. 98, no. 3, 2018, pp. 2901-2911.
- [10] B. Kang, S. Rhee, M. Jeong, D. Choi, and N. Kim, "Design and Fabrication of Dual-Band Planar Monopole Antenna with defected Ground Structure for WLAN Applications," *J. of Korea Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 29, no. 1, 2018, pp. 42-49.
- [11] M. Kim, S. Park, and J. Yoon, "Design and fabrication of triple band antenna applicable to GPS/DCS/WLAN System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 14, no. 3, 2019, pp. 475-482.
- [12] M. Kim, T. Choi, Y. Choi. Kim, and J. Yoon, "Design and fabrication of quadruple band antenna with DGS," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 15, no. 1, 2020, pp. 31-38.
- [13] T. Yoon, "Broadband path antenna for wireless LAN communication of 5 GHz band," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 16, no. 3, 2021, pp. 395-400.
- [14] T. Yoon, "A compact CPW-fed antenna with two slit structure for WLAN/WiMAX operations," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 17, no. 5, 2022, pp. 759-766.
- [15] J. Jung and J. Yang, "5.8-GHz patch antenna with an enhanced defected ground structure

for size reduction and increased bandwidth," *J. of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 22, no. 3, 2022, pp. 245-251.

### 저자 소개



#### **박상욱(Sang-Wook Park)**

2018년 2월 신라대학교 전자공학과  
졸업(공학사)  
2024년 2월 신라대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학석사)  
2024년 ~ 현재 소나테크(주)

※ 관심분야 : RF & Antenna

#### **변기영(Gi-Young Byun)**



1994년 2월 인하대학교 전자공학과  
졸업(공학사)  
1998년 8월 인하대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학석사)  
2003년 2월 인하대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학박사)

2003년 3월 가톨릭대학교 강의전담 교원  
2005년 7월 삼성전기 수석연구원  
2016년 ~ 현재 한국산업기술기술평가원 PD  
※ 관심분야 : 전자부품, 통신부품, R&D정책연구



#### **윤중한(Joong-Han Yoon)**

1992년 2월 인하대학교 전자공학과  
졸업(공학사)  
1994년 8월 인하대학교 대학원 전  
자공학과 졸업(공학석사)

2003년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학  
박사)  
2005년 8월 인하대학교 Post-Doc.  
2006년 11월 요코하마 국립대학 Post-Doc.  
2008년 8월 삼성전기 책임연구원  
2008년 ~ 현재 신라대학교 전자공학과 부교수  
※ 관심분야 : RF & Antenna, Radar