

## 4.7 GHz 대역에서 동작하는 이중 선형편파 적층 안테나의 설계 및 제작

윤중한\* · 유찬세\*\*

### Design and Fabrication of Dual Linear Polarization Stack Antenna for 4.7GHz Frequency Band

Joong-Han Yoon\* · Chan-Se Yu\*\*

#### 요약

본 논문에서는 특화망에 적용 가능한 DLP(Dual Linear Polarization) 적층 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 일반적인 적층구조를 갖고 최대이득을 얻을 수 있도록 공기 갭을 갖도록 설계하였다. 격리도를 개선하기 위해서 두 개의 급전포트를 각 층으로 분리하여 설계하였다. 각각 패치의 크기는 하위층, 17.80 mm×16.70 mm(W1×L1) 그리고 상위층 18.56 mm×18.73 mm(W2×L2)이며 적층 안테나의 전체 크기는 40.0 mm(W)×40.0 mm(L)이며, 모두 두께(h) 1.6 mm, 그리고 비유전율이 4.4인 FR-4 기판을 사용하였다. 제작 및 측정결과로부터, -10 dB 반사손실을 기준으로 입력포트 1에서 100.0 MHz (4.74~4.84 GHz), 입력포트 2에서 150.0 MHz (4.67~4.82 GHz)의 대역폭을 얻었으며 전달계수 S21은 -20 dB 이하의 값을 얻었다. 또한 각 급전포트에서의 편파분리도를 얻었다.

#### ABSTRACT

In this paper, we propose DLP(Dual Linear Polarization) stack antenna for private network. The proposed antenna has general stack structure and design airgap between two substrate to obtain the maximum gain. Also, to improve cross polarization isolation, two feeding port is designed to separate for each substrate. The size of each patch antenna is 17.80 mm(W1)×16.70 mm(L1) for lower patch and 18.56 mm(W2)×18.73 mm(L2) for upper patch, which is designed on the FR-4 substrate which thickness (h) is 1.6 mm, and the dielectric constant is 4.3, and which is 40.0 mm(W)×40.0 mm(L) for total size of substrate. From the fabrication and measurement results, bandwidths of 100 MHz (4.74 to 4.84 GHz) for feeding port 1, and 150 MHz (4.67 to 4.82 GHz) for feeding port 2 are obtained on the basis of -10 dB return loss and transmission coefficient S21 is got under the -20 dB. Also, cross polarization isolation between each feeding port obtained

#### 키워드

Cross Polarization, DLP(Dual Linear Polarization), Private Network, Stack Antenna, Two Port Feeding Structure  
교차 편파, 이중 선형 편파, 특화망, 적층 안테나, 이중 단자 급전 구조

\* 신라대학교 전기전자공학과(jhyoon@silla.ac.kr)

\*\* 교신저자 : 한국전자기술연구원

• 접수일 : 2023. 02. 16

• 수정완료일 : 2023. 03. 16

• 게재확정일 : 2023. 04. 17

• Received : Feb. 16, 2022, Revised : Mar. 16, 2023, Accepted : Apr. 17, 2023

• Corresponding Author : Chan-Sei Yoo

Electronic Convergence Materials & Device Research Center, Korea Electronics Technology Institute,

Email : ychs@keti.re.kr

## I. 서 론

5세대 이동통신인 5G 통신은 초고속 (최대 20 Gbps), 초지연 (최대 1ms), 초연결 (최대 100만개 연결) 서비스 제공을 목표로 제시되었으며 2019년 4월에 세계 최초 5G 상용화 서비스를 시작하였다[1-3]. 그러나 3년 이상의 기간 동안 많은 기술적 발전이 이루어졌지만 초고주파 대역(밀리미터·mmWave)인 28 GHz 대역을 사용하는 이동통신 서비스는 여전히 정상적으로 이루어지고 있지 않다. 밀리미터파 대역의 이동통신 서비스가 지연되는 원인은 28GHz 대역 RF 핵심부품 및 배터리 등의 혁신적인 부품개발이 지연되고 있으며 또한 일반 5G 기지국 장비에 비해 커버리지가 10배 이상 좁기 때문에 전국망 서비스를 위해서는 기존 비용에 비해 10배 이상의 막대한 비용이 투입되어야 한다는 점이다.

그럼에도 불구하고 폭증하는 트래픽 및 데이터 수요를 충족할 수 있는 네트워크의 필요성이 계속 증가하고 있고 세계적인 디지털 대전환에 따라 확대되는 5G 관련시장을 선점하기 위해 5G를 활용한 융합서비스 개발 및 확산이 활발히 이루어지고 있는 시점이다.

이와 같이 5G 이동통신 서비스의 활성화를 위해 기존 이동통신사에서 제공하는 public 5G 이외의 한정된 지역 내에서 5G 서비스를 제공하고자 하는 private 5G, 즉 특화망에 대한 수요가 제기되었다[4].

특화망이란 통신과 정보기술(IT)을 결합한 5G 융합 서비스를 필요로 하는 사업자가 직접 두 가지 5G 주파수(4.7 GHz 대역, 28 GHz 대역)를 공급받아 특정 지역(건물, 공장 등)에서 도입하고자 하는 서비스에 특화된 맞춤형 네트워크를 말한다[5-6].

5G 특화망 주파수는 기존 이동통신사업자의 28 GHz 대역 주파수와 인접한 28.9~29.5 GHz 대역(600 MHz 폭)에서 우선 공급하며 6 GHz 이하 대역은 지역적 공동사용 등을 통해 4.72~4.82 GHz 대역(100 MHz 폭)이 확정되었다. 특화망은 특정 구역 내에서 네트워크를 구성하는 LAN과 같은 기능을 담당하지만 기존 네트워크와는 다른 특징들을 갖고 있다[7].

한편 적층 구조에 대한 많은 연구들이 진행되었으며[8-10] 채널 용량을 증가시킬 수 있는 방법 중에 하나로 제안된 이중 선형 편파(DLP, Dual

Linear Polarization)에 대한 연구 또한 진행되어 왔으며 다양한 구조에 적용될 수 있는 이중 직선 편파 패치 안테나가 연구되어 왔다[11-17].

본 논문에서는 특화망 주파수 대역 중에 하나인 6 GHz 이하 주파수 대역인 4.7 GHz에 적용되는 이중 직선편파 특성을 갖는 배열안테나를 설계하고자 한다. 제안된 안테나는 격리도 향상을 위해서 각 층별 급전구조를 갖는 적층형태로 설계하였으며 편파 분리도가 최소 10 dB 이상이 되도록 설정하였으며 또한 일반적인 안테나 특성인 반사손실(-10 dB 기준), 방사패턴, 최대이득을 얻기 위해 시뮬레이션을 진행하였다. 주어진 조건을 바탕으로 최적화 된 시뮬레이션 결과를 바탕으로 비유전율 4.4의 FR-4 유전체 기판위에 설계된 적층 안테나를 제작하였다. 제작 후 측정을 통해 일반적인 안테나 특성인 반사손실, 방사패턴 그리고 이득뿐만 아니라 DLP 안테나의 특성을 나타내는 편파분리도에 대한 결과를 나타내었다. 2장에서는 제안된 안테나의 구조와 시뮬레이션 결과를 설명하고 그 결과를 바탕으로 3장에서는 제작 및 측정결과를 설명하였고 4장에서는 본 논문의 결과를 설명하였다.

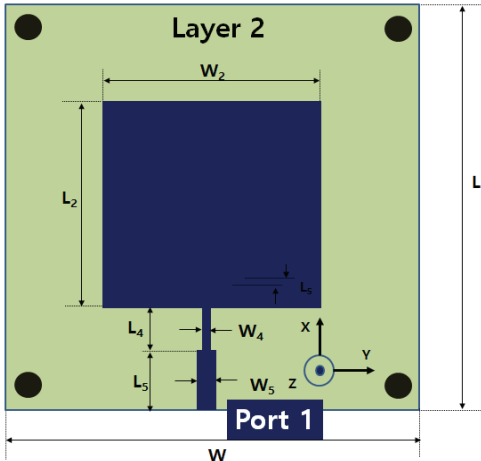
## II. 제안된 안테나 구조와 시뮬레이션

그림 1은 제안된 적층형태의 DLP 안테나의 구조를 나타내었다. 같은 크기의 두 개의 기판을 서로 쌓아 적층하였으며 충분한 이득을 얻기 위해서 두 기판사이의 공기 갭을 갖도록 제안하였다. 또한 격리도를 개선하기 위하여 두 개의 급전 단자(Port 1, Port 2)를 분리하였으며 아랫 기판에 급전단자를 포트 2로 설정하고 위 기판에 급전 단자를 포트 1로 설정하였다.

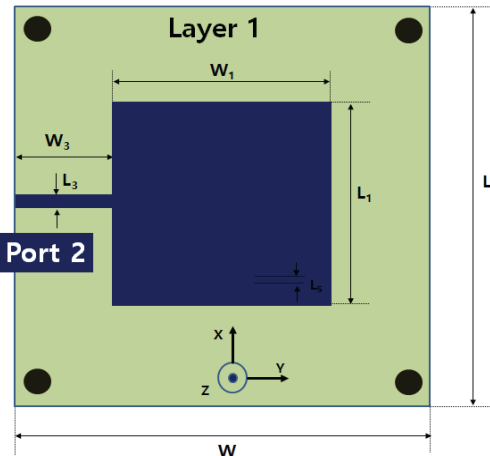
DLP 특성을 갖는 단일안테나에 대한 설계를 진행한 후 적층구조의 안테나에 대한 설계를 순차적으로 진행하였다. 적층구조 안테나에서, 급전단자(Port 2)와 연결된 하위층의 패치 크기는  $17.80 \text{ mm} \times 16.70 \text{ mm} (W_1 \times L_1)$ 이며 또한 입력단자(Port 1)와 연결된 상위층(layer 2)의 패치 크기는  $18.56 \text{ mm} \times 18.73 \text{ mm} (W_2 \times L_2)$ 이며 전체 기판의 크기는  $40.0 \text{ mm} \times 40.0 \text{ mm} (W \times L)$ 이다. 더불어 상위층 기판(layer 2)과 하위층 기판(layer 1)사이의 공기 갭(airgap)의 크기

는 0.8 mm로 설정하였다. 각 기판은 유전율이 4.4이고 두께가 1.6 mm인 FR-4를 사용하였다.

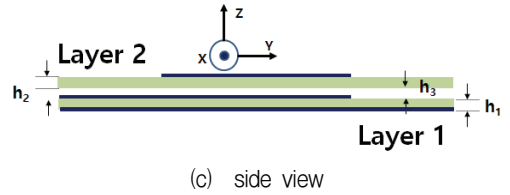
그림 2는 제안된 DLP 적응 안테나의 시뮬레이션 결과를 나타내었다. -10 dB 시뮬레이션 반사손실의 경우, 급전포트를 포트 1로 설정했을 때 160 MHz (4.69~4.85 GHz) 대역폭을 얻었으며 4.77 GHz에서 -24.684 dB의 반사손실을 얻었다. 또한 급전포트를 포트 2로 설정했을 때 190 MHz (4.67~4.87 GHz)의 대역폭을 얻었으며 4.77 GHz에서 -33.187 dB의 반사손실을 얻었다. 시뮬레이션 전달계수 S21은 특화망 주파수 대역에서 -20 dB 이하의 값을 얻었다. 즉, 4.72 GHz에서 -28.091 dB, 4.77 GHz에서 -26.637 dB, 그리고 4.82 GHz에서 -25.724 dB의 시뮬레이션 결과를 얻었다.



(a) upper layer(layer 2)



(b) lower layer(layer 1)



(c) side view

그림 1. 제안된 안테나의 구조 : (a) 상위층 (layer 2) (b) 하위층 (layer 1) 그리고 (c) 측면도

Fig. 1 Configuration of the proposed antenna : (a) upper layer(layer 2) (b) lower layer(layer 1) and (c) side view

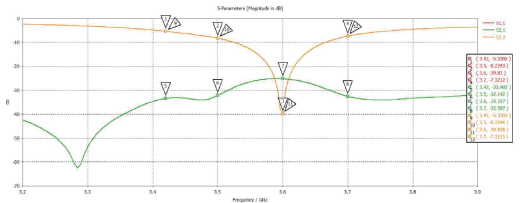


그림 2. 급전점이 포트 1과 포트 2일 때 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사손실 (S11, S22), 전달계수 (S21)

Fig. 2 Simulation reflection loss (S11, S22), transmission coefficient (S21) according to the proposed antenna, at the feeding point port 1 and feeding point port 2.

설계 시 상용 툴인 CST를 사용하였으며 설계된 안테나의 최적화한 수치는 표1에 나타내었다.

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

Parameters	Value [mm]	Parameters	Value [mm]
L	40.0	W	40.0
L <sub>1</sub>	17.80	W <sub>1</sub>	16.70
L <sub>2</sub>	18.56	W <sub>2</sub>	18.73
L <sub>3</sub>	2.80	W <sub>3</sub>	11.0
L <sub>4</sub>	4.20	W <sub>4</sub>	1.20
L <sub>5</sub>	7.14	W <sub>5</sub>	2.80
t <sub>1</sub>	1.60	t <sub>2</sub>	1.60
t <sub>3</sub>	0.80		

그림 3, 4, 5, 그리고 6은 제안된 안테나의 시뮬레이션 3D 방사패턴을 나타내었다. 그림 3 그리고 그림 4는 포트 1에서 급전을 했을 때 4.72 GHz 그리고 4.82 GHz 주파수에서, 그림 5 그리고 그림 6은 포트 2에서 급전을 했을 때 4.72 GHz 그리고 4.82 GHz 주

파수에서의 방사패턴 특성에 대한 시뮬레이션 결과로부터 확인하였다. 포트 1에서 급전을 했을 때, 시뮬레이션 결과로부터 최대이득은 각각 4.72 GHz에서 5.24 dBi 그리고 4.82 GHz에서 5.79 dBi의 결과를 얻었다.

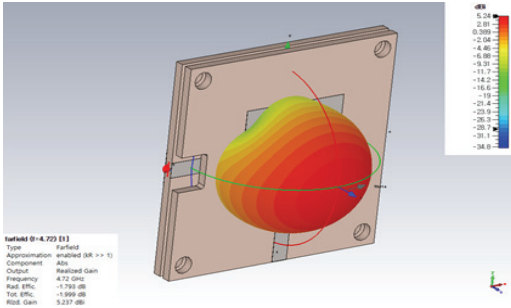


그림 3. 급전점이 포트 1일 때 4.72 GHz에서 시뮬레이션된 3-D 방사패턴  
Fig. 3 Simulated 3-D radiation pattern in 4.72 GHz when feeding point is port 1

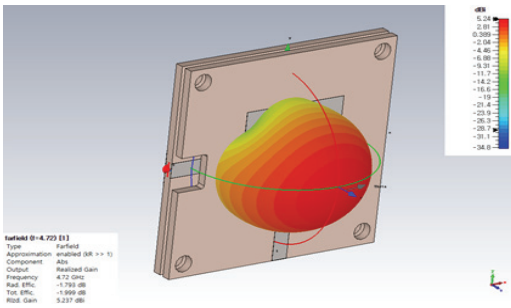


그림 4. 급전점이 포트 1일 때 4.82 GHz에서 시뮬레이션된 3-D 방사패턴  
Fig. 4 Simulated 3-D radiation pattern in 4.82 GHz when feeding point is port 1

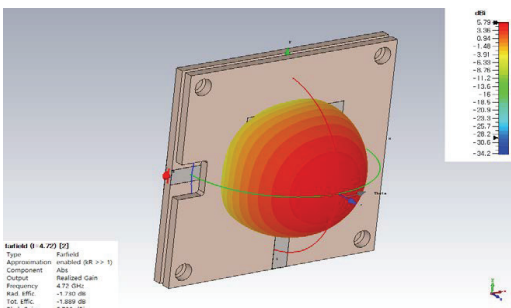


그림 5. 급전점이 포트 2일 때 4.72 GHz에서 시뮬레이션된 3-D 방사패턴  
Fig. 5 Simulated 3-D radiation pattern in 4.72 GHz when feeding point is port 2

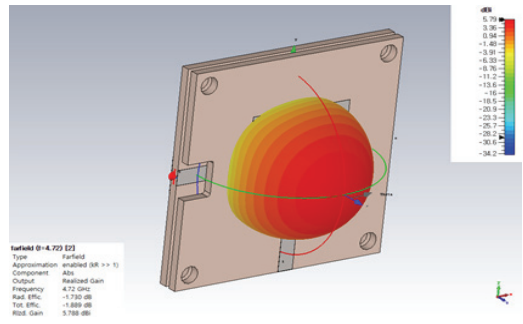
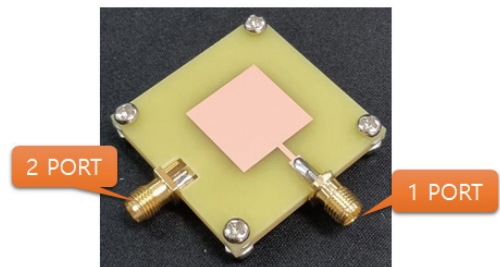


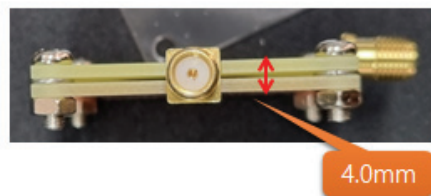
그림 6. 급전점이 포트 2일 때 4.82 GHz에서 시뮬레이션된 3-D 방사패턴  
Fig. 6 Simulated 3-D radiation pattern in 4.82 GHz when feeding point is port 2

한편 포트 2에서 급전을 했을 때, 시뮬레이션 3D 방사패턴의 최대이득은 각각 4.72 GHz에서 5.53 dBi, 그리고 4.82 GHz에서 5.55 dBi의 결과를 얻었다. 이와 같은 시뮬레이션 결과로부터 제안된 안테나를 실제 제작 및 측정하였다.

### III. 제작 및 측정결과



(a) front view



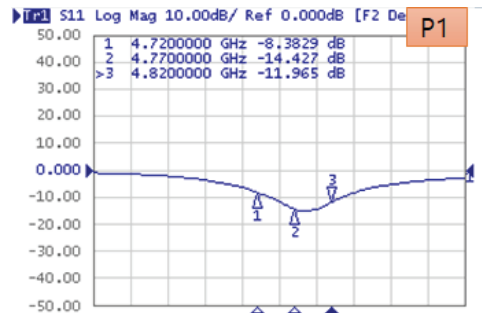
(b) side view

그림 7. 제안된 안테나의 프로토타입 : (a) 평면도 그리고 (b) 측면도  
Fig. 7 Prototype of the proposed antenna : (a) front view and (b) side view

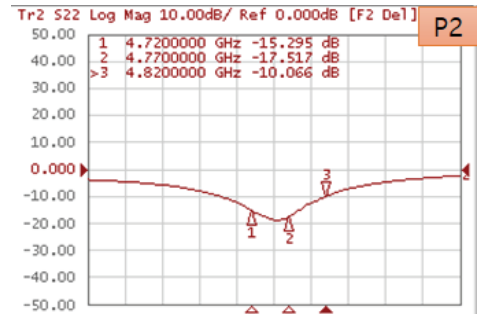
그림 7은 시뮬레이션 결과로부터 최적화된 수치를 적용하여 제작된 이중 선형 편파 특성을 갖는 적응 안테나를 나타내고 있다. 정확한 측정결과를 얻기 위해서 두 기관사이 공기 갭의 두께를 정확히 조절하는 것이 중요하며 나사를 사용하여 고정하였다. 그림 7(a)은 제작된 안테나의 평면도를 나타내고 있으며 그림 7(b)은 제작된 안테나의 측면도를 나타내었다. 그림 8은 제작한 안테나의 반사손실 그리고 전달 계수 특성에 대한 측정결과를 나타내었다. 그림 8(a)은 S11에서의 측정된 반사손실 특성을 나타내었으며 그림 8(b)은 S22에서의 측정된 반사손실 특성을 나타내었다. 또한 그림 8(c)은 제안된 안테나의 측정된 전달 계수를 나타내었다. 측정결과, -10 dB 반사손실을 기준으로 급전점을 포트 1로 설정했을 때 100.0 MHz (4.74~4.84 GHz) 대역폭을 얻었으며 4.77 GHz에서 -14.427 dB의 반사손실을 얻었다. 이러한 결과로부터 측정결과 데이터는 원하는 주파수대역에서 약간 상위주파수 대역으로 이동했음을 확인할 수 있었다. 또한 급전점을 포트 2로 설정했을 때 150.0 MHz (4.67~4.82 GHz)의 대역폭을 얻었으며 4.77 GHz에서 -17.517 dB의 반사손실을 얻었다. 전달계수 S21은 측정주파수 대역에서 -20 dB 이하의 값을 얻었다. 즉, 각 측정주파수(4.72 GHz, 4.77 GHz, 4.82 GHz)에서 각각 -23.996 dB, -22.657 dB, 그리고 -21.663 dB의 측정결과를 얻었다. 전달계수 S21은 격리도를 나타내는 지표로서 예상대로 급전포트 1과 2와의 분리를 통해 좋은 측정결과를 얻을 수 있었다.

그림 9, 10, 그리고 11은 제작된 안테나의 입력 포트 1에서 3D 방사패턴을 측정된 결과이다. 그림 9는 4.72 GHz 주파수에서, 그림 10은 4.77 GHz에서, 그리고 그림 11은 4.82 GHz에서 측정된 3D 방사패턴을 나타내었다. 측정된 3D 방사패턴은 전체적으로 전방향의 방사패턴 특성을 나타내었다. 최대이득은 측정 주파수에서 각각 3.64 dBi, 4.99 dBi, 그리고 4.84 dBi를 얻었다.

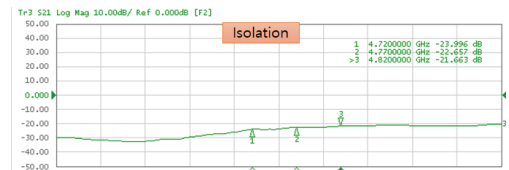
한편 그림 12, 13, 14는 제작된 안테나의 입력 포트 2에서 3D 방사패턴을 측정된 결과이다. 그림 12는 4.72 GHz 주파수에서, 그림 13은 4.77 GHz에서, 그리고 그림 14는 4.82 GHz에서 측정된 3D 방사패턴을 나타내었다. 최대이득은 측정 주파수에서 각각 5.54 dBi, 6.06 dBi, 그리고 5.99 dBi를 얻었다.



(a) S11



(b) S22



(c) S21

그림 8. 제안된 안테나의 측정된 특성 : (a) 반사손실(S11), (b) 반사손실(S22), 그리고 (c) 전달계수(S21)

Fig. 8 The measured return loss results of the proposed antenna: (a) reflection coefficient(S11), (b) reflection coefficient(S11), and (c) transmission coefficient(S21)

제안된 안테나의 중요한 특성 중에 하나인 편파 분리도는 표 2에 나타내었다. 편파분리도는 급전점이 포트 1과 포트 2일 때 각 주파수에 따른 편파 분리도를 나타내었고 편파분리도는 직교성분의 신호를 의미하므로 co-pol. 과 cross-pol.의 차이가 설명하고 있으며 입력포트가 1일 때 편파분리도는 7.74 dB에서 9.62 dB 사이 값을 얻었으며 입력포트가 2일 때 편파분리도는 14.57 dB에서 16.76 dB 사이 값을 얻었다.

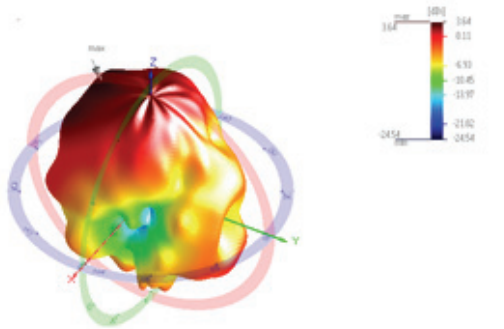


그림 9. 급전점이 포트 1일 때 4.72 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 9 Measured 3-D radiation pattern in 4.72 GHz when feeding point is port 1

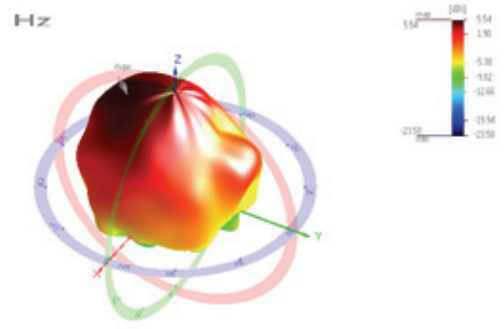


그림 12. 급전점이 포트 2일 때 4.72 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 12 Measured 3-D radiation pattern in 4.72 GHz when feeding point is port 2

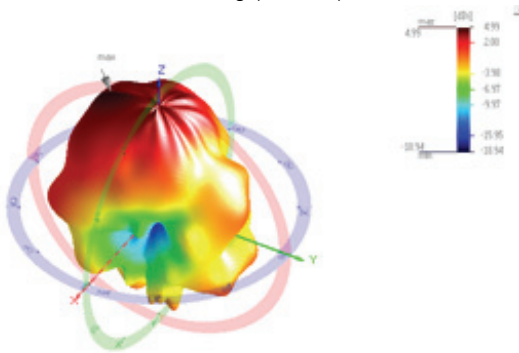


그림 10. 급전점이 포트 1일 때 4.77 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 10 Measured 3-D radiation pattern in 4.77 GHz when feeding point is port 1

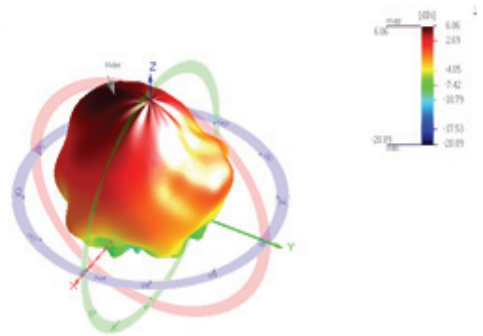


그림 13. 급전점이 포트 2일 때 4.77 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 13 Measured 3-D radiation pattern in 4.77 GHz when feeding point is port 2

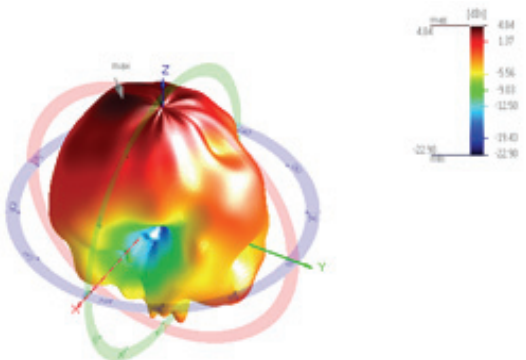


그림 11. 급전점이 포트 1일 때 4.82 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 11 Measured 3-D radiation pattern in 4.82 GHz when feeding point is port 1

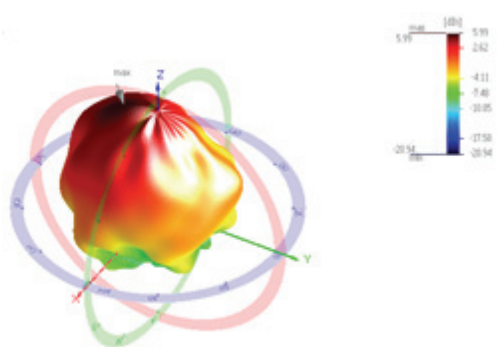


그림 14. 급전점이 포트 2일 때 4.82 GHz에서 측정된 3-D 방사패턴  
 Fig. 14 Measured 3-D radiation pattern in 4.82 GHz when feeding point is port 2

표 2. 급전점이 각각 포트 1 그리고 포트 2일 때 측정된 co-pol. 과 cross-pol. 특성

Table 2. Measured characteristics of co-pol. and cross-pol (a) when feeding point is 1, (b) when feeding point is 2

Freq. (GHz)	Stack Antenna(Port 1)				
	Pol. V (dBi)			Pol. H (dBi)	
	Peak Gain	Co-pol. Gain	Cross-p d. Gain	Co-pol. Gain	Cross-pol. Gain
4.72	3.64	3.50	-6.12	3.50	-4.27
4.77	4.99	4.62	-5.29	4.82	-2.44
4.82	4.84	4.60	-3.14	4.60	-2.88

(a) When feeding point is port 1

Freq. (GHz)	Stack Antenna(Port 2)				
	Pol. V (dBi)			Pol. H (dBi)	
	Peak Gain	Co-pol. Gain	Cross-p d. Gain	Co-pol. Gain	Cross-p d. Gain
4.72	5.54	4.60	-12.0	4.60	-4.48
4.77	6.06	5.09	-11.37	5.09	-4.52
4.82	5.99	4.82	-9.75	4.82	-4.81

(b) When feeding point is port 2

#### IV. 결론

본 논문에서는 5G 특화망 대역인, 4.7 GHz 대역에서 동작하는 적응구조의 이중 선형 편파 안테나를 설계, 제작 및 측정하였다. 두 개의 기판을 일반적인 적응형태로 배치하였으며 이득 개선을 위해 두 개의 기판사이에 공기 갭의 간격을 설정하였다. 격리도 향상을 위해 급전선로는 두 개의 층에 의해 각각 분리되도록 설계하였다. 상용 툴인 CST를 사용하였으며 시뮬레이션 결과부터 안테나를 제작하였다. 측정결과로부터 -10 dB 반사손실을 기준으로 급전점을 포트 1로 설정했을 때 100.0 MHz (4.74~4.84 GHz) 대역폭을 얻었으며 4.77 GHz에서 -14.427 dB의 반사손실을 얻었다. 또한 급전점을 포트 2로 설정했을 때 150.0 MHz (4.67~4.82 GHz)의 대역폭을 얻었으며 4.77 GHz에서 -17.517 dB의 반사손실을 얻었다. 전달계수 S21은 측정주파수 대역에서 -20 dB 이하의 값을 얻었다. 즉, 각 측정주파

수 4.72 GHz, 4.77 GHz, 4.82 GHz)에서 각각 -23.996 dB, -22.657 dB, 그리고 -21.663 dB의 측정 결과를 얻었다. 측정된 3D 방사패턴은 전체적으로 전방향으로 방사패턴 특성을 나타내었으며 입력포트가 1일 때 최대이득은 3.64 dBi에서 4.99 dBi, 편파분리도는 7.74 dB에서 9.62 dB까지의 값을 얻었으며 그리고 입력포트가 2일 때 최대이득은 5.54 dBi에서 6.06 dBi, 편파분리도는 14.57 dB에서 16.76 dB 사이 값을 얻었다. 향후 이동통신 시스템의 경우 속도 와 용량에 대한 문제가 계속 제기되고 있으므로 높은 편파분리도를 갖는 DLP 안테나에 대한 다양한 연구가 필요하다

#### 감사의 글

본문은 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술관리평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행된 연구결과 중 일부임. (소재부품기술개발사업-초고주파·저잡음·저손실 LTCC 필터, 액티브 안테나 및 이를 적용한 5G 특화망용 중계 모듈 개발, 과제번호 : 20022409).

#### Reference

- [1] Y. Chen, "5G future mobile communication," *The Proc. of the Korea Electromagnetic Engineering Society*, vol. 25, no. 4, Apr. 2014, pp. 3-12.
- [2] G. Kang, H. Lee, S. Park, W. Kang, and B. Kwon, "Current trends of 5G wireless technology," *J. of Telecommunications Technology Association*, vol. 163, Jan. 2016, pp. 51-57.
- [3] KAIST, "Current trends and future perspectives of 5G network technology and industry," *Issue paper*, no. 19, Dec. 2020.
- [4] S. Lee, "Current trends and future perspectives of private network," *J. of Telecommunications Technology Association*, vol. 194, Mar. 2021, pp. 18-25.
- [5] D. Park, "5G vertical service and private network," *J. of Telecommunications Technology Association*, vol. 194, Mar. 2021, pp. 26-31.
- [6] D. Min, Y. Shin, and J. Ahn, "Research on the

- trend in private 5G introduction in a foreign country," *Electronics and telecommunications trend*, vol. 35, no. 5, Oct. 2020, pp. 139-150.
- [7] Korea Communications Agency, "5G private network guideline," *Technical report*, Oct. 2021.
- [8] W. Ltutzman and G. Ahiele, *Antenna Theory and Design 3rd*. London : John Wiley & Sons Inc., 2012.
- [9] G. Kim, O. Kim, and S. Rhee, "Design of L-shaped dual inset feeding microstrip stacked patch antenna," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 3, June 2019, pp. 461-466.
- [10] T. Yun, "Broadband patch antenna for wireless LAN communication of 5 GHz band," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 3, June 2021, pp. 395-400.
- [11] J. Lee, T. Oh, J. Ha, and Y. Lee, "Design of dual-polarization antenna with high cross-polarization discrimination," *J. of the Korean Institute of Information, Electronics, Telecommunications and Technology Science*, vol. 10, no. 3, Mar. 2017, pp. 199-205.
- [12] J. Kim, H. Ryu, M. Chae, J. Kim, B. Park, and Y. Park, "Design and Fabrication of a dual linear polarization Sinuous antenna with improved cross polarization isolation," *J. of Advanced Navigation Technology*, vol. 22, no. 2, Apr. 2018, pp. 123-132.
- [13] J. Kim and Y. Sung, "Dual-Band microstrip patch antenna with switchable orthogonal linear polarization," *J. of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 18, no. 4, Oct. 2018, pp. 215-220.
- [14] B. Tao, Y. He, G. Tang, C. Chang, and J. Ding, "Dual band and Dual ploarization microstrip antennas loaded with split ring Resonators," In *Proc. Int. Symp. on Antenna and Propagation (ISAP)*, Busan, Korea, 2018, pp. 859-860.
- [15] J. Yoon, "Design and Fabrication of DLP Array Antenna for 3.5 GHz Band," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 6, June 2021, pp. 1037-1044.
- [16] V. Nguyen, P. Dzagbletey, and J. Chung, "Design of slotted patch antenna with dual linear polarization," In *Proc. The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science Summer Conf.*, Jeju, Korea, Aug. 2021, pp. 360.
- [17] J. Yoon, "Design and Fabrication of Dual Linear Polarization Antenna for 28 GHz Band," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 1, Jan. 2022, pp. 13-22.

### 저자 소개



#### 윤중한(Joong-Han Yoon)

1992년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1994년 8월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 3월 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2005년 8월 인하대학교 Post-Doc.

2006년 11월 요코하마 국립대학 Post-Doc.

2008년 8월 삼성전기 책임연구원

2008년 9월 ~ 현재 신라대학교 전기전자공학과 교수

※ 관심분야 : 전파 및 안테나



#### 유찬세(Chan-Sei Yoo)

1996년 서울대학교 자원공학과 졸업(공학사)

1998년 서울대학교 대학원 자원공학과 졸업(공학석사)

2010년 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2013년 UCSD 전자공학과 객원연구원

2016년 IEEE Senior member 선임

1998년 ~ 현재 한국전자기술연구원 융복합전자소재 연구센터 센터장

※ 관심분야 : 전파, 통신 부품 및 시스템