

## Planar Microstrip Patch Antenna for 5G Wireless Applications

Jang-Wook Kim\*, Joo-Seong Jeon\*

\*Professor, Dept. of Information Electronic Engineering, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea

\*Professor, Dept. of Information Electronic Engineering, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea

### [Abstract]

This paper describes a planar microstrip patch antenna designed on dielectric substrate. Two types of planar microstrip patch antennas are studied for the 5G wireless applications, one type is conventional microstrip structure, the other type is stacked microstrip structure fed by coaxial probe. Using electromagnetically coupling method, stacked microstrip patch antenna employing a multi-layer substrate structure was designed. The results indicate that the proposed stacked microstrip patch antenna performs well at 5G wireless service bandwidth a broadband from 3.42GHz to 3.70GHz. The impedance bandwidth( $VSWR \leq 2$ ) is 360MHz(10.28%) from 3.42GHz to 3.78GHz. In this paper, through the designing of a stacked microstrip patch antenna, we have presented the availability for 5G wireless repeater system.

▶ **Key words:** Planar structure, Microstrip antenna, 5G Wireless

### [요 약]

본 논문은 유전체 기판 상에 설계한 평면형 마이크로스트립 패치 안테나를 기술하였다. 5세대 이동통신 적용을 위하여 2가지 타입의 평면형 마이크로스트립 패치 안테나를 연구하였으며 한 타입은 일반적인 마이크로스트립 구조이며 다른 한 타입은 동축 프로브 급전의 적층된 마이크로스트립 구조이다. 전자기적인 커플링 방식을 사용한 적층된 마이크로스트립 패치는 다층기판 구조에서 설계되었다. 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 3.42GHz~3.70GHz 광대역의 5G 서비스 대역에서 양호한 결과를 나타냈다. 임피던스 대역폭( $VSWR \leq 2$ )은 3.42GHz~3.78GHz에서 360MHz(10.28%)를 나타냈다. 본 논문의 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 설계를 통하여 5G 이동통신 중계 시스템에 적용가능성을 확인하였다.

▶ **주제어:** 평면형 구조, 마이크로스트립 안테나, 5G 이동통신

- 
- First Author: Jang-Wook Kim, Corresponding Author: Joo-Seong Jeon
  - Jang-Wook Kim (jwkim@dongyang.ac.kr), Dept. of Information Electronic Engineering, Dongyang Mirae University
  - Joo-Seong Jeon (jamesjjs@dongyang.ac.kr), Dept. of Information Electronic Engineering, Dongyang Mirae University
  - Received: 2021. 11. 24, Revised: 2021. 12. 31, Accepted: 2021. 12. 31.

### I. Introduction

국내 5G 이동통신 서비스는 2019년 4월 주파수 송출을 시작한 이후 현재 본격적인 서비스를 진행 중에 있다. 초고속, 초저지연, 초연결 특성을 갖는 5G 이동통신은 4차 산업혁명의 핵심 인프라가 되어 다양한 융복합 서비스 창출을 견인하고 있다.

5G 이동통신은 지금까지의 이동통신 서비스 주파수 대역과는 달리 3.5GHz 고주파 대역을 사용하고 있다. 현재 운용중인 세계 주요 국가들의 CDMA/WCDMA/LTE 이동통신 주파수 대역은 800~900MHz, 1,700~1,800MHz, 1,900~2,100MHz, 2,500~2,600MHz를 할당받아 운용 중에 있다. 전파전파 특성이 비교적 양호한 주파수 자원의 고갈로 인하여 5G 이동통신 주파수 대역은 전파전파 특성이 LTE 서비스 대비 다소 불리한 S-Band 3.5GHz 고주파 대역이 할당될 수밖에 없는 실정이다[1][2].

본 논문에서는 S-Band 3.5GHz 5G 이동통신 서비스용 안테나 설계에 관한 연구를 진행하였다. 안테나의 설계목표는 국내 이동통신 3사에 할당된 3.42~3.70GHz(대역폭 280MHz) 5G 이동통신 서비스 주파수 대역에서 사용되는 평면형 광대역 소형 안테나이다. 본 연구를 통하여 5G 이동통신 서비스 주파수 대역에서 사용될 수 있는 안테나는 단층구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나로는 광대역 및 고이득 특성을 충족할 수 없어 새로운 구조의 안테나 개발이 필요하다는 것을 확인하였다.

본 논문에서는 평면형 마이크로스트립 패치 안테나를 단층구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하여 그 특성을 고찰하여 새로운 구조의 적층된 마이크로스트립 패치 안테나를 본 논문에서 제안하였다. 또한 두 가지 구조의 안테나의 제반 특성을 확인하여 비교 우위의 5G 이동통신 안테나로의 활용 가능성을 고찰하였다.

본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 복사소자를 적층형 구조로 설계하여 고이득 및 광대역 특성을 유도하였으며 마이크로스트립 급전선에서 주로 발생하는 기생 리액턴스 성분을 개선하기 위하여 동축 프로브(coaxial probe) 급전구조로 설계하여 5G 이동통신용 안테나로의 활용 가능성을 입증하였다.

본 논문에서 연구한 평면형 마이크로스트립 패치 안테나는 인쇄회로기판(PCB) 구조로 포토에칭 방식을 사용하므로 제작공정이 단순화되어 대량 생산에도 균일한 특성을 재현할 수 있을 뿐만 아니라 어레이로 구성할 경우, 대출력 이동통신 기지국용 안테나로 적용이 가능한 장점을 갖는다. 소형, 경량으로 설치공간의 제한을 받지 않아 그 활용성은 무한하게 확장될 수 있을 것으로 예상된다.

본 논문의 구성은 II장에서 마이크로스트립 패치 안테나의 구조분석, III장에서는 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 특성고찰, VI장에서는 제작된 안테나의 실험 결과, V장에서 본 논문에서 연구한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 특성분석을 통한 결론을 도출하였다.

### II. Microstrip Patch Antenna Structure

본 논문에서는 평면형 마이크로스트립 패치 안테나 설계를 위해서 3-port 전송선로 모델링 해석방법을 사용하여 초기 설계 파라미터를 산출하였다. 그림 1에서 나타낸 바와 같이 사각형 마이크로스트립의 폭(W)이 다른 전송선로가 연결되어 있는 선형 공진기로 가정한다.

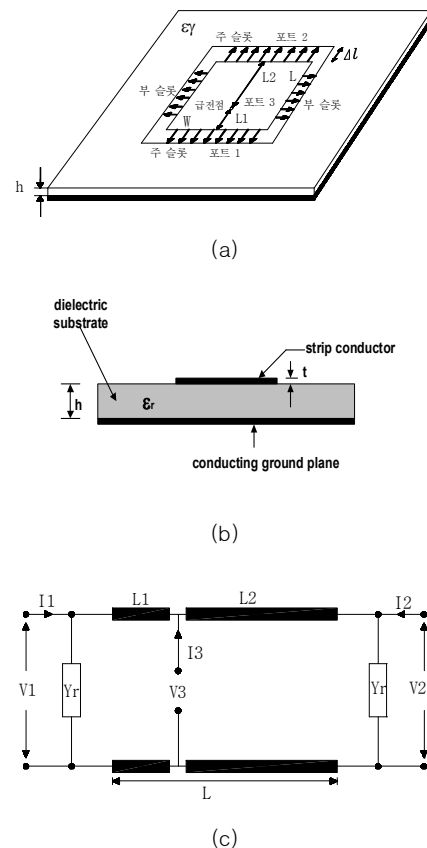


Fig. 1. Microstrip patch antenna. (a) top view, (b) side view, (c) equivalent circuit

사각형 마이크로스트립의 길이(L)를 사용 주파수의 반파장이 되도록 구성한다고 가정하면 양단에 누설되는 전계의 수직성분은 상쇄되어 없어지고 수평성분만 남으므로, 두 개의 슬롯이 약 반파장 정도 떨어진 경우로 등가화 시

킬 수 있다. 상호 커플링을 고려한 3-port 모델의 어드미턴스 행렬식을 구하여 port 1로 급전되는 경우 즉 마이크로스트립 급전을 고려하면 입력 어드미턴스는  $I_2=I_3=0$ 라는 가정에 의해서 전류행렬 식으로 전개하면 식(1)과 같다.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2=0 \\ I_3=0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_r - jY_0 \coth(\gamma_g L_1) & -Y_m & -Y_0 \operatorname{csch}(\gamma_g L_1) \\ -Y_m & Y_r + Y_0 \coth(\gamma_g L_2) & -Y_0 \operatorname{csch}(\gamma_g L_2) \\ -Y_0 \operatorname{csch}(\gamma_g L_1) & -Y_0 \operatorname{csch}(\gamma_g L_2) & Y_0 \coth(\gamma_g L_1) + Y_0 \coth(\gamma_g L_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

전류 행렬 식(1)을 전개하면 마이크로스트립 패치 안테나의 입력 어드미턴스를 식(2)와 같이 구할 수 있다[3].

$$Y_{in} = 2Y_0 \left[ \frac{Y_0^2 + Y_r^2 - Y_m^2 + 2Y_r Y_0 \coth(\gamma_g L) - 2Y_m Y_0 \operatorname{csch}(\gamma_g L)}{(Y_0^2 + Y_r^2 - Y_m^2) \coth(\gamma_g L) + (Y_0^2 - Y_r^2 + Y_m^2) \cosh(2\gamma_g L) \operatorname{csch}(\gamma_g L) + 2Y_r Y_0} \right] \quad (2)$$

여기서  $Y_0$ 는 전송선로의 특성 어드미턴스이며  $\gamma_g$ 는 복소 전파상수이며  $\gamma_g = \alpha_g + j\beta_g$ 이다. 감쇠정수  $\alpha_g$ 와 위상정수  $\beta_g$ 로 마이크로스트립 패치 안테나의 도체손실과 유전체손실을 고려하면 더 정확한 해석이 가능하다. 입력 어드미턴스를 구하는 식에서 마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수를 구할 수 있다. 즉  $Y_{in}$ 의 허수부가 0이 될 때 공진조건이 되므로 패치의 길이  $L$ 이 주어지거나 반대로 공진주파수가 주어졌을 때 공진길이  $L$ 을 결정할 수 있다.

본 논문에서는 마이크로스트립 급전선에서 주로 발생하는 기생 리액턴스 성분을 개선하기 위하여 동축 케이블 급전구조로 설계하였는데 이러한 경우 복사소자가 동축 프로브에 의하여 접지면의 뒷면에서 급전된다면 입력 임피던스를 구하는 관계식은 프로브에 의한 다음의 보정항이 추가된다.

$$Z'_{in} = \frac{1}{Y_{in}} + j \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_r}} \tan\left(\frac{2\pi h}{\lambda_0}\right) \quad (3)$$

마이크로스트립 패치 안테나는 거리  $L$  만큼 떨어진 두 개의 슬롯 형태이므로, 이를 고려하면 원거리 영역에서  $\theta = \pi/2$  [rad]일 때의 전계 E-평면과 자계 H-평면 복사패턴을 식(4)와 (5)를 이용하여 구할 수 있다.

전계 E-평면 복사패턴은

$$F(\phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \cos\phi\right)}{\frac{k_0 h}{2} \cos\phi} \cdot \cos\left(\frac{k_0 L}{2} \cos\phi\right) \quad (4)$$

자계 H-평면 복사패턴은

$$F(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos\theta\right)}{\frac{k_0 W}{2} \cos\theta} \cdot \sin\theta \quad (5)$$

마이크로스트립 패치 안테나의 임피던스 대역폭 (BandWidth)을 (6)식으로 구할 수 있다[4].

$$BW = \frac{VSWR - 1}{Q_T \sqrt{VSWR}} \quad (6)$$

여기서  $Q_T$ 는 성능지수(quality factor)이며 마이크로스트립 안테나에 입력되는 총 에너지에 대한 패치 안테나 내에 저장된 총에너지의 비를 의미한다.

### III. Proposed Stacked Microstrip Patch Antenna

평면형 마이크로스트립 패치 안테나의 단점인 좁은 주파수 대역폭을 개선시키는 연구들을 살펴보면 유전율이 낮고 두꺼운 기판의 사용하거나 안테나의 급전구조 개선, 임피던스 정합기술의 적용, 안테나 소자의 배열기술 등을 활용하면 개선 효과가 있는 것으로 보고되었다[5].

본 논문에서는 비교적 쉽게 접근할 수 있는 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나를 유전체 기판의 파라미터를 활용하는 방법으로 안테나 설계를 우선적으로 추진하였다. 즉 마이크로스트립 패치 안테나의 유전체 기판을 저유전율과 두꺼운 소재의 테프론 기판을 선택하여 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다.

그림 2에서 단층기판 구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 구조를 나타내었다. 유전체 기판은 상용 유전체 기판모델 중에서 가장 유전율이 낮은 제품( $\epsilon_r=2.17$ )을 기반으로 설계에 적용하였다.

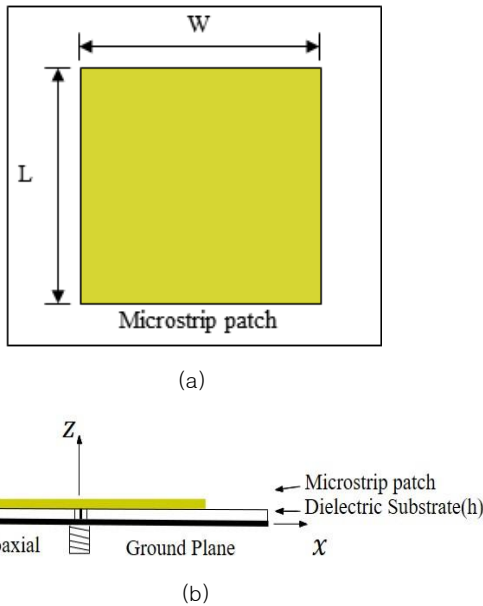


Fig. 2. Conventional microstrip patch antenna. (a) top view, (b) side view

표 1에서 단층기판 구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 파라미터를 나타냈다. 안테나 설계 파라미터는 앞 절의 입력 어드미턴스를 구하는 (3), (6)식 등을 이용하여 구할 수 있다.

Table 1. Design parameters of conventional microstrip patch antenna

방사소자	L mm	W mm	h mm	$\epsilon\gamma$	Bandwidth MHz
Microstrip patch	16.9	16.9	4.8	2.17	120

단층기판 구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 주파수 대역폭(VSWR) 특성을 시뮬레이션한 결과, 그림 3에 나타내었다. 주파수 대역폭(VSWR ≤ 2 기준) 특성은 3.46GHz~3.58GHz(3.43%, 대역폭 120MHz)으로 나타나 5G 이동통신 서비스용 안테나로의 적용을 위해서는 주파수 대역폭 특성개선이 필요하다는 것을 확인할 수 있다. 평면형 마이크로스트립 패치 안테나가 갖는 많은 장점에도 불구하고 좁은 주파수 대역폭과 낮은 이득 특성은 전파 특성이 좋지 않은 S-Band 3.5GHz 5G 이동통신용 안테나로의 적용성은 제한될 수밖에 없다. 이와 같이 평면형 마이크로스트립 패치 안테나가 갖는 주요 특성을 개선시키는 것이 실제 필드 적용을 위한 연구 주안점이 될 것이다. 최근 평면형 마이크로스트립 패치 안테나의 주파수 대역폭을 확장시키는 추가적인 연구들이 보고되었다[6][7].

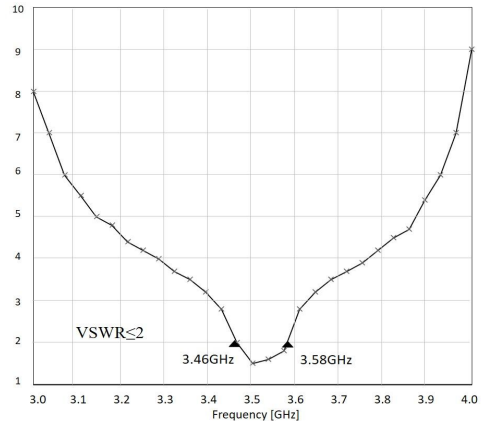
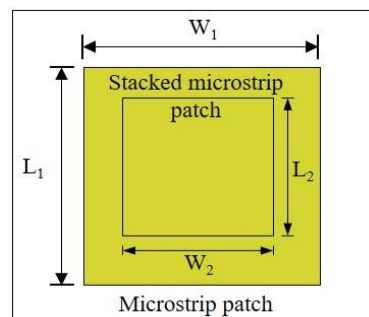


Fig. 3. Simulated curve of VSWR for the conventional microstrip patch antenna

본 논문에서는 이러한 주파수 대역폭 특성개선을 위하여 평면형 마이크로스트립 패치 안테나의 직 상단에 복사소자를 적층시키는 전자기 결합방식을 사용하여 다중공진 효과를 유도하여 주파수 대역폭을 확장시키는 시키는 방법을 시도하였다. 즉 마이크로스트립 패치 안테나가 갖는 공진주파수와 직 상단에 위치하고 있는 적층된 복사소자의 공진주파수가 결합되어 전체적인 공진주파수 대역이 넓혀지는 효과를 얻는 방식이다. 또한 마이크로스트립 패치 안테나의 유전체 기판을 두껍고 낮은 유전율을 갖는 소재의 선택 뿐만 아니라 각각의 유전체 기판 사이에 에어갭(air-gap)을 갖는 구조로 설계하여 물리적으로 제한된 상용 유전체 기판의 두께의 제약성을 극복하였다.

먼저 3-port 전송선로 모델링 방법을 통하여 기초적인 단층기판의 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 파라미터를 계산하였다. 그리고 마이크로스트립 패치 안테나의 직 상단에 적층 복사소자를 구성하여 마이크로스트립 패치와 적층 복사소자에 의한 이중공진 효과에 의한 주파수 대역폭을 확장시키는 설계기술은 MOM(Methods of Moment) 방법에 기초한 상용 시뮬레이터 IE3D를 사용 하였다[8].

그림 4에서 본 논문에서 제안된 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 구조를 나타내었다.



(a)

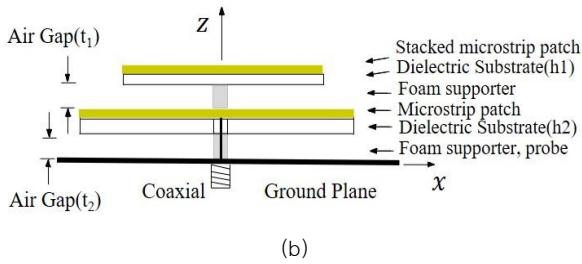


Fig. 4. Proposed stacked microstrip patch antenna. (a) top view, (b) side view

그림 2와 같은 단층구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 해석은 3-port 전송선로 모델링으로 기본적인 설계 파라미터 산출은 가능하나 그림 4에 나타난 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 구조해석은 원천 불가하므로 상기와 같은 설계 방식으로 접근하였다. 마이크로스트립 패치 안테나와 적층된 마이크로스트립 패치 안테나 사이는 각각 에어-갭을 갖는 구조를 특징으로 한다.

표 2에서 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 파라미터를 나타냈다.

Table 2. Design parameters of stacked microstrip patch antenna

방사소자	$L_1$ mm	$W_1$ mm	$L_2$ mm	$W_2$ mm	$h$ mm	$\epsilon\gamma$	$t_1$ mm	$t_2$ mm	Band-width MHz
Microstrip patch	16.9	16.9	-	-	4.8	2.17	-	4	-
Stacked microstrip	19.3	19.3	16	16	4.8	2.17	8	-	320

그림 5에서 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 주파수 특성을 시뮬레이션한 결과를 나타내었다. 주파수 대역폭(VSWR $\leq 2$  기준) 특성은 3.40GHz~3.72GHz(9.14%, 대역폭 320MHz)으로 나타났다. 시뮬레이션 결과를 살펴보면 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 주파수 대역폭이 320MHz(9.14%)이므로 5G 이동통신 서비스용 안테나로의 활용성을 위한 필요조건인 280MHz 이상의 주파수 대역폭을 확보하고 있으므로 5G 이동통신 안테나로의 활용이 가능하다는 판단을 가질 수 있다.

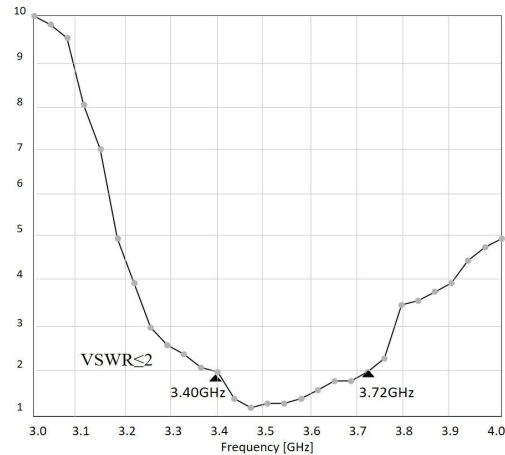


Fig. 5. Simulated curve of VSWR for the stacked microstrip patch antenna

그림 5의 시뮬레이션 결과에서 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 일반적인 구조의 마이크로스트립 패치 안테나의 주파수 대역폭으로 비교한다면 5G 이동통신 서비스 주파수 대역에서 200MHz(2.7배) 확장효과가 있는 것을 확인할 수 있다.

#### IV. Experimental Results

앞 절에서의 설계 파라미터를 기반으로 안테나를 제작하였다. 적층된 마이크로스트립 패치 안테나 제작에 사용된 유전체 기판은 비유전율  $\epsilon_r=2.17$ , 두께  $h=1.2\text{mm}$ , 손실 탄젠트  $\tan \delta=0.0009$ 인 미국 Taconic사의 TLY 유전체 기판을 사용하였다. 출시된 유전체 기판은 두께가 다양하지 못하므로 4장의 유전체 기판을 접착시켜 최종 두께  $h=4.8\text{mm}$ 로 만들어 사용하였다. 두꺼운 유전체 기판의 사용은 안테나의 대역폭을 확장시킬 수 있지만 표면파 복사와 불요모드가 발생될 수 있다[9]. 따라서 유전율이 낮은 기판을 선택하였으며 접지면과 마이크로스트립 패치와의 에어-갭( $t_2$ )과 마이크로스트립 패치와 직상단에 위치한 적층복사 소자와의 에어-갭( $t_1$ )을 갖는 구조로 설계하여 표면파 복사와 불요모드 발생을 억제할 수 있었다. 제작과정에서 에어-갭( $t_1, t_2$ )은 발포재(foam supporter)를 활용하여 일정간격으로 구성하였다.

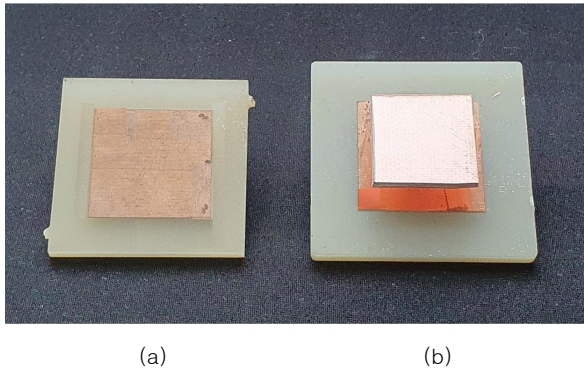


Fig. 6. Manufactured antenna. (a) conventional microstrip patch, (b) proposed stacked microstrip patch

그림 6에서 제작된 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나와 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나를 나타냈다.

본 논문의 제안된 안테나는 적층된 마이크로스트립 패치의 에어-갭( $t_1$ ), 접지면과 마이크로스트립 패치와의 에어-갭( $t_2$ )에 따라 복사 커플링 되는 값이 민감하게 변화한다. 따라서 표 2의 시뮬레이션 결과로 안테나를 제작한 후, 민감하게 변화하는 파라미터를 실험적으로 변화시켜 특성 변화에 따른 최적 상태(air-gap  $t_1$ ,  $t_2$ )를 도출하였다. 이와 같은 접근방법은 복잡한 3차원 안테나 구조체의 경우, 시뮬레이터의 특성이 근사화된 결과를 산출한다는 한계성을 극복하기 위함이다[10][11].

그림 7은 단층구조의 일반적인 마이크로스트립 패치와 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치와의 에어-갭( $t_1$ )을 7mm~12mm 까지 가변시켜 그에 따른 임피던스 특성을 네트워크 분석기로 측정된 결과이다.

마이크로스트립 패치와 적층된 마이크로스트립 패치와의 에어-갭( $t_1$ )을 7mm에서 12mm 까지 가변시켜 임피던스 대역폭 특성(VSWR $\leq 2$  조건)을 살펴보면, 에어-갭( $t_1$ ) 7mm는 260MHz (대역폭 7.42%), 10mm는 360MHz(대역폭 10.28%), 12mm는 281MHz (대역폭 8.02%)으로 측정되었다. 임피던스 궤적들은 스미스 차트의 상단부에서 50  $\Omega$  부근으로 이동되고 임피던스 궤적 내의 작은 루프도 크기가 변화한다. 즉 주파수 대역폭이 확장되는 효과를 나타내다 일정 간격을 초과하면 두 방사소자 사이의 복사 커플링 되는 양이 축소되어 대역폭 확장효과는 제한되는 것을 의미한다.

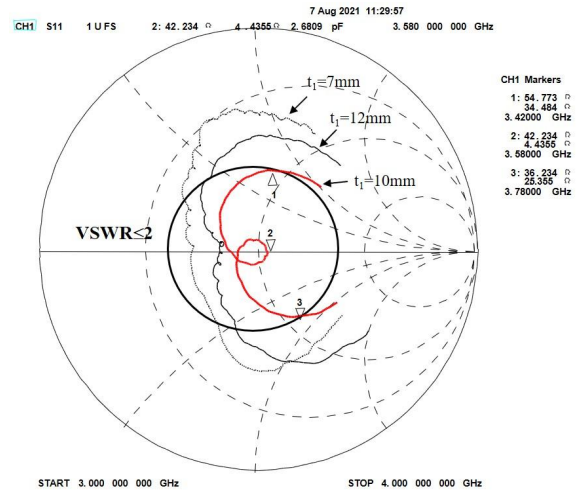


Fig. 7. Impedance bandwidth characteristics as a function of air-gap( $t_1$ )

접지면과 마이크로스트립 패치와의 에어-갭( $t_2$ ) 또한 복사 커플링 되는 값이 민감하게 변화될 수 있어 접지면과 마이크로스트립 패치와의 에어-갭( $t_2$ )을 3mm~7mm 까지 가변시켜 임피던스 특성을 측정하여 그림 8에 나타내었다.

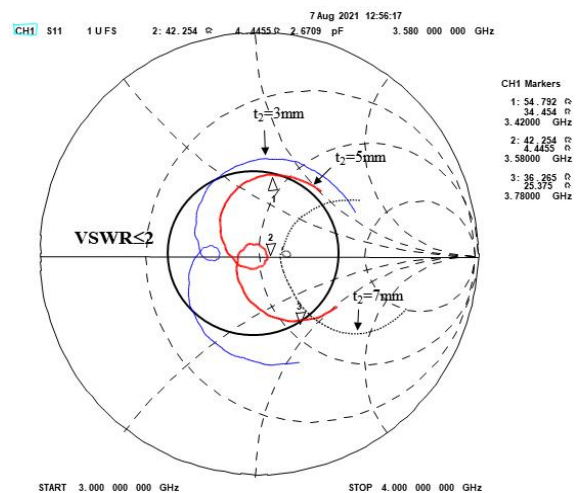
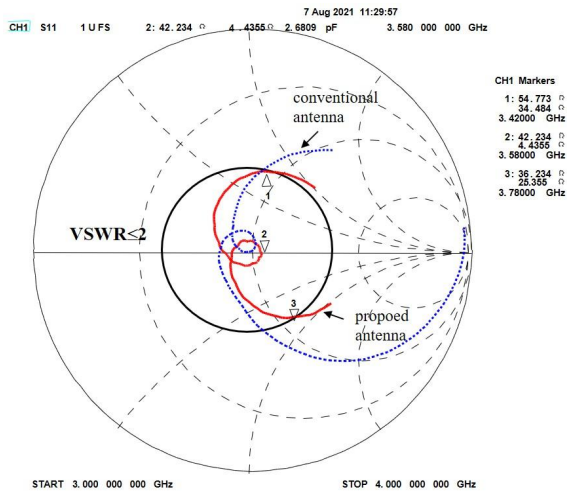


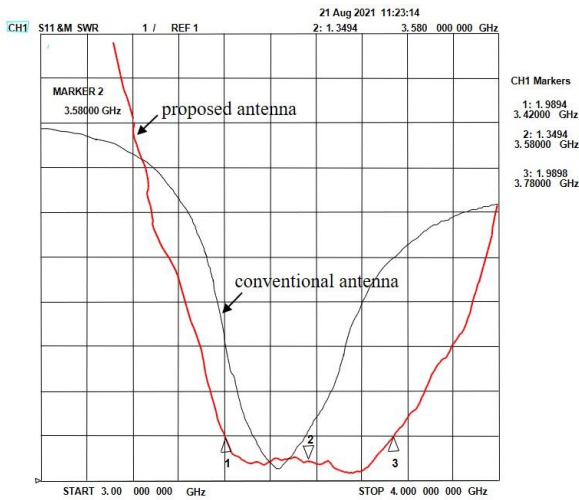
Fig. 8. Impedance bandwidth characteristics as a function of air-gap( $t_2$ )

임피던스 궤적 내의 작은 루프를 중심으로 스미스 차트의 50 $\Omega$  부근에서 좌우로 이동하는 특성을 나타나고 있으므로 최적의 임피던스 정합을 위해서 에어-갭( $t_2$ )의 조정과정에서 세심한 주의가 필요하다. 측정된 임피던스 대역폭 특성(VSWR $\leq 2$  조건)에서 에어-갭( $t_2$ )을 3mm로 설정하면 218MHz(6.22%), 5mm로 설정하면 360MHz(10.28%), 7mm로 설정하면 231MHz (6.6%)로 측정되었다.

본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나와 일반적인 구조의 단층기판 마이크로스트립 패치 안테나의 주파수 대역폭 및 임피던스 특성을 그림 9에서 비교 하였다.



(a)



(b)

Fig. 9. Comparison between the conventional microstrip patch antenna and the proposed stacked microstrip patch antenna. (a) impedance, (b) VSWR

단층기판 구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나는 표 1의 설계 파라미터를 기반으로 제작하였으나 본 논문에서 제안된 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 앞 절에서 설명한 바와 같이 실험적 방법으로 도출한 최적 조건( $t_1=10\text{mm}$ ,  $t_2=5\text{mm}$ )으로 유지한 상태에서 특성을 측정하였다.

단층기판 구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭은 3.47GHz~3.60GHz(3.77%, 대역폭 130MHz)이며 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 3.42GHz~3.78GHz(10.28%, 대역폭 360MHz)로 나타났다. 주파수 대역폭 특성으로 비교하면 3.5GHz 5G 이동통신 서비스 주파수 대역에서 230MHz (~2.8배) 광대역 특성을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 특성은 임피던스 대역폭 확장 뿐만 아니라 안테나의 이득이 향상되는 효과를 갖는다.

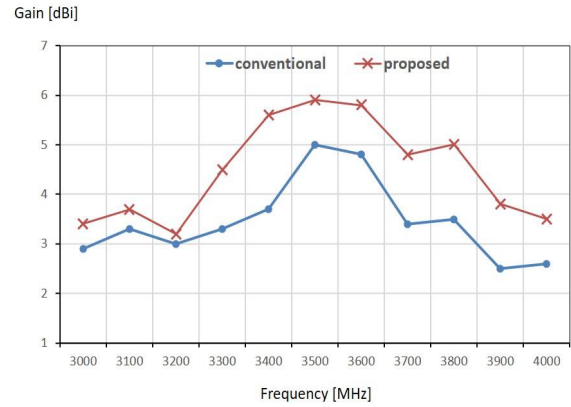
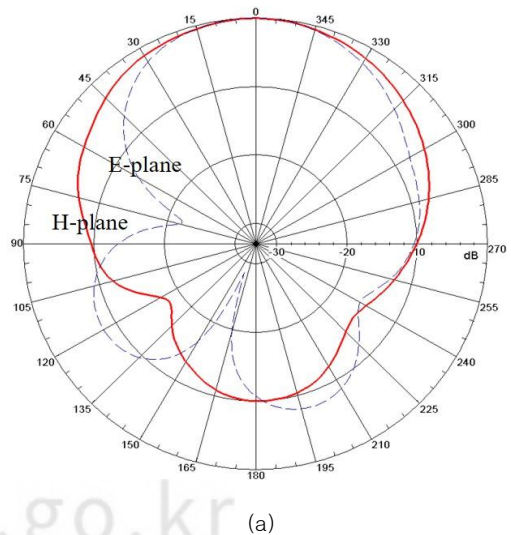


Fig. 10. Measured gain curves

그림 10에서 본 논문의 적층된 마이크로스트립 패치 안테나와 단층구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 이득 특성을 비교하였다. 두 안테나의 최대 이득은 각각 5dBi( $f_0=3.49\text{GHz}$ )와 5.9dBi( $f_0=3.51\text{GHz}$ )로 나타내고 있어 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나와 비교했을 때 최대 0.9 dB의 이득 상승효과가 있음을 확인하였다. 3.43GHz~3.72GHz (대역폭 290MHz) 주파수 대역에서 5.6dBi 이상의 평탄한 이득 특성을 얻었다.

그림 11에서 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나와 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 복사패턴을 측정한 결과이다. 안테나의 최대 이득지점인 3.51GHz 주파수에서 H-plane과 E-plane을 측정하였다.



(a)

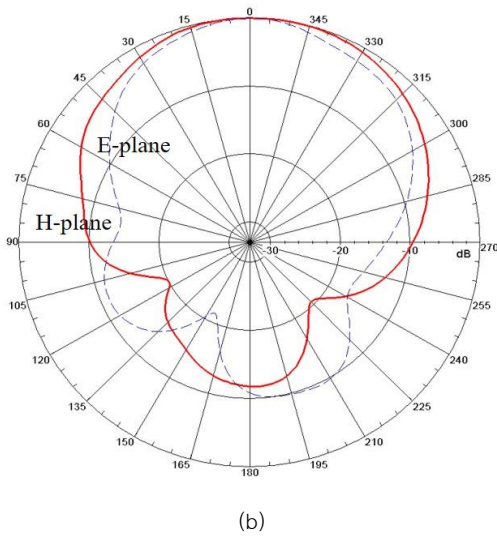


Fig. 11. Radiation pattern. (a) conventional microstrip patch antenna, (b) proposed stacked microstrip patch antenna

본 논문에서 제한한 안테나의 경우, H-plane에서 83°, E-plane에서는 73°의 전력반치폭을 가지고 있으며 전후방비(F/B ratio)는 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 4dB 이상 좋은 특성을 확인하였다. 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 E-plane에서 측면방향(50°~90°)의 복사특성이 균일하지 못한 점은 5G 서비스 안테나로는 다소 부정적인 결과이다.

이동통신 안테나가 설치되는 물리적인 위치를 감안한다면 E-plane 빔폭이 H-plane에 비교하여 좁아지는 특성은 인접 기지국의 서비스 커버리지에 전파적인 간섭을 경감시켜 줄 수 있다[12][13]. 이와 같이 H-plane 대비 E-plane의 빔폭이 다소 좁은 특성은 안테나 설치공간 상의 관점에서 긍정적인 효과를 예상할 수 있어 5G 이동통신 안테나로의 활용성은 충분히 보장하고 있는 것으로 판단된다[14][15].

표 3에서 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나와 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나의 특성을 비교하였다. 표 3의 비교에서 두 타입 안테나의 특성 차이는 괄목할만한 결과로 판단된다.

Table 3. Comparison of different types of antennas

	Conventional	Proposed	Remark
Bandwidth	130MHz	360MHz	+230MHz
Gain	5dBi	5.9dBi	+0.9dBi
Beamwidth (H, E-plane)	85°, 74°	83°, 73°	-
F/B ratio	8dB	12dB	+4dB

본 논문의 안테나 복사특성 측정은 이스라엘 Orbit사 안테나 계측장비를 사용하였다. 그림 12에서 본 논문에서 제작된 안테나의 측정실험 환경을 나타내었다.

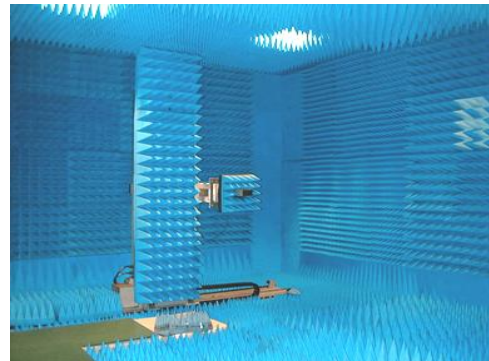


Fig. 12. Measurement system of antenna

### V. Conclusions

본 논문에서는 평면형 마이크로스트립 패치 안테나를 단층구조의 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나와 적층된 마이크로스트립 패치 안테나로 설계하여 두 모델의 특성비교를 통하여 5G 이동통신 서비스 안테나의 적용성 관점에서 비교 우위를 고찰하였다. 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 일반적인 구조의 마이크로스트립 패치 안테나에 비해서 주파수 대역폭과 이득 특성을 동시에 개선시킬 수 있어 전파전파 특성이 좋지 않은 3.5GHz 5G 이동통신 서비스용 안테나로 적용시 좋은 효과가 예상된다.

평면형 마이크로스트립 안테나가 갖는 좋은 장점에도 불구하고 좁은 대역폭과 낮은 이득특성이 단점으로 작용하였으나 본 논문에서 제안한 적층된 마이크로스트립 패치 안테나는 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 3.5GHz 5G 이동통신 주파수 대역에서 230MHz(2.8배) 광대역 특성과 최대 0.9dBi 이득특성을 개선시키는 효과를 입증하였다. 또한 실내공간에서 설치될 경우 안테나의 주요성능 지표로 관리되는 전후방비 특성이 양호한 것을 확인하였다.

본 논문에서 기술된 안테나는 5G 이동통신 중계 시스템에 적용이 가능할 것으로 예상된다. 향후 추가적으로 단일소자에서 어레이 안테나로 확장 설계하는 연구가 필요하다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Dongyang Mirae University.

## REFERENCES

- [1] Ministry of Science and ICT, "Frequency spectrum," (<https://spectrummap.kr/radioInfo/radioDivideDiagramView.do?menuNo=300476>), Jun. 2020.
- [2] E. Garro, M. Fuentes, J. L. Carcel, H. Chen, "5G Mixed Mode: NR Multicast-Broadcast Services," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 66, pp.390-403, June 2020.
- [3] Jang-Wook Kim, Joo-Seong Jeon, "Design of Broadband Microstrip Patch Antenna for Mobile Communications," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, vol. 22, pp.67-74, April 2017.
- [4] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, pp.283-286, 2<sup>nd</sup> edition 2021.
- [5] A. A. Roy, J. M. Mom, G. A. Igwuel, "Enhancing the Bandwidth of a Microstrip Patch Antenna using Slots Shaped Patch," *American Journal of Engineering Research*, vol. 02, pp.23-30, Sept. 2013.
- [6] B. Tan, S. Withington, "A Compact Microstrip-Fed Planar Dual-Dipole Antenna for Broadband Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp.593-596, Jul. 2015.
- [7] W. Sun, Y. Li, Z. Zhang, Z. Feng, "Broadband and Low-Profile Microstrip Antenna Using Strip-Slot Hybrid Structure," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp.3118-3121, Oct. 2017.
- [8] IE3D, Zealand Software, Inc.
- [9] K. Iwamoto, Y. Kimura, S. Saito, Y. Kimura, "Design and Analysis of a Wideband Multiple-Microstrip Dipole Antenna with High Isolation," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 18, pp.722-726, Feb. 2019.
- [10] K. Iwamoto, Y. Kimura, S. Saito, Y. Kimura, "Design of a Triple-band and Wideband Multi-Ring Microstrip Antenna fed by an L-probe," *2020 International Symposium on Antennas and Propagation Conference Digest*, pp.125-130, Jan. 2021.
- [11] Z. Li, J. Han, Y. Mu, X. Gao, L. Li, "Dual-Band Dual-Polarized Base Station Antenna With a Notch Band for 2/3/4/5G Communication Systems," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 19, pp.2462-2466, Dec. 2020.
- [12] F. Zulkifli, N. Muhtadin, E. Rahardjo, "MIMO monopole microstrip antenna for LTE," *2017 International Symposium on Antennas and Propagation Conference Digest*, pp. 267-270, Nov. 2017.
- [13] S. Henry, A. Alsohaily, E. Sousa, "5G is Real: Evaluating the Compliance of the 3GPP 5G New Radio System With the ITU IMT-2020 Requirements," *IEEE Access*, vol.8, pp. 42828-42840, Mar. 2020.
- [14] I. Serhsouh, M. Himdi, H. Lebbar, "Design of Coplanar Slotted SIW Antenna Arrays for Beam-Tilting and 5G Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 19, pp. 4-8, Jan. 2020.
- [15] M. Ciydem, E. A. Miran, "Dual-Polarization Wideband Sub-6 GHz Suspended Patch Antenna for 5G Base Station," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 19, pp. 1142-1146, Jul. 2020.

## Authors



Jang-Wook Kim received the B.S. degree in Electronic and Electron engineering from KAIST, south Korea, in 1990. and M.S degrees in Information communication engineering from Korea University, south

Korea, in 1999, and Ph. D degree in department of telecommunication and information engineering from Hankuk Aviation University, south Korea, in 2004. Dr. Kim joined the faculty of the Department of Information Electronic Engineering, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea, in 2001. He is currently a Professor in the Department of Information Electronic Engineering, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea,. He is interested in mobile communication antennas and RF components.



Joo-Seong Jeon received the Ph. D degree in department of telecommunication and information engineering from Hankuk Aviation University, south Korea, in 1999. Dr. Jeon has over 30 years of engineering

experience developing antennas and RF products. From 1988 to 1995, he worked at LG Electronics Lab. and was engaged in development of antennas for DBS reception. From 1996 to 2020, he worked at KT. He is currently a Professor in the Department of Information Electronic Engineering, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea, His current principal interests are in beamforming antennas and Digital Linearized Power Amplifier for mobile communications. He also holds 30 patents for antennas and RF components.