

송신 30GHz/ 수신 20GHz 이중급전 원형편파 패치 안테나 설계

김성남* 오민석* 천영민* 최재익** 표철식** 이종문** 천창율*
 서울시립대학교* 한국전자통신연구원**

Design of Tx 30GHz/ Rx 20GHz dual feeding circular polarized patch antenna

Sungnam Kim* Minseok Oh* Youngmin Cheon* Jaeick Choi** Cheolsig Pyo** Jongmoon Lee**
 Changyul Cheon**
 University of Seoul* Electronics and Telecommunication Research Institute**

Abstract - In this paper, circular polarized antennas of Tx 30GHz and Rx 20GHz are implemented in LTCC process. Tx antenna has a circular patch structure and Rx antenna has a ring patch structure. The feeding line of Tx antenna is placed in the center hole of Rx ring patch antenna which is printed under Tx circular patch antenna layer. It makes antenna size smaller. Tx antenna's return loss is under -10dB level from 30GHz to 31GHz and Rx antenna is under -10 dB from 20GHz to 21GHz. The isolation between two antennas is less than -20dB. Axial ratio is less than 3dB throughout each band.

매 원형 안테나는 접지 면과 숏트시키는 핀을 네 방향으로 뒀으로써 접지 면과 멀리 떨어진 송신부 안테나에게 있어서 접지면 역할을 할 수 있게 하는 반면 수신부의 안테나로부터 여기되는 RF 신호가 숏트 핀을 통하여 접지면으로 빠져나가도록 하여 두 안테나간 격리도를 향상시키는 결과를 가져왔다.^[2]

1. 서 론

본 고에서는 대기중에서 감쇄특성이 우수한 원형편파 안테나를 설계하였다. 또한 송수신 주파수대역을 30GHz/20GHz로 분리하고, 송수신 안테나를 각각 두는 이중급전 방식을 선택하여 송수신 주파수 대역간의 격리도를 향상 시키고자 하였다. 안테나의 제작은 LTCC(Low Temperature Cofired Ceramim)공정으로 수행되었다. 또한 더 넓은 축비 대역을 확보하기 위하여 2by2 sequential array 안테나의 설계하였고, 낮은 격리도 특성을 해결하기 위해 송신부를 RHCP, 수신부를 LHCP로 하고, 두 안테나를 상 하층에 각각 배치하였다.

2. 본 론

2.1 원형 편파 송수신 안테나 구조

원형 편파를 구현하기 위해 패치 안테나를 제안하였다. 송신 안테나는 원형 패치 안테나이고 RHCP를 구현한다. 지름 $\lambda_g/2$ 인 복사소자에 원의 정 중앙이 아닌 급전점으로 RF 신호를 인가시켜 공진을 일으키고 그와 수직인 방향으로 또 하나의 공진이 일어나으로써 원형편파를 구현한다. 대각선 방향의 슬롯은 $\lambda_g/2$ 에서 생성된 공진과 수직으로 편향된 공진을 약간 높은 주파수에서 일어나게 한다. 따라서 이 두 모드가 같은 크기를 가지는 중심주파수 f_0 에서 위상차가 90°를 이루어지게 함으로써 원형편파가 이루어진다. 편파 극성은 x-y 좌표를 기준으로 급전점이 x축 상에 있고, 대각선 방향의 홈이 y축으로부터 반시계 방향으로 45° - 90° 사이에 편향되어 있을 경우 RHCP가 발생한다.^[1]

수신 안테나는 20GHz~21GHz 대역에서 LHCP를 발생하도록 설계하였다. 송신부 안테나와 적층형 방식을 적용해 제작을 최소화 할 수 있도록 원형 안테나를 제안하였다. 원형 안테나 또한 원형 안테나와 같은 원리로 x-y좌표에서 y축 상에 급전 점을 두고, 슬롯을 대각선 방향으로 y축으로부터 반시계 방향으로 45° - 90° 사이에 편향되게 함으로써 LHCP를 가지도록 설계하였다. 이



(a)송신 안테나 (b)수신부 안테나
 (a)Tx antenna (b)Rx antenna



(c)송수신 안테나의 배치
 (c)Arrangement of Tx and Rx antenna

그림 1. 송수신 안테나의 구조
 Fig. 1. Structure of Tx and Rx antennas.

2.2 송수신 단일 안테나 설계

각 층의 두께는 그림 2와 같이 네 개의 층으로 설계하였다. 원형 패치의 반지름은 0.93mm 으로 고정시킨 후 parameter sweep을 통하여 최적화된 값을 찾았다. 그림 3은 송신 안테나의 모형 및 설계 시 고려된 각 변수들을 나타내고 있다. 송신 안테나는 첫 층에 위치하고 있다. f1x(안테나 중심으로부터 급전점까지의 거리)는 0.44mm, r4(대각선 방향의 슬롯을 이루는 호의 반지름)는 0.68mm, rot1(원점과 급전점을 이은 축으로부터 슬롯 중심의 회전각도)은 50도이다. 수신 안테나인 원형 패치 안테나는 외부 반지름과 내부 반지름은 각각 1.76mm와 0.69mm로 고정시킨 후 각 변수 값들을 찾았다. 그림 4는 수신 안테나의 모형 및 설계 시 고려된 각 변수들을 나타내고 있다. f2y(안테나 중심으로부터 급전점까지의 거리이고)는 0.98mm, r5(슬롯을 이루는 호의 반지름)는 1.45mm, rot2(급전점과 안테나 중심을 이은 축으로부터 안테나 슬롯의 회전각도)는 50도이다. 축비 대역에서 각 주파수 원하는 사양인 1GHz에 못 미치는 결과를 얻었다. 모의 실험의 S-parameter 결과를 그림 5에 나타내었다.

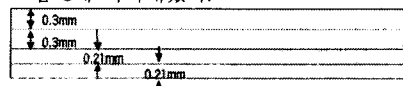


그림 2. 안테나의 각 층간 두께
 Fig. 2. Thickness of each layer.

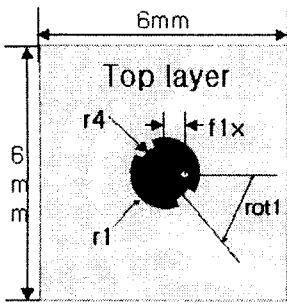


그림 3. 원형패치 안테나의 세부변수
Fig. 3. Variables of circular patch antenna.

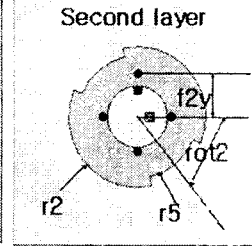


그림 4. 환형패치 안테나의 세부변수
Fig. 4. Variables of circular patch antenna.

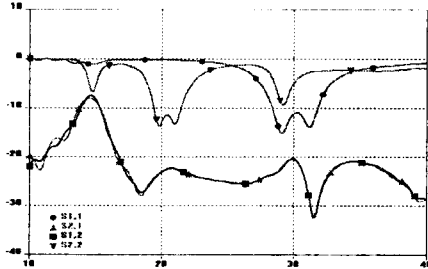


그림 5. 송수신 안테나의 S-parameter
Fig. 5. S-parameter of Tx/Rx antennas.

표 1. 모의실험 결과
Table 1. Simulation result.

	송신 안테나	수신 안테나
방사 이득 (dB)	중심 주파수 30.6GHz 5dB	중심 주파수 20.5GHz 5dB
축비 대역(GHz)	30.1GHz-30.9GHz 0.8GHz 대역폭	20.1GHz-30.8GHz 0.7GHz 대역폭

2.3 2by2 sequential array 안테나 설계 및 측정

본 논문에서 적용한 Sequential array 방식은 부족한 축비 대역을 보상하는 방법이다. 그림 6에서 안테나 1과 3의 electric field는 수식 (1)과 같다.

$$j\hat{x}E_x + j\hat{y}E_y \quad (1)$$

모든 안테나에 동위상 급전을 한다면 안테나 2, 4의 electric field는 수식 (2)가 될 것이다.

$$-j\hat{x}E_x + j\hat{y}E_y \quad (2)$$

또한 2, 4에 급전 시 위상을 90° 지연 시킨다면 전계벡터는 수식 (3)이 되고 안테나 1과 2에서 방사한 전계벡터의 합은 수식 (4)와 같다.

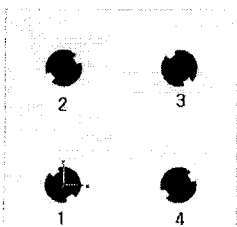


그림 6. Sequential array 안테나 모형
Fig. 6. Model of sequential array antenna.

$$(-j\hat{x}E_x + j\hat{y}E_y)e^{j\pi/2} = \hat{x}E_x + j\hat{y}E_y \quad (3)$$

$$\hat{x}(E_x + E_x) + j\hat{y}(E_x + E_y) \quad (4)$$

위의 수식에서 타원형 편파로 원형 편파를 얻을 수 있다는 것을 볼 수 있다.^[3]

2.3.1 2by2 sequential array 안테나 모의실험

본 논문에서 설계하는 안테나는 송수신 주파수가 30GHz/20GHz로 분리 되어 있다는 점에서 배열 간격을 신중히 고려해야 하지만 배열로서 빔의 방향을 조절하는 것이 아니고, 빔 방향이 end-fire로 고정되어있기 때문에 grating lobe만 피할 수 있도록 안테나 배열 간격을 30GHz 대역에서 0.8λ, 20GHz 대역에서 0.533λ인 12mm로 하여 1λ 보다 작도록 하였다.^[4] 또한 그림 6에서 1, 3안테나와 2, 4 안테나간의 위상차 90°가 생기도록 T-junction Power divider를 설계하여 배열 안테나의 급전에 사용하였다. 배열 간격을 결정하고 앞서 설계한 단일 안테나를 배열 시켜서 모의 실험을 수행하였다.

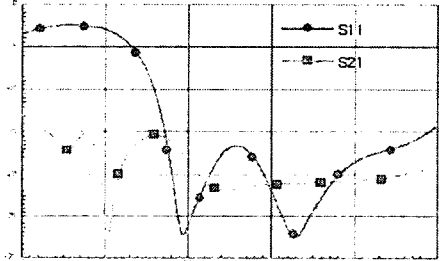


그림 7. 수신 안테나 S-parameter 모의실험 결과
Fig. 7. S-parameter simulation result of Rx antenna.

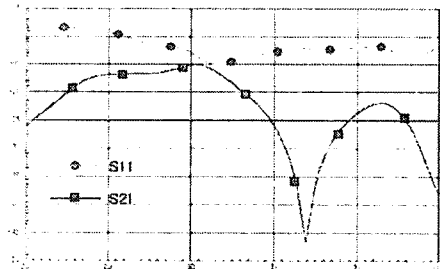


그림 8. 송신 안테나 S-parameter 모의실험 결과
Fig. 8. S-parameter simulation result of Tx antenna.

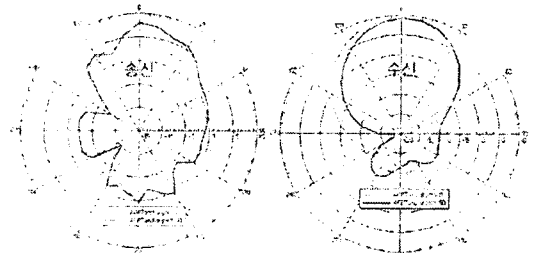


그림 9. 송수신 안테나의 방사 패턴 모의실험 결과
Fig. 9. Radiation pattern simulation result of Tx/Rx antenna.

2.3.1 2by2 sequential array 안테나 측정결과

안테나의 전체 크기는 34mm X 34mm이고 LTCC 공정을 이용하여 제작된 2by2 sequential 배열 안테나를

X-ray 촬영한 결과 송신 안테나의 반지름은 모의실험의 0.68mm에 보다 0.01mm 커져 정밀하게 제작된 반면 수신안테나의 외부 반지름은 모의실험의 1.76mm보다 0.15mm작아진 1.61mm로 공정 에러가 송신 안테나보다 컸다. 그 결과 송신 안테나의 주파수 대역은 모의실험결과와 대역과 거의 일치한 반면 수신 안테나의 주파수 대역은 24GHz 대역으로 이동한 결과를 얻었다. 방사 이득은 모의실험결과가 송신 안테나 30.6GHz에서 7.5dBi 수신 안테나 20.5GHz에서 9.2dBi의 결과를 얻은 반면 측정결과는 송신안테나 31GHz에서 5dBi, 수신안테나가 24GHz에서 7.5dBi의 결과를 얻었다.

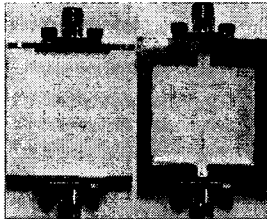


그림 10. 제작된 안테나 사진
Fig 10. The picture of manufactured antenna.

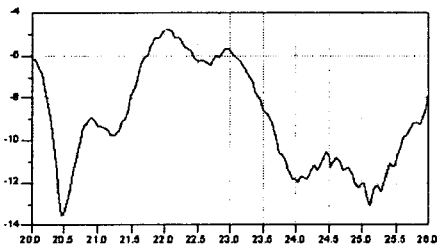


그림 11. 수신 안테나의 반사손실 측정 결과
Fig 11. Measured return loss of Rx antenna.

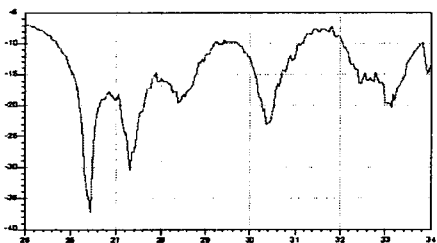


그림 12. 송신 안테나의 반사손실 측정 결과
Fig 12. Measured return loss of Tx antenna.

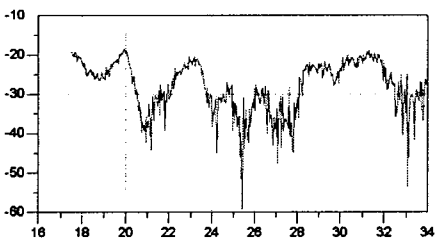
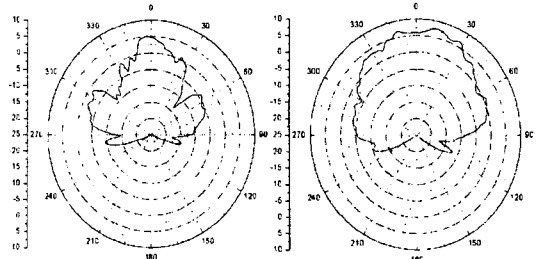


그림 13. 송수신 안테나 간의 격리도 특성
Fig 13. Isolation between Tx and Rx antenna.



(a)송신 안테나 이득 (31GHz) (b)수신 안테나 이득(24GHz)
(a)Gain of Tx antenna (31Hz) (b)Gain of Rx antenna (24GHz)

그림 21. 송수신 안테나의 방사 패턴 측정 결과
Fig 21. Measured Radiation pattern of Tx/Rx antenna.

표 2 모의실험 결과와 측정 결과 비교
Table 2. Comparison of simulation and measured results.

		모의실험	측정결과
수신	방사 이득	중심 주파수 20.5GHz 9.2dBi	중심 주파수 24GHz 7.5dBi
	축비 대역	19.8GHz~22.3GHz, 2.5GHz 대역폭	23.5GHz~25.5GHz, 2GHz 대역폭
송신	방사 이득	중심 주파수 30.6GHz, 7.5dBi	중심 주파수 31GHz 5dBi
	축비 대역	29.5GHz~32.5GHz, 3GHz 대역폭	30GHz~31.5GHz, 1.5GHz 대역폭

3. 결 론

본 논문에서는 송신 30GHz-31GHz, 수신 20GHz-21GHz 이중급전 안테나를 LTCC 공정으로 구현 하였다. 송신 안테나는 원형 패치 안테나로 구조를 선택 하였고, 수신 안테나는 환형 패치 안테나로 구조를 선택하였다. 모의 실험 결과와 대비하여 측정 결과에서 수신 주파수 대역이 제작의 오차로 인해 24GHz로 옮겨 갔다. 안테나 방사 이득은 송수신 주파수 대역에서 3dB 이상을 얻었고, 축비 대역은 송수신 주파수에서 3dB 이하의 요구사항을 모두 만족하였다. 또한 송수신 포트간의 격리도도 송수신 주파수 대역에서 원하는 요구 사항인 -20dB를 만족하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, "Microstrip antenna design handbook," Arthch House, pp. 493-498, 2000
- [2] Chujo. W, Fujise M, Arai H and Goto N, " A two-layer self-diplexing antenna using a circularly polarized ring patch antenna," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, vol 1, pp 338-341, June 1991.
- [3] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, "Microstrip antenna design handbook," Arthch House, pp. 525-530, 2000
- [4] Constantine A. Balanis, " Antenna Theory analysis and design," John Wiley & Sons, pp 247-328, 1997.