

Triple-layer Unit Cell을 이용한 Transmit Array 안테나에 관한 연구

이예지, 장태환*
한양대학교 에리카캠퍼스

{dpwl0765, hundredwin}@hanyang.ac.kr

A Study on the Transmit Array Antenna using Triple-layer Unit Cell

Ye Ji Lee, Tae Hwan Jang*
Hanyang University ERICA

요약

본 논문은 28GHz에서 작동하는 고성능 Transmit Array(TA) 안테나의 설계에 중점을 두고 있으며, 특히 330도의 넓은 위상 변화 범위를 가진 Unit Cell의 개발에 초점을 맞추었다. 또한 이를 이용해 Phase를 계산하여 제작한 12by12 사이즈의 TA안테나를 설계하였다.

1. 서론

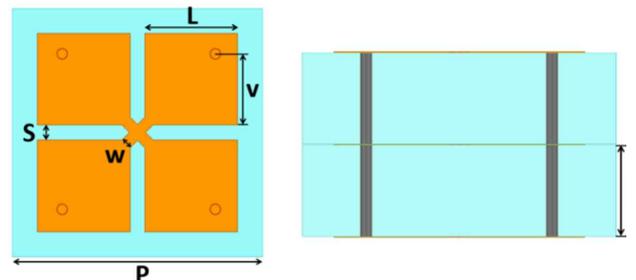
Transmit Array 안테나는 높은 이득과 쉬운 빔 재구성, 그리고 표준 인쇄 회로 기판(PCB) 기술로 제조하기 쉽다는 이유로 무선 통신 시스템에서 점차 중요해지고 있다[1]. 단일 PCB 구조와 하나의 기판층을 사용할 경우, 전송 위상 범위는 -3 dB에서 약 90°밖에 가지지 못한다. 두 개의 기판층이 금속 형태로 인쇄되면 더 나은, 약 230°의 위상 변화 보상이 -3 dB에서 가능하다[2]. 본 논문에서는 [2]의 Unit Cell 구조를 변형해 28GHz에서 330°의 넓은 위상 변화를 가지는 triple-layer unit cell을 설계하였다.

TA는 평면 Array로 이루어진 Antenna 요소와 Feed source로 구성된 구조를 가진다. TA는 일반적으로 4개의 층으로 구성된 유전체 기판으로 이루어져 있고, 피더로 혼 안테나를 사용한다. Transmit array는 혼 안테나의 위상을 조절함으로써 원하는 방사 패턴을 얻을 수 있다[3]. 본 연구는 28GHz에서 작동하는 Transmit Array 안테나의 성능 향상을 목표로 한다.

II. 본론

본 논문에서 사용한 유닛 셀은 [그림 1]과 같이 세 개의 구리층으로 구성된 프렉탈 사각형 구조와, 세 금속 층을 연결하는 총 8개의 비아를 포함하고 있다. 외부의 네 개 사각형의 길이 L은 비아 홀 중심까지의 간격 V와 비례한다. 중앙에 위치한 X자 연결부의 두께 W는 L/8이다. Unit cell의 전체 크기 P는 5.4mm이다. 이는 28GHz에서의 파장의 약 절반정도의 길이이다. 이

Triple-layer 프렉탈 사각형 구조는 상대 유전율이 2.2인 Ta타코닉 기판을 사용하여 설계되었으며 이러한 구조는 전송 유닛 셀의 성능에 중요한 역할을 한다. 특히 사각형의 크기와 간격은 unit cell의 전기적 특성을 결정하는 데 핵심적인 요소이다.



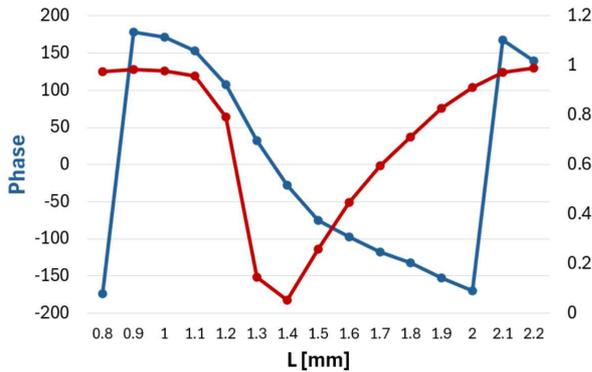
P	5.4mm	L	1.4mm
v	1.12mm	S	0.22mm
w	0.28mm	H	1.58mm

[그림 1] (a)설계된 Unit Cell의 구조,
(b)단위 셀 치수

이와 같이 설계된 유닛 셀의 위상범위와 전송성능은 [그림 2]와 같다. 이 때 W, S, v의 값은 L과 비례하게 설계되어 L의 값에 따라 같은 비율로 변하고, H는 유전체의 높이로 1.58mm로 고정된다. L이 0.8mm에서 2mm로 변화하면서 170도에서 -170도까지 약 340도의 위상 변화 범위를 가진다. 또한 2mm에서 2.2mm까지 위상 변화 형태가 0.8mm에서 1mm까지의 형태와 비슷한 구조를 가지므로, 반복성 또한 확인된다.

또한 [그림 2]에서 L이 1.2mm~ 2mm 정도까지는 magnitude가 0에 가깝게 감소하다가 다시 상승하는

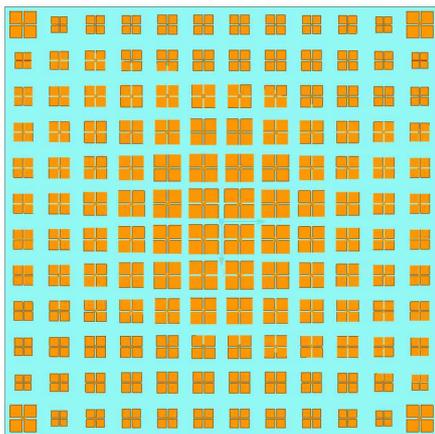
곡선을 그림을 알 수 있었고, 이를 제외한 부분에서는 모두 1에 가깝게 나타남을 확인하였다.



[그림2] 설계된 Unit Cell의 성능

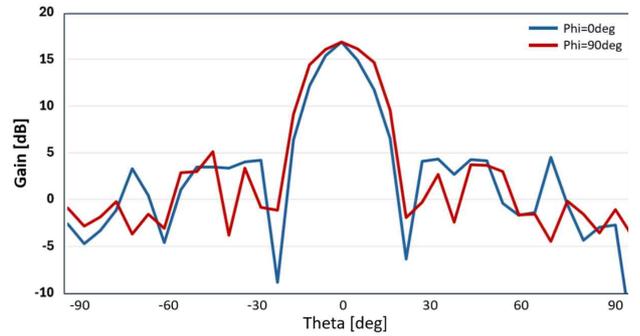
해당 유닛 셀을 이용하여 설계한 12 by 12 transmit array는 [그림3]과 같이 나타난다.

[291.08°, 225.92°, 171.43°, 128.27°, 97.01°, 78.07°, 71.73°, 78.07°, 97.01°, 128.27°, 171.43°, 225.92°]
[225.92°, 159.17°, 103.29°, 58.99°, 26.88°, 7.42°, 0.90°, 7.42°, 26.88°, 58.99°, 103.29°, 159.17°]
[171.43°, 103.29°, 46.20°, 0.90°, 328.03°, 308.11°, 301.43°, 308.11°, 328.03°, 0.90°, 46.20°, 103.29°]
[128.27°, 58.99°, 0.90°, 314.77°, 281.28°, 260.97°, 254.16°, 260.97°, 281.28°, 314.77°, 0.90°, 58.99°]
[97.01°, 26.88°, 328.03°, 281.28°, 247.34°, 226.74°, 219.83°, 226.74°, 247.34°, 281.28°, 328.03°, 26.88°]
[78.07°, 7.42°, 308.11°, 260.97°, 226.74°, 205.96°, 198.99°, 205.96°, 226.74°, 260.97°, 308.11°, 7.42°]
[71.73°, 0.90°, 301.43°, 254.16°, 219.83°, 198.99°, 192.00°, 198.99°, 219.83°, 254.16°, 301.43°, 0.90°]
[78.07°, 7.42°, 308.11°, 260.97°, 226.74°, 205.96°, 198.99°, 205.96°, 226.74°, 260.97°, 308.11°, 7.42°]
[97.01°, 26.88°, 328.03°, 281.28°, 247.34°, 226.74°, 219.83°, 226.74°, 247.34°, 281.28°, 328.03°, 26.88°]
[128.27°, 58.99°, 0.90°, 314.77°, 281.28°, 260.97°, 254.16°, 260.97°, 281.28°, 314.77°, 0.90°, 58.99°]
[171.43°, 103.29°, 46.20°, 0.90°, 328.03°, 308.11°, 301.43°, 308.11°, 328.03°, 0.90°, 46.20°, 103.29°]
[225.92°, 159.17°, 103.29°, 58.99°, 26.88°, 7.42°, 0.90°, 7.42°, 26.88°, 58.99°, 103.29°, 159.17°]



[그림3](a) Phase for each unit cell
(b) 설계된 TA의 형태

[3-(a)]는 28GHz에서 설계된 12 by 12 Transmit array 안테나의 각 유닛 셀 별 Phase를 나타낸 것이고, [3-(b)]는 이를 이용하여 프로그램 내에서 제작한 안테나의 형태이다.



[그림4] Gain result for transmitarray

이는 [그림 4]에서 확인할 수 있는 바와 같이, 제작된 TA는 약 40°의 HPBW를 가지며, 18.18dB의 Peak Gain을 가짐을 알 수 있었다.

III. 결론

본 연구에서는 28GHz 목표 주파수에서 330도의 넓은 위상 변화를 가지는 Unit Cell을 설계하여 이를 이용해 12x12 크기의 Transmit Array(TA) 안테나를 제작하였다. 본 논문에서 제시된 Triple-layer 프랙탈 사각형 구조는 상대 유전율이 2.2인 Ta타코닉 기판을 사용하여 설계되었으며, 이 구조는 전송 유닛 셀의 성능에 중요한 역할을 한다. 특히, L의 변화에 따라 340도의 넓은 위상 변화 범위와 높은 전송 효율을 보여준다.

이렇게 설계된 유닛 셀을 이용하여 제작한 12x12 Transmit Array는 28GHz에서 40°의 HPBW(Half Power Beam Width)와 18.18dB의 Peak Gain을 달성하였다. 이러한 결과는 TA의 고성능과 효율성을 입증하며, 특히 비교적 높은 이득과 이상적인 위상 변화 형태는 TA가 높은 주파수에서의 광대역 통신 시스템에 적합하다. 결론적으로, 본 연구는 높은 주파수에서 TA의 설계 및 성능 최적화에 기여하며, 향후 무선통신 분야에서의 응용 가능성을 제시한다.

ACKNOWLEDGMENT

/

참고 문헌

- [1] Byeongju Moon, Jungsuek Oh, "Ultra Wideband Polarization Conversion Transmitarray at D and G-band", 2023년도 한국 전자과학회 동계종합학술대회 논문집 Vol. 5, No. 1 2023. 2. 15~18
- [2] Shixing Yu, Na Kou, Zhao Ding and Zhengping Zhang, "Low-profile transmitarray lens antenna of X-band with one layer of substrate and metallic vias", ELECTRONICS LETTERS 19th September 2019 Vol. 55 No. 19 pp. 1029-1030
- [3] X. Yi, T. Su, X. Li, B. Wu and L. Yang, "A Double-Layer Wideband Transmitarray Antenna Using Two Degrees of Freedom Elements Around 20 GHz," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 67, no. 4, pp. 2798-2802, April 2019, doi: 10.1109/TAP.2019.2893265.