

메타구조를 이용한 다중편파 고 이득 혼 배열 안테나에 관한 연구

정한두, 정경환, 이호준*, 이학용**, 김익환***

엠더블유테크, 한국전자기술연구원*, 비스타콤**, 광운대학교***

qksendi@gmail.com, koryo2k@gmail.com, *hojunlee@kети.re.kr, **hylee@bstarcom.co.kr, ***ekwan@kw.ac.kr,

A Study on multi-polarization high gain horn array antenna using meta-structure

Jeong Han Doo, Jeong Kyeong Hwan, Lee Ho Jun*, Lee Hak Yong**, Ikhwan Kim***
MWtech., KETI*, bstarcom**, Kwangoon Univeristy***

요약

본 논문은 메타구조를 이용한 다중대역 다중 편파 고 이득 혼 배열 안테나에 관하여 연구를 하였다. 안테나의 주파수 대역은 위성 방송 대역인 10.7~12.75 GHz 대역을 커버할 수가 있고 셉텀 편파기를 이용하여 다중 편파를 구현하였다. 이득 향상을 위해 혼 안테나의 개구면을 다단으로 구현하고 십자가 모양의 메타구조를 사용하여 1~2dB의 이득 향상을 확인하였다. 최종적으로 8x16 배열 안테나를 설계하여 35 dBi 이상의 이득을 확보하였다.

I. 서론

최근 저궤도 위성통신 산업의 활성화로 위성 시스템에 대한 관심이 고조되고 있다 [1]. 위성통신 시스템에서 중요한 이슈는 위성 통신용 안테나이다. 위성통신용 안테나는 고 이득과 다중 편파에 대한 기술이 필요하다. 즉, 각국의 위성용 안테나는 위성에서 지상으로 통신을 하기 때문에 대기 손실과 강우감쇄, 전리층의 신호 왜곡과 신호간섭에 대한 손실을 극복하기 위해 높은 이득의 안테나와 편파 기술이 필수적이다. 현재 높은 이득을 확보하기 위하여 대형 접시형 안테나를 주로 사용하고 있다. 그러나 안테나 크기와 설치비용, 편파에 대한 문제점을 극복하기 위한 안테나 운영상의 문제로 인해 소형이면서 높은 이득의 안테나에 대한 연구가 있었다 [2 - 3]. 본 논문에서 소형이면서 고이득과 편파에 대한 문제점을 극복할 수 있는 안테나를 연구한다.

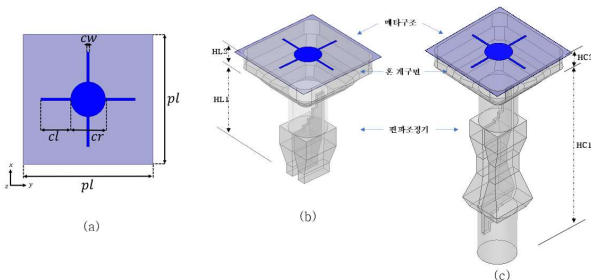
II. 본론

혼 안테나는 넓은 대역과 고 이득 특성 때문에 위성용 안테나로 널리 사용되어진다. 보통의 혼 안테나는 선형 편파 특성을 가지고 있기 때문에 원형 편파 구현이 가능하게 혼 안테나 급전부에 셉텀 편파기(septum Polarizer)를 사용하여 다중편파를 구현한다. 안테나 이득 확보를 위해 혼 개구면을 다단으로 구현하고 혼 개구면 위에 메타 구조를 사용한다. 그림 1은 다중 편파 고이득 단일 안테나 구조를 나타낸다.

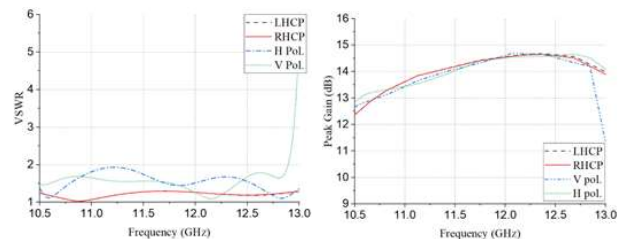
그림 1. 다중편파 고이득 단일 안테나 구조

그림(a)는 메타 구조를 나타내고 (b)는 원형 편파 모드를 나타내고 셉텀 편파기의 높이는 39.7 mm이고 그림 (b)는 선형 편파 모드를 나타내고 셉텀 편파기의 높이는 88.65 mm 이다. 혼 안테나의 개구면은 3단 확장된 형태로 크기(pl)는 48 mm이고 높이(HL2=HC2)는 20 mm이다. 메타 구조는 십자가 모양으로 설계를 하고(cw= 1 mm, cl=35 mm, cr=13 mm) 혼 개구면 중앙에 위치를 한다. 메타 물질은 얇은 폴리에스터(thickness = 0.1mm, tan=0.003)기판을 사용하여 설계하였다.

그림 2는 다중편파 고 이득 단일 안테나 성능을 나타낸다. (a) VSWR, (b) Peak Gain, (c) Axial Ratio, (d) XPD 을 보여준다. 단일 안테나의 주파수 대역인 10.7~12.75 GHz 대역을 만족한다. 안테나의 이득은 최대 14.5 dBi(at 12.3 GHz)이고 전 대역에서 12 dBi 이상의 성능을 확인하였다. 단일 안테나는 원형편파 모드로 작동할 때 Axial Ratio 값 3 dB 이하를 만족한다. 선형 편파로 동작될 때 좋은 XPD 값을 보여주지만 원형 편파로 동작될 때 비교적 낮은 XPD 값을 보여준다.

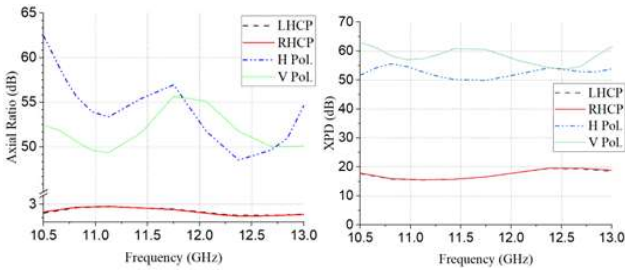


(a) 메타구조 (b) 원형편파구조 (c) 선형편파구조



(a) 정재파비(VSWR)

(b) 안테나 이득(Gain)



(c) 축비(Axial Ratio) (d) 교차편파(XPD)

그림 2. 다중편파 고이득 단일 안테나의 특성

그림 3은 단일 안테나에서 메타 구조에 대한 안테나 이득 비교를 나타낸다. 메타 구조가 없을 때 안테나의 최대 이득은 약 14.5 dB이지만 메타 구조가 있을 때 안테나의 최대 이득은 15 dB 이상을 보여준다. 메타 구조는 혼 안테나에서 약 1~2 dBi의 안테나 이득에 향상을 준다는 것을 확인하였다.

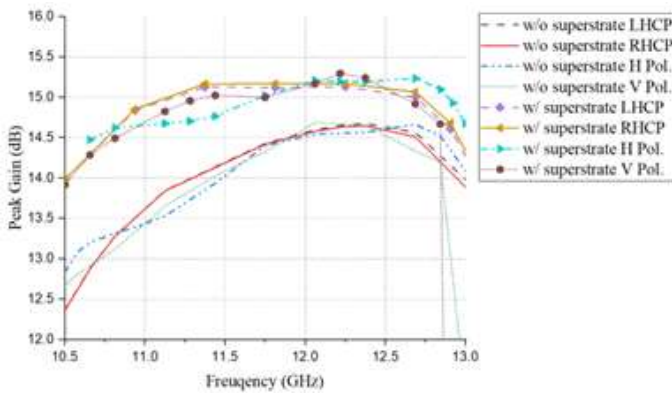
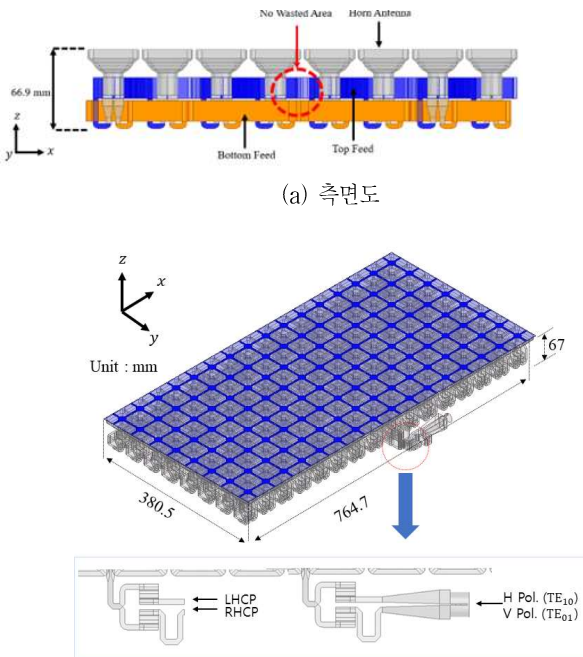


그림 3. 안테나 이득 비교

그림 4는 8×16 배열 안테나 구조에 대한 모습을 나타내고 있다. 안테나의 전체 크기는 764.7 × 380.5 × 67 mm이다. 그림(a)에서와 같이 안테나의 높이를 줄이기 위해 급전부를 방사 소자 사이의 공간 부분을 최대한 활용하여 급전부를 배치하였다. 결과적으로 기존의 급전부의 높이를 절반으로 줄였다.

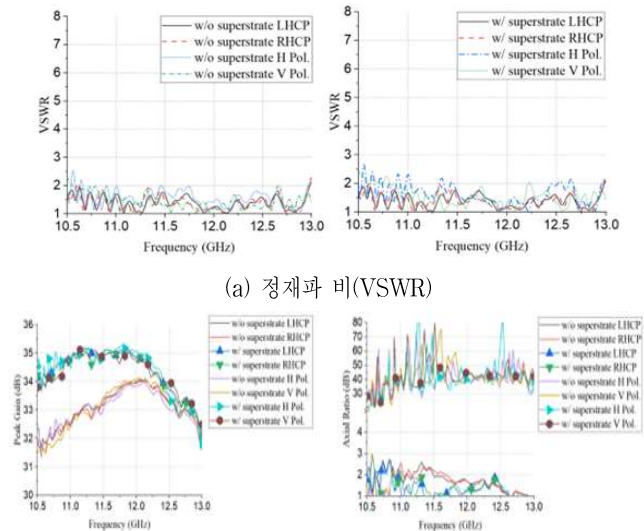


(b) 3D 정면도

그림 4. 8×16 배열 안테나 모습

그림(b)에서와 같이 8×16 배열 안테나는 원형편파모드와 선형편파모드로 동작할 수 있게 구현하였다. 원형편파는 단일 안테나와 마찬가지로 각각의 포트에 급전했을 때 생성이 되고 선형편파는 급전부에 비대칭적으로 셋덤 편파기를 연결하여 생성된다. 메타구조는 혼 배열 안테나 각각 배치하였고 안테나의 높이에 1 mm 지점에 위치를 하였다.

그림 5는 8×16 배열 안테나의 특성을 나타내고 있다. 배열 안테나의 정제파비는 2:1이하이고 메타구조를 사용할 때 일부 주파수에서 리플이 발생한다. 배열 안테나의 최대 이득은 메타구조가 없으면 34 dB이지만 메타 구조가 있으면 35 dB이상의 값을 보여준다. 또한 10.7 GHz 대역에서는 메타 구조의 유무에 따라 2 dB의 이득 값 차이를 보여준다. 그림 5 (c)는 메타 구조 유무에 따른 axial ratio 값을 보여준다. 원형편파 일 때 메타 구조 유무에 상관 없이 3 dB 이하의 값을 가지는 것을 보여준다.



(b) 안테나 이득(Gain)

(c) 축비(Axial Ratio)

그림 5. 8×16 배열 안테나 성능

III. 결론

본 논문에서는 메타 구조를 이용한 다중 편파 고 이득 혼 배열 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 단일 안테나에서 혼 개구면을 3단으로 구현하고 메타구조를 이용하여 고 이득(15 dBi 이상)과 셋덤 편파기를 이용하여 선형편파(수직, 수평)와 원형편파(우편파, 좌편파)동작하게 다중편파를 구현하였다. 최종적으로 단일 안테나를 8×16 배열로 배치하고 급전부의 높이를 최소화하여 8×16 배열 안테나로 구현하여 안테나 이득은 35 dBi 이상, 4개의 다중편파로 구현하였다.

ACKNOWLEDGMENT

** 본 논문은 2022년도 정부(중소기업부)의 재원으로 중소기업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. s3280438)

참고 문헌

[1] O. Kotheli et al., "Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 23, no. 1, pp. 70-109, 2021

- [2] S. Montori et al., "A Transportable Reflectarray Antenna for Satellite Ku-band Emergency Communications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 4, pp. 1393-1407, Apr. 2015.
- [3] D. Samantaray and S. Bhattacharyya, "A Gain-Enhanced Slotted Patch Antenna Using Metasurface as Superstrate Configuration," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 68, no. 9, pp. 6548-6556, Sept. 2020.