

2차원 프레넬 존 플레이트 안테나 해석

김태용* · 조형국*

*동서대학교 컴퓨터정보공학부

2-Dimensional Analysis of Fresnel Zone Plate Antenna

Tae Yong Kim* · Heung-kuk Jo*

*Division of Information and Computer Engineering, Dongseo University

E-mail : tykimw2k@gdsu.dongseo.ac.kr

요 약

위성 TV 시스템, 전파 망원경, 측지 시스템 등에 응용 가능한 프레넬 존 플레이트 렌즈 안테나의 수신 이득 특성을 해석하기 위하여 TLM법으로 계산을 수행하였다. TLM법에 의한 계산결과를 확인하기 위하여 키르히호프 및 PO법에 의한 광학 해와 비교하였다. 계산 결과, 12 GHz대의 FZPL의 중심축 상에서의 수신 특성은 설계 초점거리에 비하여 약 25% 전방에서 형성되는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

TLM method to analyze receiver gain characteristic of the FZPL antenna which is operated at 12GHz and can be applied to satellite TV system, radio telescope, and Geodetic System. Some numerical results computed by TLM method are compared with Kirchhoff's approximation and PO method. As a result, receiver gain characteristic on main axis of the 12GHz FZPL antenna is shown at the front side, which means that the focal length is 15% shorter than designed focal length.

키워드

호이겐스 원리, 프레넬 존 플레이트, TLM, 수신 이득

1. 서 론

프레넬 존 플레이트 렌즈[1]는 호이겐스의 원리를 응용한 것으로 전파 차폐재와 투과부를 동심원상으로 상호 배치한 구조를 가지고 있다. 이렇게 하면 전파 투과부에서는 동일 위상의 전파 성분만을 모을 수 있게 되고 역 위상의 전파는 차폐재에서 반사되어 일종의 렌즈와 같은 특성을 가지게 할 수 있다. 그리고 정밀도 높은 가공이 필요 없고 저렴한 가격 및 경량 구조, 조립 및 분해가 간단하다는 특징을 가지고 있다[2-4].

본 연구에서는 고정된 프레넬 존 플레이트 안테나에 수직으로 입사하는 전파의 방향에 따라 나타나는 특성을 분석하고 수신 혼 안테나의 위치 결정을 위한 파라미터 도출을 목적으로 한다.

II. 프레넬 존 플레이트 안테나

프레넬 존 플레이트 렌즈 안테나(FZPL)의 구조를 그림 1에 나타내었다. FZPL(Fresnel zone plate lens) 안테나는 위성 TV 수신 시스템, 전파 망원경 및 측지 시스템에 응용 가능하며, 호이겐스 프레넬의 원리를 응용한 것이다. 이는 기하학적으로 전파 차폐재와 투과부를 동심원상으로 나열한 간단한 구조를 하고 있으며 분해·조립이 간단한 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 12 GHz대에서 동작하는 FZPL 안테나 설계를 위하여 그림 2에 나타낸 바와 같이 오피스 또는 주택의 창호에 삽입하여 위성 신

호를 수신할 수 있도록 구성하고, 위성에서 송신되는 신호가 안테나 면에 수직으로 입사하는 경우를 이외에도 적절한 안테나 이득을 가지도록 설계하는 것을 목표로 하고 있다. 그림 2에서 알 수 있듯이, 위성에서 도래하는 통신 신호를 프레넬 존으로 구성되는 안테나 면에서 일종의 렌즈와 같은 기능으로 신호를 증폭하고 집약시키는 역할을 수행하게 된다. 그리고 초점거리 위치에 혼 안테나를 설치하여 FZPL로부터 모아진 신호를 효율적으로 수신할 수 있게 된다.

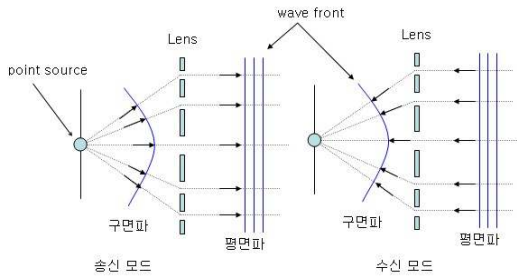


그림 1. FZPL 안테나 동작원리

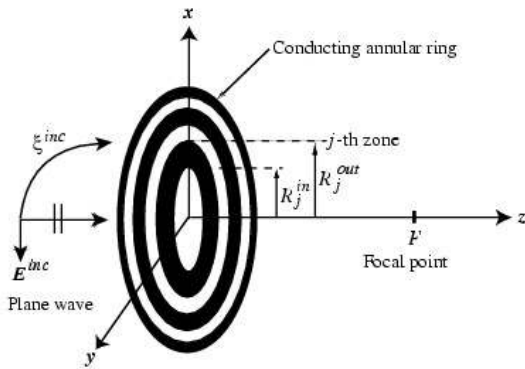


그림 2. FZPL 안테나의 기하학적 모델

표 1. FZPL 계산을 위한 제원

	모델 A	모델 B
설계 주파수	12 GHz ($\lambda_0 = 0.025$ m)	
설계 초점	0.4 m ($16 \lambda_0$)	
Δl	$\lambda_0 / 10 = 0.0025$ m	
Δt	4.17 pico sec	
존 구성방법	Odd zones are open	Even zones are open
이산화	179x179x220	174x174x220
반복횟수	1000회	1000회

그러나 FZPL 구성을 통한 설계 단계에서 실제 안테나 이득이 최대가 되는 위치(초점거리)는 실제 안테나를 설치 장소에 마운트 시킬 경우 정확하게 일치하지 않는 경우도 있다. 따라서 FZPL 안테나에 대한 정밀한 해석이 요구되며 실제 수치 모델과의 차이는 수신용 혼 안테나의 위치를 조정함으로써 수신 이득을 최대화 시킬 수 있다.

그림 2와 같은 수치 모델을 대상으로 맥스웰 방정식을 기본으로 하는 지배방정식에 대해서는 TLM(Transmission Line Matrix)[5-6] 법을 이용하여 계산하고, 키르히호프의 근사식과 PO법[7]에 의한 계산결과와 비교 검토하였다.

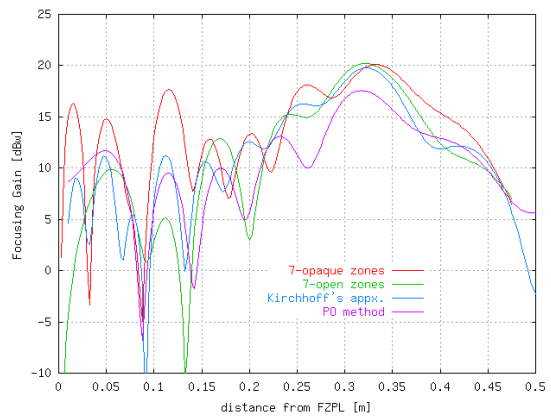


그림 3. FZPL 중심축 상에서 관측된 수신 이득 특성

표 2. Soret-type FZPL 수신 특성

zone 수	초점거리	수신 이득
3	odd zones open	0.3675 m 15.81 dB
	even zones open	0.3525 m 12.87 dB
5	odd zones open	0.3525 m 18.47 dB
	even zones open	0.3425 m 16.96 dB
7	odd zones open	0.3350 m 18.22 dB
	even zones open	0.3350 m 18.27 dB

III. 계산 결과 및 고찰

먼저 계산 모델 A와 B에 대하여 앞에서 논의된 TLM법을 적용하여 계산을 수행하였다. 여기서 특정 주파수에 대한 시간 응답을 얻기 위해서 입사파는 12 GHz의 정현파 구동으로 가정하였다.

그림 3의 결과를 보면 FZPL 면에 수직으로 입사하는 전파가 렌즈의 중심축 상에서 초점거리 근방에서 이득이 최대화 되는 것을 알 수 있다.

그러나 모델 A와 B에 대한 입사파의 시간에 따른 전파 과정은 투과 존의 면적과 경계면에서 약간 상이하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 이유로 렌즈의 중심축에서 형성되는 초점거리에 영향을 미치게 된다. 실제 계산된 초점 거리는 설계 초점거리 0.4m보다 약간 짧아지는 것을 알 수 있다. 또한 키르히호프의 근사식과 PO(Physical Optics)에 의한 계산 결과도 실제의 초점거리 보다 짧게 나타나는 것을 알 수 있다.

마지막으로 FZPL의 반사 존의 수를 3, 5, 7로 바꾸어서 계산하였을 경우, 계산된 초점거리와 수신 이득 특성을 표 2에 정리하였다. 표에서 알 수 있듯이, 설계 초점거리 0.4m에 대하여 대부분 25%정도 짧게 초점이 형성되는 것을 알 수 있다. 그리고 수신 이득은 약 18dB로 입사전력을 약 63배 증폭하는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

TLM법을 이용하여 12 GHz대의 FZPL의 산란 특성을 계산하여 FZPL의 중심축 상에서의 수신 특성을 계산하였다. 계산에 의해 관측된 초점 위치는 설계 초점거리에 비하여 약 25% 전방에서 형성되는 것을 알 수 있었다. 이것은 입사파를 단순한 평면파로 가정하였기 때문에 원편파로 가정 한 결과와 약간 다르게 나타난 것으로 생각된다.

또한 FZPL과 같은 렌즈형 안테나의 설치에 유전 특성을 가지는 건물의 유리창과 같은 지지부에 마운트시켜 사용할 필요가 있다. 따라서 지지부의 유전율을 고려한 계산이 필요하다.

그리고 본 논문에서 사용한 계산 모델에서는 입사파가 렌즈면에 수직으로 입사한 경우만을 다루었다. 실제 전파의 수신환경을 고려했을 때, 렌즈면에 임의의 입사각을 가지고 전파가 수신된 경우, 형성되는 초점거리에 수차가 발생할 것으로 생각된다. 따라서 유전특성을 가지는 렌즈 지지부에 대한 해석과 입사파의 각도에 따른 영향을 고려할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] H. D. Hristov, Fresnel Zones in wireless links, zone plate lenses and antennas, Artech House.
- [2] T. Y. Kim and Y. Kagawa, "Focusing characteristic analysis of circular Fresnel zone plate lens", Memories of the Faculty of Eng., Okayama Univ., Vol. 35, No.1,2, pp. 53-61, 2001.
- [3] T. Y. Kim and Y. Kagawa, "Focusing characteristic analysis of a Fresnel zone plate lens by the method of moment", Proc. of JSST int. conference on medeling, control and computation in simulation, Japan(Tokyo), pp. 362-365, 2000.
- [4] T. Y. Kim et al., "Analysis of a Fresnel-zone-plate-lens by the Method of Moments", in Proc. BEM Technology Conference(JASCOME), Vol. 8, pp.7-10, 1998.
- [5] P. B. Johns, "A symmetrical condensed node for the TLM method", IEEE Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-35, No. 4, pp. 370-377, 1987.
- [6] P. B. Johns, "Numerical results for the symmetrical condensed TLM node", IEEE Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-35, No. 4, pp. 378-382, 1987.
- [7] F. A. Jenkins and H. E. White, Fundamentals of optics, McGRAW-HILL.