

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.4.49>

JIIBC 2018-4-7

파라볼라 안테나 부엽 왜곡 억제를 위한 부속 장치 위치 지정 방법

Method to specify Subsidiary Device Positioning for Sidelobe Distortion Suppression of Parabolic Antenna

김승호*

Seungho Kim*

요 약 파라볼라 오프셋 안테나는 여러 통신 신호 송수신을 위하여 사용된다. 파라볼라 오프셋 안테나의 기본적인 구조는 급전혼을 지지하기 위한 지지대 및 RF 장치들이 파라볼라 안테나 하단에 위치한다. 하지만 지지대 및 RF 장치들로 인하여 안테나 이득 패턴 상에서 부엽이 증가하게 된다. 지지대 및 RF 장치와 같은 부속 장치의 위치에 따라서 부엽 왜곡이 일어나는 각도가 달라진다. 본 논문에서는 이를 광선 추적 기법을 이용하여, 이득 패턴 부엽 왜곡 증가하지 않는 회피 구역을 지정하는 방법을 소개한다. 광선 추적 기법을 이용해 회피구역에 대한 벡터를 생성하며, 생성한 벡터를 이용하여 3D로 이루어진 구역을 지정한다. 또한 회피 구역 내에 부속 장치가 존재할 때와 아니할 때를 시뮬레이션을 통하여 비교한다. 이러한 비교를 통하여 부엽에 대한 목표 각도를 설정한 뒤 목표 각도 이내의 부엽을 조절할 수 있는 방법을 소개한다.

Abstract Parabolic offset antenna is widely used for wireless communication system. The general structure of parabolic offset antenna system is composed of supporting stand and RF devices under parabolic reflector. However sidelobe distortion in gain pattern is occurred by supporting stand and RF devices. Depending on position of subsidiary devices, angle of sidelobe distortion can be changed. In this paper we describe method for sidelobe distortion suppression using raytracing. We calculate 3D vector for sidelobe distortion suppression zone by raytracing method and compare when subsidiary device is in sidelobe distortion suppression zone or not. By comparison, we show method for parabolic antenna sidelobe distortion suppression.

Key Words : parabolic antenna, sidelobe distortion suppression, raytracing method

I. 서 론

파라볼라 오프셋 안테나는 높은 효율로 인하여 여러 통신 신호 송수신을 위하여 된다. 특히 위성파 단말 간의 고용량 전송을 하기 위해서 높은 SNR이 필요하며 이를

위해 높은 이득을 가진 안테나가 필요하다.^[2]

파라볼라 구조의 안테나를 사용하면 높은 이득을 가지며, 이득 효율을 높이기 위해서 이중 반사판 구조인 카세그레인 및 그레고리안을 사용하기 보다 단일 반사판 구조를 사용한다. 또한 위성통신단말 개발 시 주변 위성

*정회원, 국방과학연구소
접수일자 2018년 6월 29일, 수정완료 2018년 7월 29일
게재확정일자 2018년 8월 10일

Received: 29 June, 2018 / Revised: 29 July, 2018 /

Accepted: 10 August, 2018

*Corresponding Author: seungho_kim@add.re.kr

Agent for Defense Development, Daejeon, Korea

에 대한 간섭을 최소화하기 때문에 이를 위하여 기준 패턴이 마련된다. 기준 패턴은 안테나 이득 패턴의 0도부터 180도까지 전 각도를 포함하기에 부엽 감쇄가 필수적이다. 이중 반사판 구조의 안테나는 단일 반사판 구조의 안테나보다 부엽 감쇄를 제어하기 편리한 측면 있지만, 높은 이득을 위하여 단일 반사판 구조를 채택하는 경우 부엽 감쇄 방법이 필요하다. [3]

특히 대형 단일 반사판 구조의 안테나 시스템은 반사판과 혼 사이 및 반사판 아래 부분에 여러 부속 장치들이 설치된다. 이러한 부속 장치들로 인하여 부엽 왜곡이 고각 축에 일어난다. 부속 장치 위치에 따라서 부엽 왜곡이 주로 일어나는 각도가 달라지기 때문에, 0도에 가까울수록 큰 영향을 받는 부엽을 억제하기 위해서 광선추적기법을 이용하여 조절 가능함을 보인다.

목표 부엽 제한 각도를 설정하여 이에 해당하는 회피구역을 계산한 뒤 부속 장치 위치에 따라 부엽을 변화를 시뮬레이션을 통해서 확인한다. 본 논문에서는 파라볼라 안테나 형상에 따라서 목표 부엽 제한 각도를 설정하여 안테나 이득 패턴 내의 부엽을 조절하는 방법을 소개한다.

II. 회피구역 지정 방법

1. 오프셋 파라볼라 안테나

오프셋 파라볼라 안테나는 단일 반사판 구조를 가지면서 급전흔이 중앙이 아닌 곳에 위치한다. 그림 1은 오프셋 파라볼라 반사판 구성도를 명시한다. [1][5]

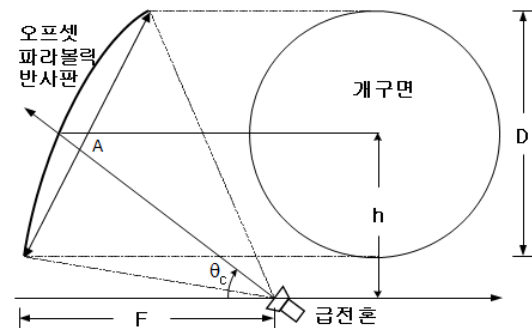


그림 1. 오프셋 파라볼라 반사판 구성도
Fig. 1. configuration of offset parabolic antenna

2. 회피구역 계산

안테나 부엽 왜곡 억제를 위하여 회피구역 계산하기 위해 이 하의 파라미터를 정의한다. θ_{ei} 는 목표 고각 각도, θ_{az} 는 기준 방위각 각도, f 는 오프셋 파라볼릭 안테나의 초점, D 는 오프셋 파라볼라 유효 개구면의 직경, h 는 오프셋 파라볼라 안테나의 중점과 초점 사이의 높이, n 은 오프셋 파라볼라 곡면 테두리 개수로 정의한다. [8]

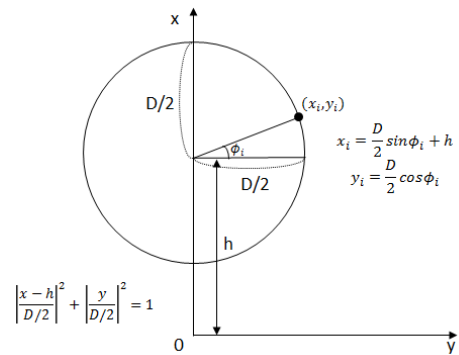


그림 2. xy 평면에서의 오프셋 파라볼릭 반사판 구성도
Fig. 2. configuration of offset parabolic antenna in xy plane

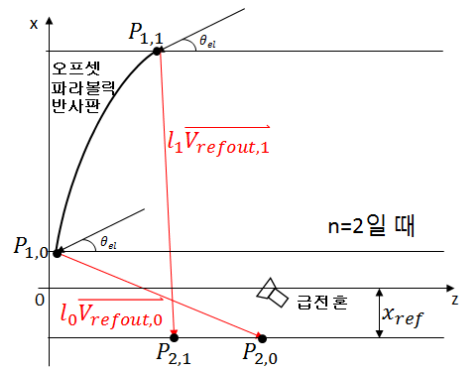


그림 3. xy 평면에서의 오프셋 파라볼릭 반사판 구성도
Fig. 3. configuration of offset parabolic antenna in xy plane

그림 2에 도시된 $\phi_i = 2\pi i/n$ ($i = 0, 1, \dots, n-1$)으로 정의하며, 테두리 개수 n 에 따라 개구면 식의 각도 ϕ_i 를 정의한다. 개구면이 원으로 그림 2에서 개구면의 정면도와 수직적 표현방식을 보인다.

파라볼라 안테나의 n 개의 테두리에서 광선 추적 기법을 사용하여 식 1을 계산한다.

$$\begin{aligned} \overrightarrow{V_{refout,i}} &= [-\sin\theta_{el} + 2\alpha_i x_i, \\ &- \cos\theta_{el} \sin\theta_{az} + 2\alpha_i y_i, -\cos\theta_{el} \cos\theta_{az} - 4\alpha_i f] \\ \alpha_i &= \frac{2}{4x_i^2 + 4y_i^2 + 16f^2} (2x_i \sin\theta_{el} + \\ &2y_i \cos\theta_{el} \sin\theta_{az} - 4f \cos\theta_{el} \cos\theta_{az}) \end{aligned} \quad (1)$$

식 1에 따라 정의된 $\overrightarrow{V_{refout,i}}$ 은 반사판 안쪽으로 반사되는 벡터로 오프셋 파라볼라 안테나 지오메트리 상의 좌표에서 일정 지면 이하까지 $\overrightarrow{V_{refout,i}}$ 를 이용하여 선을 그린다. [4]

III. 회피구역

2장에서 보인 수식을 matlab을 이용하여 표1의 파라미터를 가진 안테나의 목표 각도인 13도의 회피구역을 그림 4와 같이 보인다.

표 1. 안테나 파라미터
 Table 1. Antenna Parameter

| Parameter | 값 |
|---------------|-------|
| f | 1.1 m |
| D | 2 m |
| h | 1 m |
| θ_{el} | 13° |
| θ_{az} | 0° |

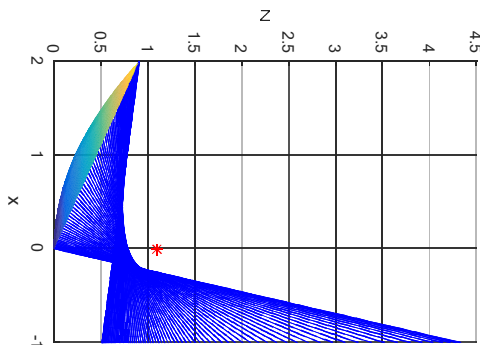


그림 4. zx평면에서의 회피구역
 Fig. 4. Suppression zone in zx plane

matlab을 이용하여 표 1의 안테나 파라미터를 이용하여 안테나를 그리고, 식 1을 이용하여 $\overrightarrow{V_{refout,i}}$ 를 계산하여 도시하였다. 도시된 $\overrightarrow{V_{refout,i}}$ 를 i 개수 만큼 모으

면 회피구역이 생성이 된다. 그림 4과 같이 도시된 회피 구역에서 실제로 사용할 수 있는 구역은 안테나 이하의 빈 공간이다. 목표 고각 각도를 0도부터 도시하면 초점 가까이 있는 빈 공간도 채워지기 때문이다.

회피구역의 효과를 확인하기 위하여 physical optic(PO) 시뮬레이션을 이용하여 안테나 시뮬레이션을 진행하였다. 그림 5는 PO 시뮬레이션 내의 지오메트리를 도시한다. 1번 부속 장치는 그림 3과 비교하였을 때, 회피 구역 내에 위치한다. 회피구역 내에 위치하기 때문에 목표 고각 각도인 13도에서 안테나 이득 패턴에서 부엽이 발생할 것이다. 2번 조건의 부속 장치는 회피 구역을 벗어나 있으므로, 부엽이 발생하더라도 13도보다 높은 각도에서 발생할 것이다. [7]

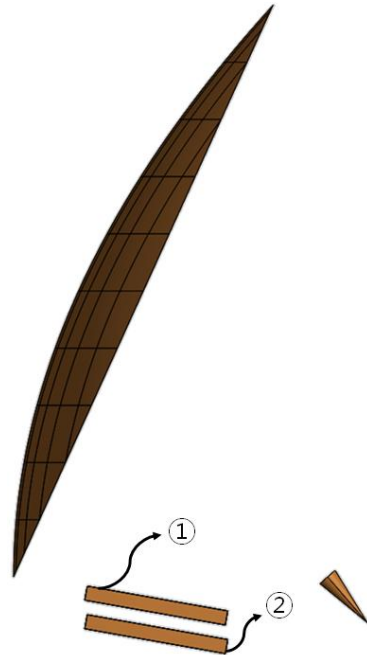


그림 5. 시뮬레이션 조건
 Fig. 5. Condition of Simulation

IV. 시뮬레이션 결과

PO 시뮬레이션 조건에서 혼은 우현편파를 가지는 42.27도에서 -12dB의 테이퍼를 가진다. 또한 표 1과 같이 f, D, h 값을 사용하여 1번 부속 장치만 있는 조건, 2번 부속장치만 있는 조건, 부속 장치 없는 조건으로 시뮬레이션을 실행하였다. 목표 각도를 고각 축에서만 가졌으

므로, 안테나 이득 패턴 시뮬레이션 결과는 고각축만 확인하였다. 3가지 시뮬레이션 결과는 그림 6와 그림 7과 같다. 혼에서 급진된 우현편파를 가진 전파가 부속 장치에서 반사되고 반사판에서 한번 더 반사되어 교차편파의 부엽이 더욱 커짐을 볼 수 있다. 동일편파에서도 어느 정도 영향이 있다.

회피구역 내에 있는 1번 부속 장치의 경우 교차편파에서 큰 미치며, 목표 고각 각도인 13도 이내에서도 큰 영향이 있다. 또한, 동일편파에서도 14도 이상부터 영향을 준다.

회피구역 밖에 위치하는 2번 부속 장치의 경우 동일편파에서는 영향을 주지 않지만, 교차편파의 부엽에서 약 25도 부근에 영향을 주었다. 13도 부근에서는 1번 부속장치에 비해서 적은 영향을 주었다.

시뮬레이션 결과와 같이 계산된 회피구역을 피하면 목표 고각 각도 내에서 부엽을 영향을 받지 않거나, 적게 받을 수 있도록 부속 장치의 위치 설계가 가능하다.

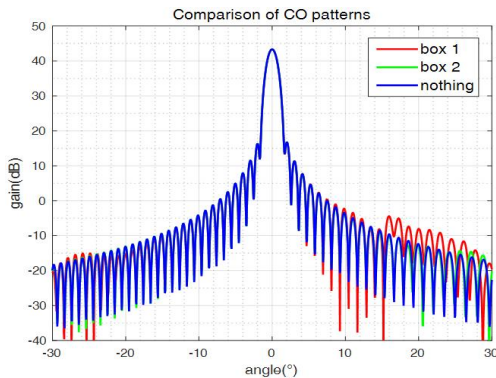


그림 6. 동일편파 비교
Fig. 6. Comparison of Co-pol patterns

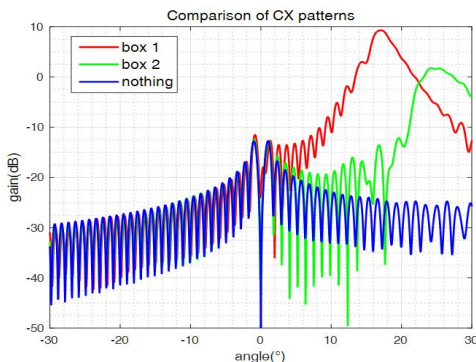


그림 7. 교차편파 비교
Fig. 7. Comparison of Cross-pol patterns

V. 결 론

본 논문에서는 광선추적기법을 사용하여 부속 장치 위치 지정 방법을 제안하였다. 목표 고각 각도를 기준으로 회피구역 대한 벡터를 생성하였으며, 벡터의 집합체를 이용하여 회피구역을 지정하였다. 지정된 회피구역을 도시하고 시뮬레이션으로 회피 구역 내 혹은 외에서의 영향성을 확인하였고, 회피구역을 벗어나면 부엽 영향성이 목표 고각 각도 내에서 적은 것을 확인할 수 있었다.

회피구역은 목표 고각 각도에 따라서 달라지며, 목표 고각 각도가 증가할수록 반사판 이하의 빈 공간이 줄어들게 된다. 안테나 이득 패턴 고각 축의 부엽 영향성을 줄이기 위해서는 반사판 이하에 부속 장치를 위치하지 않아야 하지만, 일정 각도 내에서 역제를 시키기 위해서는 본 논문의 방법을 사용하면 일정 각도 이내에서 부엽 영향성을 조절 가능하다.

References

- [1] C. C. CUTLER, "Parabolic-Antenna Design for Microwaves", PROCEEDING OF THE I.R.E, Vol. 35, No. 11, pp. 1284-1294, Nov 1947.
- [2] ALAN.W. RUDGE, NURDIN A. ADATIA, "Offset-Parabolic-Reflector Antennas : A Review", PROCEEDING OF THE IEEE, Vol. 66, No. 12, pp. 1592-1618, Dec 1978.
- [3] Hal Schrank, Warren Stutzman, Marco Terada, "Design of Offset-Parabolic-Reflector Antenna for Low Cross-Pol and Low Sidelobes", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 35, No. 6, pp. 46-49, Dec 1993.
- [4] J.D. Foley, "An Improved Illumination Model for Shaded Display", Communications of the ACM, Vol. 23, No. 6, pp. 343-349, Jun 1980.
- [5] Warren L. Stutzman, "Antenna Theory and Design", WILEY, Third edition
- [6] Y Rahmat-Samii, "Reflector antennas handbook", Springer, 1988
- [7] Y Rahmat-Samii, "A comparison between GO/aperture-field and physical-optics methods of offset reflectors", IEEE Transactions on Antennas

and Propagation, Vol. 32, No. 3, pp.301-306, Mar 1984

- [8] PS kildal, "Synthesis of multireflector antennas by kinematic and dynamic ray tracing", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 38, No. 10, pp1587-1599, Oct 1990

저자 소개

김 승 호(정회원)



- 2013년 2월 : 충북대학교 전자공학부 공학사
- 2015년 2월 : 광주과학기술원 정보통신학부 공학석사
- 2015년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원