

# 전개형 반사판 안테나의 패널 불완전 전개에 의한 편파특성 영향

## Effects of Panel Misalignment on Polarization Characteristics of Deployable Reflector Antenna

조승주\*<sup>1</sup> · 이시아<sup>2</sup> · 이택경<sup>3</sup> · 이재욱<sup>4</sup>

Seung Joo Jo\*<sup>1</sup> · Sia Lee<sup>2</sup> · Taek Kyung Lee<sup>3</sup> · Jae Wook Lee<sup>4</sup>

### 요 약

본 논문에서는 전개형 반사판 안테나의 불완전 전개가 안테나의 편파 성능에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 포물면의 성질을 이용하는 전개형 반사판 안테나에 불완전 전개가 발생하면 안테나의 형상이 온전한 포물면의 형상을 이루지 못하여 안테나의 동일편파 패턴뿐만 아니라, 교차편파 패턴 또한 악화시켰다. 안테나의 불완전 전개가 대칭으로 발생한 경우와 비대칭으로 발생한 경우에 대한 안테나 성능 저하의 차이를 조사하였다. 불완전 전개 형상이 대칭인 경우에는 교차편파 성능에 미치는 영향이 미약하지만, 비대칭 형상의 경우에는 교차편파가 68 dB 정도 높으며, 교차편파 성능은 안테나의 비대칭 형상에 의해 주로 발생하는 것을 확인하였다.

### Abstract

In this study, we analyzed the effects of panel misalignment on the polarization performance of a deployable reflector antenna. If panel misalignment occurs in a parabola-type deployable reflector antenna, the antenna shape is distorted compared with the original parabola. The shape distortion causes the degradation of co- and/or cross-polarization performance. We investigated the difference in performance degradation for the cases of symmetric and asymmetric misalignments. The cross-polarization is small when the misalignment is symmetric, and approximately 68 dB higher for asymmetric misalignment than that in symmetric case. It was confirmed that the cross-polarization mainly arises from the asymmetry of the antenna.

Key words: Cross-Polarization Performance, Deployable Reflector Antenna, Panel Misalignment

### I. 서 론

반사판 안테나는 고이득이 요구되는 우주 공간에서의 장거리 전파 통신에 널리 사용된다. 반사판 안테나는 포

물면 형상의 반사판과 급전 안테나로 구성되며, 일반적으로 반사판은 파장보다 매우 크기 때문에 수납 효율을 높이기 위하여 전개 가능한 구조를 사용한다. 전개형 반사판 안테나 종류 중 하나인 솔리드 전개형 안테나는 높은

†이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1F1A1060241).

한국항공대학교 항공전자정보공학과(Department of Electronics and Information Engineering, Korea Aerospace University)

\*한화시스템 위성연구센터(Satellite R&D Center, Hanwha Systems)

1: 연구원(<https://orcid.org/0000-0001-8999-6796>), 2: 석사과정(<https://orcid.org/0000-0002-7914-7480>), 3: 교수(<https://orcid.org/0000-0002-2577-2037>),

4: 교수(<https://orcid.org/0000-0003-2903-5904>)

· Manuscript received February 24, 2020 ; Revised April 9, 2020 ; Accepted May 26, 2020. (ID No. 20200224-001S)

· Corresponding Author: Taek-Kyung Lee (e-mail: [tklee@kau.ac.kr](mailto:tklee@kau.ac.kr))

표면 정확도를 가지고, 중앙판과 패널로 포물면 형상을 이루며 전개장치를 이용하여 수납과 전개가 가능하다. 또한 CFRP(carbon fiber reinforced plastics)와 같은 복합재료로 반사판을 제작할 경우 안테나의 경량화가 가능하다 [1],[2].

전개형 반사판 안테나는 우주 공간상의 목표 지점에 도달하여 접혀 있던 패널을 전개한다. 그러나 전개장치에 문제가 생기는 등의 이유로 인하여 패널이 제대로 펼쳐지지 않을 경우, 패널 불완전 전개가 발생할 수 있다. 불완전 전개가 발생하면 반사판 안테나는 온전한 포물면 형상을 이루지 못하기 때문에 안테나의 성능 저하를 야기한다<sup>[3]</sup>. 전개형 안테나에서는 수납 시에 접힌 상태의 패널과 급전기가 겹치지 않으려면 급전기가 반사판에 가까이 위치해야 하므로, 짧은 초점거리를 갖는 **deep reflector** 형태의 반사판을 사용하였다.

반사판 형상의 비대칭과 급전 패턴의 비대칭은 반사판 안테나의 교차편파 성분 발생 요인으로, 급전 패턴과 반사판 형상이 비대칭일수록 교차편파 성분이 커진다<sup>[1],[4]</sup>. 축대칭인 급전 패턴과 반사면을 가진 안테나의 개구면에서 전장은 대칭을 이루므로 교차편파 성분은 서로 상쇄되어 원거리장에서 교차편파는 미약하다. 반사판의 형상이 축대칭이 아니면 반대편의 전장 교차편파 성분들은 서로 다른 크기를 가져 상쇄되지 못하므로 개구면과 원거리장의 교차편파가 발생한다<sup>[1]</sup>.

본 연구에서는 솔리드 전개형 반사판 안테나에 발생한 패널 불완전 전개가 안테나 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 모든 패널에 일정한 크기의 불완전 전개가 발생한 경우와 코사인 1주기 형태의 크기로 발생한 경우에 대해 동일 편파 및 교차편파 성능을 계산하고, 결과를 분석하였다.

## II. 패널 불완전 전개에 의한 교차편파 분석

불완전 전개에 의하여 안테나 성능에 나타나는 영향을 분석하기 위해 시뮬레이션 프로그램 GRASP의 물리광학 해석법을 사용하였으며, 그림 1은 중앙판과 전개 패널로 포물면 형상을 이루는 솔리드 전개형 반사판 안테나의 구조이다. 반사판 안테나의 직경( $D$ )은 1.5 m이며, 중앙판

직경( $D_c$ )은 0.2 m, 초점거리( $F$ ) 0.45 m이고, 30개의 패널로 가정하였다. 급전기는 그림 2와 같이 축대칭 형상의 가우시안 빔 패턴을 가지며, 가장자리 테이퍼의 크기는 -12 dB이다. 급전편파는  $x$  방향의 선형 편파로 설정하였으며, 사용 주파수는 9.6 GHz이다.

형상 오차가 일어나지 않은 포물면 반사면에 대해 패널이 나누어지지 않은 고정형 반사기와 그림 1과 같이 반사면이 30개의 패널로 나누어진 전개형 반사기의 성능을 비교하였으며, 그림 3에서 그 결과를 보여주고 있다. GRASP 시뮬레이션 결과에 의하면 전개형 안테나에서 각 패널의 테두리(rim)에 의한 영향이 안테나 교차편파 성능에 영향을 미친다. 안테나의 동일편파 패턴은 큰 차이가 없지만, 교차편파 성능에서는 절대적인 크기는 매우 작지만, 두 경우에서 100 dB 이상 차이가 발생한다. 미약한 크기를 가지는 교차편파에서는 패널을 형성함으로써 생기는 패널의 테두리에 의한 영향이 나타나지만, 그 절대적

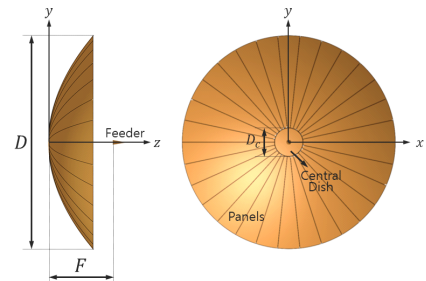


그림 1. 솔리드 전개형 반사판 안테나  
Fig. 1. Solid surface deployable reflector antenna.

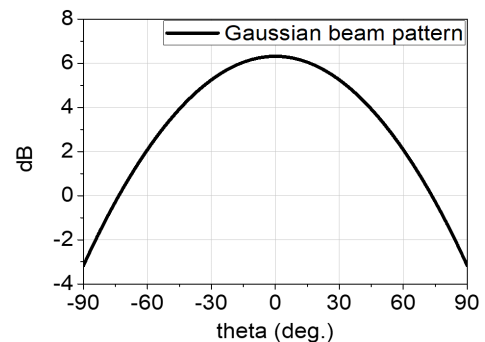
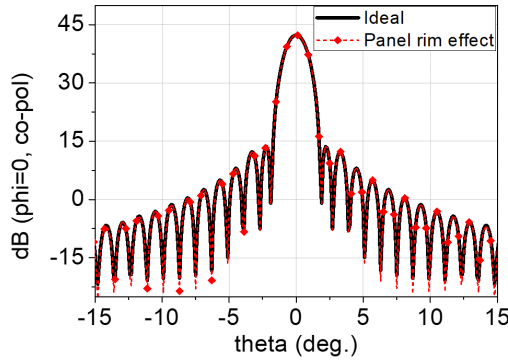
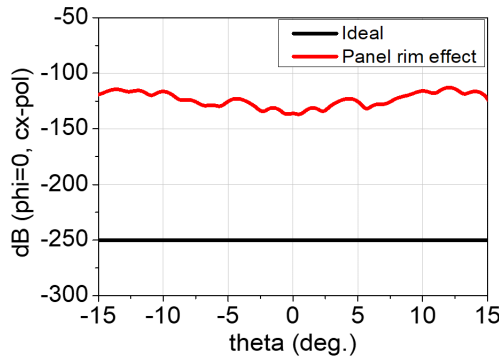


그림 2. 급전기 가우시안 빔 패턴  
Fig. 2. Gaussian beam pattern of feeder.



(a) 동일편파  
(a) Co-polarization



(b) 교차편파  
(b) Cross-polarization

그림 3. 고정형 및 전개형 안테나의 성능 비교

Fig. 3. Performance comparison of paraboloid and deployable reflector antenna.

인 값은 매우 작으므로 패널이 있는 경우의 결과를 기준으로 분석하였다.

그림 4는 패널의 불완전 전개 구조를 보여주고 있다. 그림 4(a)에서 정상적인 전개 패널에 대해 불완전 전개된 패널의 오차 각도( $\alpha$ )를 정의하고 있다. 불완전 전개의 대표적인 형태로서 그림 4(b)와 (c)의 두 가지 형태를 가정하였다. 그림 4(b)는 모든 패널이  $\alpha$  만큼의 동일한 크기로 불완전 전개된 형태로, 전체적인 반사판은 축대칭 형상을 이룬다. 그림 4(c)는 각각의 패널이 코사인 1주기의 변화를 따라  $0 \sim \alpha$ 의 크기로 불완전 전개된 것으로,  $z$ 축에 대하여 비대칭적인 안테나 형상을 가진다.

그림 5는 두 가지 형태의 불완전 전개에 대한  $\phi = 0^\circ$  평면 방사패턴이다. 모든 패널이  $\alpha = 0.5^\circ$ 로 균일하게 불

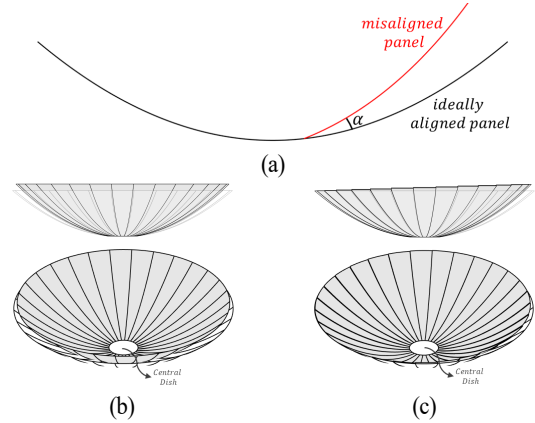
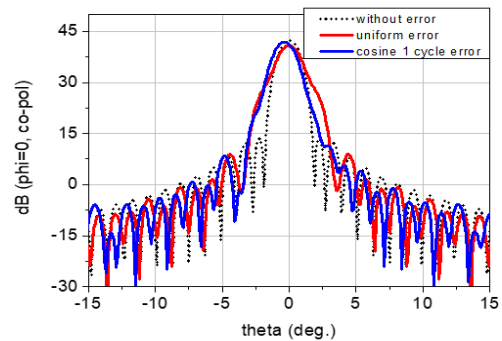
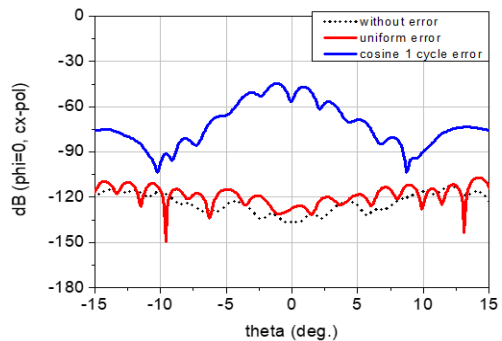


그림 4. (a) 패널 불완전 전개 형상, (b) 균일한 불완전 전개, (c) 코사인 1주기 불완전 전개

Fig. 4. (a) Configuration of panel misalignment, (b) Uniform misalignment, (c) Cosine 1 cycle misalignment.



(a) 동일편파  
(a) Co-polarization



(b) 교차편파  
(b) Cross-polarization

그림 5. 불완전 전개에 의한 방사패턴 비교

Fig. 5. Performance comparison of radiation patterns due to panel misalignments.

표 1. 불완전 전개에 따른 안테나 성능

Table 1. Antenna performances from panel misalignments.

	Gain [dB]	Tilting angle [deg.]	Side-lobe level [dB]	3 dB Beamwidth [deg.]	XPOL [dB]
Without error	42.34	0.00	-28.72	1.41	-54.68
Uniform error	40.83	0.00	-31.99	1.56	-147.90
Cosine 1 cycle error	41.78	-0.30	-30.36	1.51	-86.39

완전 전개되었을 때 동일편파 패턴은 좌우대칭이며, 주엽의 이득이 감소한다. 균일 전개오차가 커질수록 부엽이 주엽에 합쳐져서 빔폭이 증가하는 형태가 되는데, 그림 5에서는 첫 번째와 두 번째 부엽이 주엽과 합쳐져서 빔폭이 증가하였다. 표 1은 두 가지의 불완전 전개에 의한 성능변화를 보여준다.  $\alpha = 0.5^\circ$ 의 균일 전개오차일 때 이득은 1.51 dB 감소하였다. 균일 불완전 전개에서는 축대칭 형상이 되어 교차편파가 미약하며, 교차편파의 최대치(XPOL)는 완전 전개 시에 비해 6.78 dB의 증가에 그친다.

코사인 1주기 형태의 불완전 전개는 비대칭의 안테나의 형상을 이루므로, 동일편파에서는 주엽이 안테나 축으로부터  $0.3^\circ$  기울어진 방향으로 향한다. 이득은 0.56 dB 감소하였으며, 주엽의 좌우 부엽의 크기에 불균형이 일어난다. 비대칭 불완전 전개에서 교차편파 패턴도 비대칭이며, 완전 전개에 비해 교차편파의 크기는 68 dB 이상 증가하며, 전 방향에서 크기가 증가하였다. 코사인 1주기 불완전 전개의 결과로부터 비대칭적 형태의 반사판 안테나에서 개구면의 전장은 중심축으로부터 반대쪽의 교차편파 성분이 서로 상쇄되지 않으므로 원거리 전장의 교차편파가 증가함을 확인할 수 있다.

### III. 결 론

본 논문에서는 X 대역을 사용하는 솔리드 전개형 반사판 안테나의 불완전 전개가 동일편파와 교차편파 패턴에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 일반적으로 안테나 패턴으로서 분석되어지는 동일편파 패턴의 경우, 불완전 전개 각도가 커질수록 성능이 저하되는 경향이 있다. 그러나 교차편파 성능은 반사판이 비대칭일수록 상당한 성능 저하를 야기하기 때문에 불완전 전개의 오차 크기뿐만 아니라, 반사판 형상의 비대칭성에 영향을 크게 받는 것을

알 수 있다. 균일 불완전 전개가 교차편파에 미치는 영향은 미약하지만 코사인 1주기 형태의 불완전 전개에 의해 교차편파 크기가 68 dB 이상 크게 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 반사판 안테나의 교차편파 패턴을 충분히 억제하기 위해서는 반사판 형상의 축대칭성을 고려하여야 한다. 이러한 분석으로부터 전개형 솔리드 안테나 설계 단계에서 고려되는 마진을 설정할 기준과 허용되는 공정오차나 기계적 오차의 범위를 제시할 수 있을 것이다.

### References

- [1] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, 3rd ed. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, pp. 391-424, 2012.
- [2] T. K. Lee, "Design of deployable lightweight antenna for satellite SAR," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 25, no. 11, pp. 1104-1112, Nov. 2014.
- [3] S. J. Jo, J. Y. Lee, S. S. Yoon, T. K. Lee, and J. W. Lee, "Panel misalignment effects on the radiation pattern from a solid surface deployable antenna," *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 19, no. 4, pp. 253-258, Oct. 2019.
- [4] S. B. Sharma, D. A. Pujara, S. B. Chakrabarty, and V. K. Singh, "Improving the cross-polar performance of an offset parabolic reflector antenna using a rectangular matched feed," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 8, pp. 513-516, Jun. 2009.