

고출력 혼 안테나의 후엽감쇄 연구

Front-to-Back Ratio Improvement of a High-Power Horn Antenna

신재윤 · 심홍석* · 이병현* · 이정란* · 우종명

Jae-Yoon Shin · Hong-Suk Shim* · Byung-Hyun Lee* · Jung-Ran Lee* · Jong-Myung Woo

요 약

본 논문에서는 고출력 마이크로파 시스템에 적용하기 위해 1.57 GHz에서 단락구조물을 이용하여 최대 후엽감쇄 특성을 갖는 혼 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 시뮬레이션으로 단락구조물 증가에 따른 후엽감쇄 특성을 최적화시켰고, 최종 3단 단락구조물을 설계하였다. 그 결과 제작된 혼 안테나의 FBR(Front-to-Back Ratio)은 기본형 혼 안테나 23.47 dB를 기준으로 3단 단락구조물을 부착 후 47.2 dB로 23.7 dB가 개선됨을 확인하였다.

Abstract

Herein, a horn antenna that has the maximum back lobe reduction characteristic using a corrugated structure at 1.57 GHz for a high-power microwave system is proposed. The back-lobe characteristics of the proposed antenna was optimized using simulation as the number of corrugated structures increase, and the three-staged corrugated structure was designed. Consequently, the front-to-back ratio(FBR) of the fabricated antenna is 47.2 dB, which is improved by 23.7 dB based on that of the basic horn antenna, i.e., 23.47 dB.

Key words: Corrugated Structure, Front-to-Back Ratio, Radiation Patterns, Horn Antenna, High Power

I. 서 론

고출력 무선통신 및 장거리 고정 무선통신 등에 사용되는 고출력 마이크로파(high power microwaves) 발생 장치는 수백 MW급 이상의 출력 특성을 갖도록 개발되며, 이를 최종 방사시키기 위한 안테나는 안정성 및 고출력을 견딜 수 있는 구조가 필수적이다^[1]. 이에 고출력 마이크로파 시스템에는 주로 반사경 안테나가 연구되어지고 있다^[2].

하지만 반사경 안테나는 반사판의 테두리 면에서 전자기 산란과 급전 피드의 높은 부엽으로 인해 발생하는 스

필오버 특성에 의한 후방 방사로 안테나 주변에 위치한 각종 전자장비의 치명적인 손상을 일으킬 수 있으며, 사용 주파수가 낮을 시 안테나의 물리적 크기가 커지는 단점을 가지고 있다.

이에 최근 반사경 안테나를 대체 가능한 혼 안테나를 이용하여 후엽 및 측엽 방사를 감소시키는 방법이 연구되고 있다^{[3]~[5]}.

따라서 본 논문에서 제안된 혼 안테나는 개구면에 단락구조물을 이용하여 후엽감쇄 특성을 확인한 후 최종 1.57 GHz에서 최대 후엽감쇄 특성을 갖도록 설계 및 제작 결과를 제시하였다.

「이 논문은 2017년도 한화시스템(주)의 재원을 지원 받아 수행된 연구임.」

충남대학교 전파정보통신공학과(Department of Radio and Information Communications Engineering, Chungnam National University)

*한화시스템(Hanwha Systems)

· Manuscript received February 27, 2018 ; Revised April 23, 2018 ; Accepted April 23, 2018. (ID No. 20180227-025)

· Corresponding Author: Jong-Myung Woo (e-mail: jmwwoo@cnu.ac.kr)

II. 후엽감쇄를 위한 혼 안테나 설계

2-1 1단 단락구조물 장착 혼 안테나 특성

그림 1은 후엽감쇄를 위해 혼 안테나 개구면에 1단 단락구조물을 장착한 시뮬레이션 구조이다. 설계된 안테나의 급전부는 0.91 GHz의 차단주파수를 갖는 WR-650 표준 도파관에 Probe 급전으로 구성하였으며, 개구면 크기는 $290\text{ mm}(1.52\lambda) \times 210\text{ mm}(1.1\lambda)$ 로 설계되었다. 이때 개구면과 단락구조물의 간격을 너무 크거나 작으면 후엽감쇄특성이 없으므로 최적의 간격을 찾아야 한다. 따라서 단락구조물의 간격을 g 로 설정한 후 g 값을 변화시켜 후엽감쇄 특성을 확인하였다. 이 때 단락구조물의 길이는 선행 연구된 결과를 토대로 0.75λ 로 설정하여 혼 안테나의 내부에서 외부로 전달되는 클리핑 전류가 공진주파수에서 최대 특성을 갖도록 설계하였다^[6].

그림 2에는 1.57 GHz에서 1단 단락구조물 간격 g 에 따

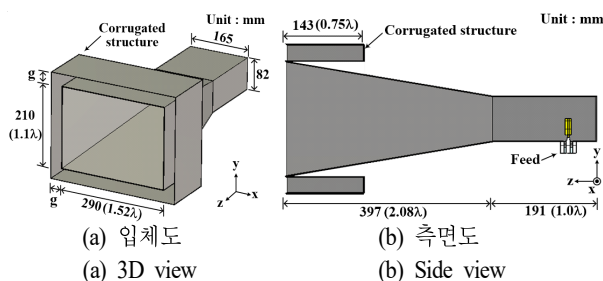


그림 1. 1단 단락구조물 장착 혼 안테나 구조
Fig. 1. Structure of horn antenna with one corrugated structure.

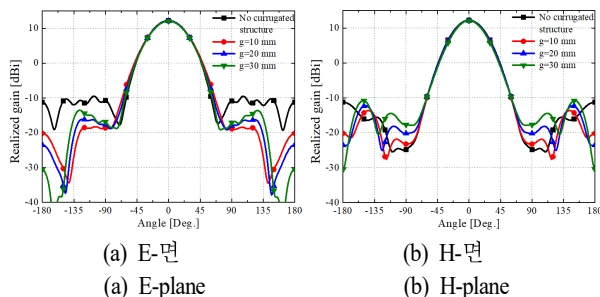


그림 2. 1단 단락구조물 장착 혼 안테나의 방사패턴
Fig. 2. Radiation pattern of horn antenna with one corrugated structure.

표 1. 1단 단락구조물 특성

Table 1. Characteristic of one corrugated structure.

g [mm]	No corrugated structure	10	20	30
Gain [dBi]	12.21	12.05	12.13	12.08
HPBW [°]	E-plane	47.0	48.03	46.99
	H-plane	43.2	42.94	42.47
FBR [dB]	23.47	32.24	35.64	42.71
Max SLL [dBi]	-10.23	-13.67	-12.24	-10.84

른 방사패턴을 나타내었으며, 특성결과를 표 1에 정리하였다. 설계된 혼 안테나의 후엽감쇄 레벨을 나타내는 FBR을 보면 단락구조물 부착 전 23.47 dB, 단락구조물을 부착 후 간격 g 에 따른 FBR을 확인한 결과, g 가 30 mm일 때 42.71 dB로 단락구조물을 장착하기 전보다 19.24 dB가 개선된 것을 확인할 수 있다.

그러나 그림 2(b)의 H-plane 방사패턴을 보면 $\pm 150^\circ$ 에서 측엽 방사가 증가하는 특성을 보여 안테나의 구조적 변경이 필요하다. 따라서 혼 안테나에 2단 오프셋 단락구조물을 추가 적용하여 재설계를 하였다.

2-2 2단 오프셋 단락구조물 장착 혼 안테나 특성

그림 3에는 2단 오프셋 단락구조물을 장착한 혼 안테나의 시뮬레이션 구조이다. 개구면과 단락구조물의 간격은 앞 절에서 보인 바와 같이 30 mm로 고정 후 설계되었다. 혼 안테나의 기본 모드인 TE_{10} 의 특성을 고려하여 1단 단락구조물 위, 아랫면에 2단 단락구조물을 장착하였으며, 간격은 30 mm로 고정하였다. 그 후 최적의 오프셋 특성

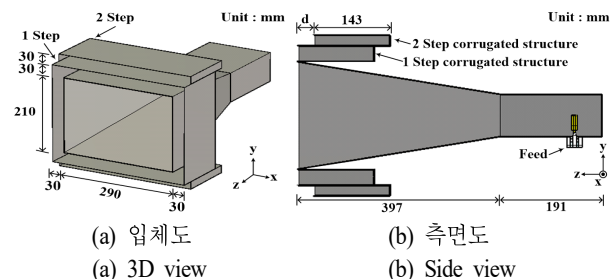


그림 3. 2단 오프셋 단락구조물 장착 혼 안테나 구조
Fig. 3. Structure of horn antenna with two step offset corrugated structure.

을 확인하기 위해 2단 단락구조물의 위치를 개구면으로부터 깊이 d 의 이동에 따른 방사패턴 특성을 확인하였다.

그림 4에는 1.57 GHz에서 2단 오프셋 단락구조물 깊이 d 에 따른 방사패턴을 나타내었으며, 특성결과를 표 2에 정리하였다. 설계된 혼 안테나의 FBR을 비교하면 1단 단락구조물의 값은 42.71 dB로 나타났으나, 2단 오프셋 단락구조물의 깊이 d 가 35 mm일 때 43.58 dB로 0.87 dB가 개선된 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 4(b)의 H-plane 방사패턴에 $\pm 150^\circ$ 의 측엽 방사 특성을 비교하면 1단 단락구조물 장착 시 -10.84 dB, 2단 오프셋 단락구조물의 깊이 d 가 35 mm일 때 -13.85 dB로 3.01 dB가 개선되었다.

2-3 3단 오프셋 단락구조물 장착 혼 안테나 특성

앞 절에서 시뮬레이션을 통해 최적화된 단락구조물에 따른 후엽감쇄 특성을 적용하여 1단 단락구조물 내에 3단 단락구조물을 부착한 혼 안테나를 제작하였다. 그림 5에는 제안한 혼 안테나의 시뮬레이션 및 제작 구조를 나

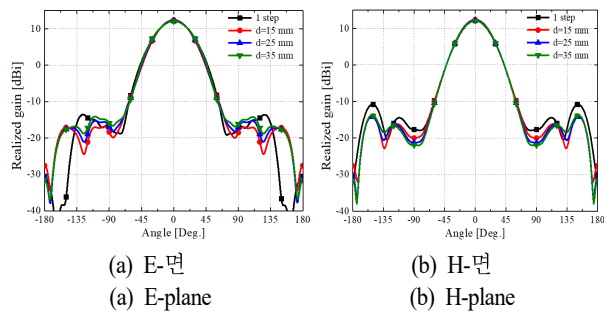


그림 4. 2단 오프셋 단락구조물 장착 혼 안테나의 방사패턴
Fig. 4. Radiation pattern of horn antenna with two step offset corrugated structure.

표 2. 2단 Offset 단락구조물 특성

Table 2. Characteristic of two step offset corrugated structure.

d [mm]		One corrugated structure	15	25	35
Gain [dBi]		12.08	12.39	12.22	12.06
HPBW [°]	E-plane	46.74	43.41	45.55	47.6
	H-plane	40.77	40.56	41.01	41.69
FBR [dB]		42.71	40.0	42.83	43.58
Max SLL [dBi]		−10.84	−14.06	−14.25	−13.85

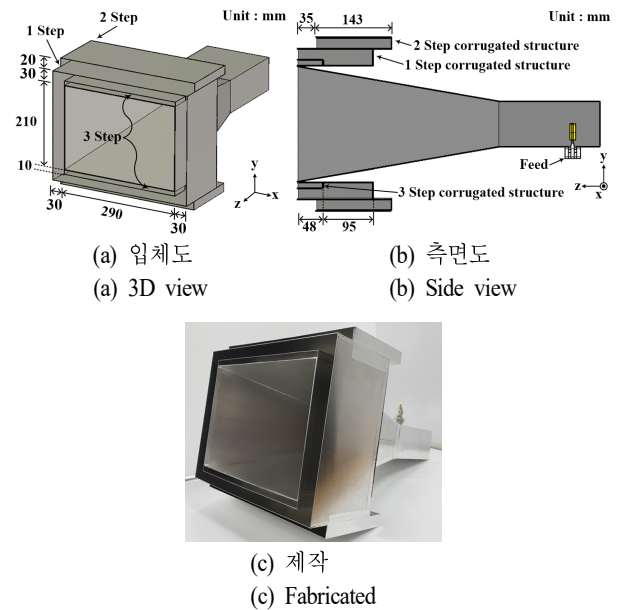


그림 5. 제안한 혼 안테나의 시뮬레이션 및 제작 구조
Fig. 5. Simulation and fabrication of the proposed horn antenna structure.

타내었다. 1단 단락구조물은 개구면 외각에 간격을 30 mm로 제작하였으며, 2단 단락구조물은 1단 단락구조물의 위, 아랫면에 35 mm 오프셋 깊이를 적용하여 제작하였다. 3단 단락구조물은 개구면과 1단 단락구조물 사이 위, 아랫면에 간격 10 mm, 길이 48 mm로 제작하였다.

그림 6(a)에는 제안한 혼 안테나의 반사손실 특성을 나타내었다. 1.57 GHz에서 시뮬레이션 -12.42 dB, 측정 -12.61 dB로 확인되었다. 그림 6(b)에는 제안한 혼 안테나의 FBR 특성을 나타내었다. 시뮬레이션 결과, 1.57 GHz

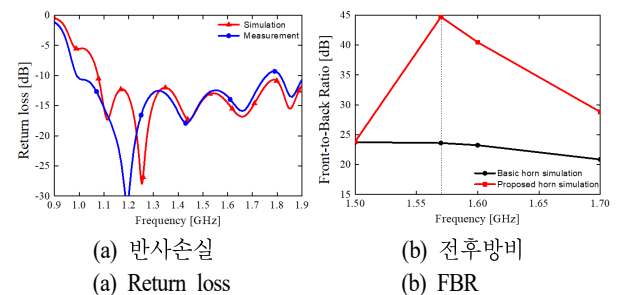


그림 6. 제안한 혼 안테나의 반사손실 및 전후방비
Fig. 6. Return loss and FBR of the proposed horn antenna.

에서 최대 FBR 특성을 나타내도록 설계되었다.

그림 7에는 1.57 GHz에서 3단 오프셋 단락구조물 혼 안테나의 방사패턴을 나타내었으며, 특성결과를 표 3에 정리하였다. 시뮬레이션 및 측정 결과, 혼 안테나 FBR은 각각 43.5 dB, 47.2 dB의 결과를 얻었다. 이는 시뮬레이션 된 2단 오프셋 단락구조물을 부착한 혼 안테나에 비해 3.62 dB가 개선되었고, 최대부엽 레벨은 -17.01 dBi로 3.16 dBi가 개선되었다.

III. 결 론

본 논문에서는 혼 안테나의 개구면에 단락구조물을 이용하여 1.57 GHz에서 최대 후엽감쇄 특성을 갖는 혼 안테나를 설계 및 제작하였다. 먼저 시뮬레이션으로 단락구조물 증가에 따른 후엽감쇄 특성을 최적화시켰고, 최종 3

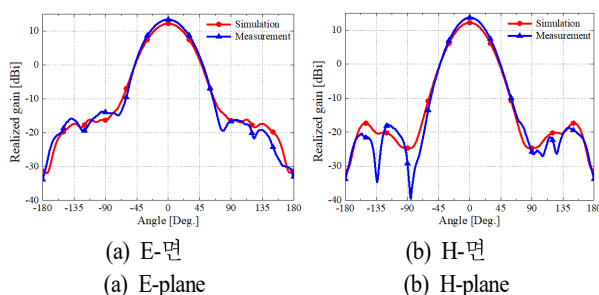


그림 7. 제안한 혼 안테나의 방사패턴

Fig. 7. Radiation pattern of the proposed horn antenna.

표 3. 제안된 혼 안테나의 특성

Table 3. Characteristics of the proposed horn antenna.

		Simulation	Measurement
Gain [dBi]		12.2	13.37
HPBW [°]	E-plane	47.6	47.03
	H-plane	41.9	40.43
FBR [dB]		43.5	47.2
Max SLL [dBi]		-17.86	-17.01

단 단락구조물을 설계하였다. 그 결과, 제작된 혼 안테나의 FBR은 기본형 혼 안테나 23.47 dB를 기준으로 3단 단락구조물을 부착 후 측정결과 47.2 dB로 23.7 dB가 개선됨을 확인하였다. 또한 최대부엽 레벨을 측정한 결과 -17.01 dBi로 6.78 dBi를 개선하였다.

따라서 설계된 혼 안테나는 3단 단락구조물을 이용하여 FBR을 개선함에 따라 고출력용 안테나로 유효함을 확인할 수 있었다.

References

- [1] M. K. Thumm, W. Kasperek, "Passive high-power microwave components," *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 30, no. 3, pp. 755-786, Jun. 2002.
- [2] Y. Rahmat-Samii, D. W. Duan, D. V. Giri, and L. F. Libelo, "Canonical examples of reflector antennas for high-power microwave applications," *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 34, no. 3, pp. 197-205, Aug. 1992.
- [3] 이상훈, 윤영중, 이병무, 소준호, "초고출력 안테나 시스템 급전용 다중 모드 혼 안테나 설계에 관한 연구," 한국전자과학회논문지, 17(5), pp. 476-482, 2006년 5월.
- [4] 박정용, 박우람, 신유일, 류홍균, 우종명, "후엽 및 측엽 억제를 위한 혼 안테나," 2010년 추계마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문집, 2010년 10월, p. 212.
- [5] K. J. Lee, S. S. Oh, Y. H. Lee, and Y. S. Kim, "Front-to-back ratio improvement of a short pyramidal horn antenna using metal strips/rods in LTE/cellular band," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 10, no. 1, pp. 111-118, Jan. 2016.
- [6] J. M. Lee, J. M. Woo, "Design of array synthesis horn antenna for high power microwave applications," in *Proceedings of the PIERS(PIERS 2012)*, Aug. 2012, pp. 1196-1998.