THE JOURNAL OF KOREAN INSTITUTE OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE. 2018 Apr.; 29(4), 320～323.

http://dx.doi.org/10.5515/KJKIEES.2018.29.4.320
ISSN 1226-3133 (Print) · ISSN 2288-226X (Online)

항공용 초광대역 회전 방향 탐지 안테나 설계 및 제작

Design and Fabrication of Ultrawideband Spinning Direction Finding Antenna for Airborne Applications

김지흥 · 유홍균 · 박영주 · 이병남

Jeeheung Kim · Hongkyun Ryu · Young-Ju Park · Byungnam Lee

요 약

본 논문에서는 항공기 탑재에 적합한 초광대역 회전 방향 탐지 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나는 초광대역 주파수 범위(UHF – Ka 대역)를 수용하기 위해 저대역(UHF – L 대역)과 고대역(S – Ka 대역) 안테나로 분리하여 설계하였다. 고대역 안테나는 LPDA(Log Periodic Dipole Array) 안테나 급전 옵셋 파라볼릭 안테나를 적용하였다. 저대역 안테나의 경우, 전체 안테나 크기 증가 없이 적용하기 위해, LPDA 안테나 2소자를 고대역 안테나의 반사판 앞에 배열하였다. 제작된 안테나의 저대역과 고대역 안테나 이득은 각각 평균 8.76 dBi, 24.55 dBi로 측정되었다. 안테나의 크기는 직경 437 mm, 높이 358 mm로 제작되었다. 따라서 설계된 안테나는 항공기 탑재에 적합한 크기와 고이득 및 좁은 빔폭 특성을 가져 회전 방향 탐지 안테나로 적합함을 확인하였다.

Abstract

Herein, an ultrawideband spinning direction finding (DF) antenna was designed and fabricated for airborne applications. The proposed antenna is designed by dividing the low-band (UHF – L band) and high-band (S – Ka band) antennas to cover the ultrawideband frequency range (UHF – Ka band). For the high-band antenna, an LPDA antenna fed offset-parabolic-reflector antenna is applied. In the low-band antenna, two LPDA antenna elements are arrayed in front of the reflector of the high-band antenna without increasing to the full antenna size. The low- and high-band gains of the fabricated antenna were measured as 8.76 dBi and 24.55 dBi on average, respectively. The antenna was fabricated with the dimensions of 437 mm in diameter and 358 mm in height. Consequently, we confirmed that the designed antenna is appropriate for the spinning DF antenna in terms of the affordable size for installing on an airplane, as well as the high gain and narrow beamwidth.

Key words: Electronic Warfare, Ultrawideband, Direction Finding, LPDA Antenna, Offset Parabolic Antenna

Ⅰ. 서 론

항공기 탑재용 초광대역 회전 방향 탐지 안테나는 항공기 탑재가 용이하도록 작은 크기를 가져야 하며, 초광대역 주파수 범위(UHF – Ka 대역)에서 높은 수신감도를 위해 고이득 특성 필요하고, 방향탐지 정확도를 높이기 위해 좁은 빔폭 특성이 요구된다[1].

이러한 특성을 얻기 위해, 상용 회전 방향 탐지 안테나[2]는 저대역(0.5～2 GHz), 중대역(2～18 GHz), 고대역(18～40 GHz) 3개의 대역으로 구분하여 설계되었다. 저대역 안

국방과학연구소(Agency for Defense Development)
· Manuscript received January 19, 2018 ; Revised March 26, 2018 ; Accepted April 2, 2018. (ID No. 20180119-011)
· Corresponding Author: Young-Ju Park (e-mail: longpole89@gmail.com)

ⓒ Copyright The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science. All Rights Reserved.

테나는 LPDA(Log-Periodic Dipole Array) 안테나가 적용되고, 중대역 안테나는 LPDA 안테나 급전 실린더 반사판 안테나가 사용된다. 고대역 안테나는 혼 안테나가 적용되었다. 이 안테나는 반사판 뒤에, 저대역 안테나를 배치하여 전체 안테나의 크기가 커지며 저대역 이득과 고대역 이득이 낮은 특성이 있다. 또한 3개의 대역으로 분리하여 안테나의 구조가 복잡하다.

본 논문에서는 기존 상용 안테나에 비해 이득은 향상되고, 소형화된 크기를 가지는 초광대역 회전 방향 탐지 안테나를 설계 및 제작하였다. 주파수 대역은 저대역(0.5~2 GHz)과 고대역(2~40 GHz) 2개의 대역으로 분리하였고, 고대역 안테나는 선행연구[3]된 LPDA안테나 급전 옵셋 파라볼릭 안테나를 적용하였다. 그리고 저대역은 추가적인 안테나 크기 증가 없이 이득 향상을 위해 파라볼릭 반사판 앞에 LPDA 안테나 2소자를 배열하여 설계하였다. 2장과 3장에서는 설계된 안테나 구조와 시뮬레이션 및 측정결과를 기술하고자 한다.

Ⅱ. 초광대역 회전 방향 탐지 안테나 설계

기존 회전 방향 탐지 안테나에 비해서 작은 크기와 높은 이득 특성을 얻기 위해 표 1과 같이 안테나의 설계 사양을 설정하였다. 안테나의 편파는 수직과 수평 편파를 수신할 수 있도록 45° Slant 편파로 설정하였고, 대역은 저대역(0.5~2 GHz)과 고대역(2~40 GHz)으로 분리하였다. 이득은 저대역 8 dBi 이상, 고대역 20 dBi 이상으로 수신 감도를 높일 수 있도록 하였다. 회전 방향 탐지 안테나는 항공기의 배면에 탑재되어 지상의 신호를 수신함으로 고각 방향으로 빔이 5° 지향되도록 설정하였다.

그림 1에는 설계 및 제작된 초광대역 회전 방향 탐지 안테나의 구조를 나타내었다. 고대역 안테나는 기존 상용 안테나와 달리 2~40 GHz를 하나의 안테나로 수용하기 위해 선행 연구된 LPDA 급전 옵셋 파라볼릭 안테나[2]를 적용하였다. 저대역 안테나 (0.5~2 GHz)의 경우, 기존 상용 안테나에서는 반사판 뒤에 LPDA 안테나를 장착하였다. 이러한 배치 방법은 안테나의 크기를 증가시키며, 제한된 크기 내에서 이득 향상이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 진동에 견딜 수 있는 견고한 구조를 가진 LPDA 안테나[4]를 요구 대역에 맞게 설계하여 반사판 앞에 2소자

표 1. 회전 방향 탐지 안테나의 설계 사양
Table 1. Design specifications of spinning direction finding (DF) antenna.

Item		Specification
Polarization		Slant-Pol.
Avg. gain (dBi)	Low-band	>8.0
	High-band	>20.0
Low-band avg. HPBW (°)	Az-plane	<60
	EL-plane	<80
High-band avg. HPBW (°)	Az-plane	<7.0
	EL-plane	<7.0
High-band avg. Beam tilt (°)	Az-plane	0±1.0
	EL-plane	5±1.0
Diameter×Height (mm)		<470×380

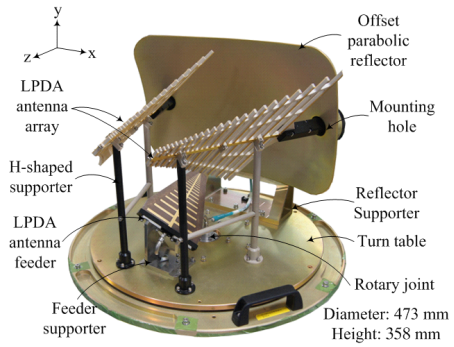


그림 1. 초광대역 회전 방향탐지 안테나 구조
Fig. 1. Structure of the ultrawideband spinning DF antenna.

를 배열하였다. 배열 간격은 사이드로브가 발생이 최소화되도록 반파장 이하의 간격으로 설정하였다. 이러한 배치 구조는 안테나의 전체 크기를 증가시키지 않으며 저대역의 이득을 향상시킬 수 있다. 여기에서 저대역 안테나 배치시 고대역과의 간섭을 최소화하기 위해 서로 교차 편파가 되도록 배치하였다.

LPDA 배열 안테나의 고정은 반사판의 양 끝부분에 장착홀과 턴테이블 위의 H자형 유전체(Peek, ε_r: 3.3)로 고정되어 항공기의 진동으로부터 견딜 수 있도록 하였다. 그리고 안테나의 전력 합성을 위해 반사판 뒤에 전력 합성기(Pulsar microwave사 PS2-21-450/3S)를 장착하였고, 동축케이블을 이용하여 로터리 조인트 입력으로 연결할 수 있

게 하였다. 로터리 조인트는 턴테이블의 중앙에 위치하며, 저대역과 고대역을 수용할 수 있도록 2채널 로터리 조인트(Spinner사 153518V001)를 적용하였다. 제작된 안테나의 크기는 직경 473 mm, 높이 358 mm로 제작되어 설계 목표 크기보다 작고 시스템에서 요구하는 진동 및 충격 시험을 만족하여 항공기 탑재에 유리할 것으로 판단된다.

Ⅲ. 시뮬레이션 및 측정 결과

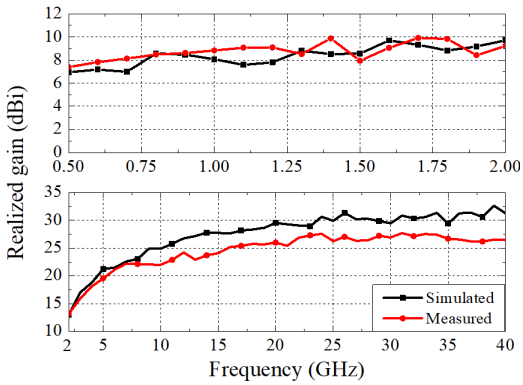
본 장에서는 제작된 초광대역 회전 방향 탐지 안테나의 시뮬레이션 및 측정 결과에 대해 기술한다. 시뮬레이션은 CST사 MWS 2013을 이용하였다. 고대역 안테나 시뮬레이션은 LPDA 급전 안테나의 near-field 소스를 이용하여 시뮬레이션하였다. 방사관련 파라미터 측정은 저대역의 경우 far-field range에서 측정하였으며, 고대역은 near-field range에서 평면스캔 방법으로 측정하였다.

그림 2에는 제작된 안테나의 최대 이득과 반전력 빔폭을 나타내었다. 저대역 최대 이득은 시뮬레이션과 측정 각각 평균 8.39 dBi, 8.76 dBi로 유사한 특성을 얻었다. 고대역의 경우, 평균이득은 시뮬레이션 27.52 dBi, 측정 24.55 dBi로 측정값이 2.97dB 낮았으며, 8 GHz 이상에서 오차가 증가하였다. 그 이유는 시뮬레이션시 급전 안테나를 near- field 소스를 이용하여 급전기에 의한 간섭이 줄어들어 나타난 것[3]과 초광대역 LPDA 안테나의 제작상 오차로 인한 것으로 판단된다.

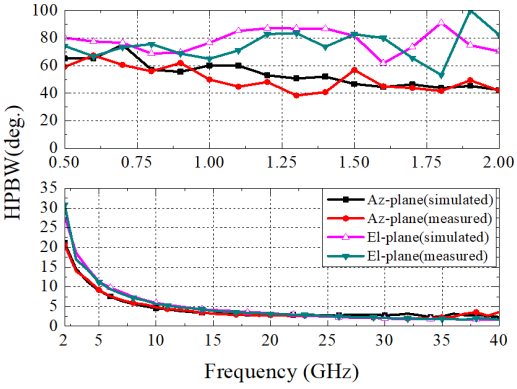
그림 2(b)에 반전력 빔폭 특성을 나타낸 바와 같이 저대역은 방위각 방향으로 LPDA 안테나가 배열되어 있어 고각에 비해 방위각 빔폭이 좁은 특성을 얻었다. 고대역은 주파수가 높아질수록 전기적인 개구면이 커져 빔폭이 줄어들었으며, 방위각 방향으로 반사판이 커서 2~10 GHz까지는 고각에 비해 방위각 방향이 좁은 특성을 보였다. 빔폭 특성은 설계 목표를 만족하며, 기존의 안테나에 비해 좁아 방향탐지 정확도가 향상된다.

빔 편향은 빔폭이 좁은 고대역 안테나에 중요한 요소이며, 그림 3에 빔편향 특성을 나타내었다. 방위각 방향의 빔 편향은 시뮬레이션 평균 −0.06°, 측정 평균 −0.29°로 유사한 결과를 얻었다. 고각 빔 편향 또한 시뮬레이션 평균 4.74°, 측정 평균 4.70°로 요구 규격을 만족하였다.

그림 4에는 제작된 안테나의 방위각 방사패턴(측정)을



(a) 최대 이득
(a) Peak gain



(b) 반전력빔폭
(b) HPBW

그림 2. 제작된 안테나의 이득과 반전력 빔폭
Fig. 2. Peak gain and half-power beamwidth (HPBW) of the fabricated antenna.

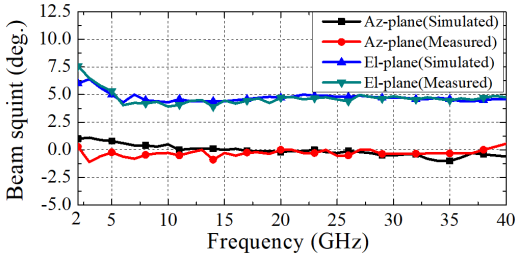
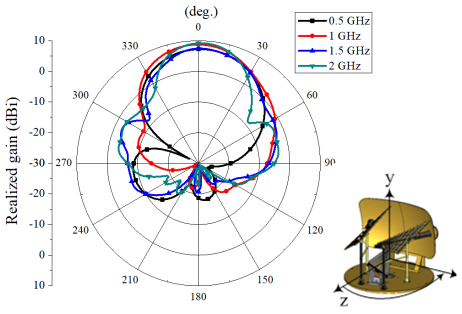
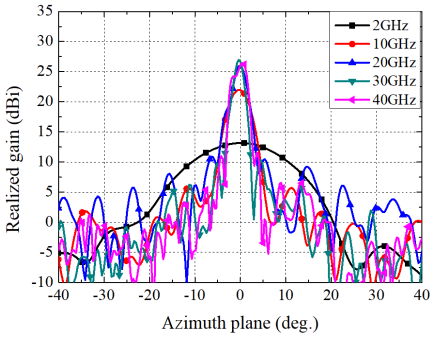


그림 3. 제작된 안테나의 빔 편향
Fig. 3. Beam squint of the fabricated antenna.

나타내었다. 저대역 방사패턴은 단일 LPDA 안테나에 비해 빔폭이 줄어들었으며, 지향성 방사패턴 특성을 얻었다.



(a) 저대역
(a) Low band



(b) 고대역
(b) High band

그림 4. 제작된 안테나의 방위각 방사패턴(측정)
Fig. 4. Radiation pattern in azimuth of the fabricated antenna (measurement).

고대역의 경우, 주파수가 높아질수록 팬슬빔 패턴 특성을 보여 방향탐지에 적합할 것으로 보인다.

표 2에는 설계된 안테나의 특성을 요구사항과 상용 안테나[2]의 특성과 비교하였다. 비교결과 설계된 안테나는 요구규격을 만족하며, 상용 안테나에 비해 크기가 작고 높은 이득과 좁은 빔폭 특성을 갖는 것을 확인하여 본 연구에서 요구하는 시스템에 적합할 것으로 판단된다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 항공용 초광대역 회전 방향 탐지 안테나를 설계 및 제작하였다. 고대역 안테나로 LPDA 안테나

표 2. 설계된 안테나의 특성 비교
Table 2. Characteristics comparison of the designed antenna.

Item		Design specification	Measure-ment	Ref. [3]
Polarization		Slant-Pol.		
Avg. gain (dBi)	Low-band	>8.0	8.76	6.5
	High-band	>20.0	24.55	16.2
Low-band avg. HPBW (°)	Az-plane	<60	50.43	72.0
	EL-plane	<80	75.02	N/A
High-band avg. HPBW (°)	Az-plane	<7.0	4.34	12.4
	EL-plane	<7.0	4.98	N/A
High-band avg. beam tilt (°)	Az-plane	0±1.0	−0.29	N/A
	EL-plane	5±1.0	4.70	N/A
Diameter×Height (mm)		<470×380	437×358	495.3×411

급전 옵셋 파라볼릭 안테나를 적용하고, 전체 안테나의 크기 증가없이 저대역 안테나의 이득을 증가시키기 위해 LPDA 안테나 2소자를 배열하여 반사판 앞에 장착하였다. 제안된 안테나는 기존 상용 안테나에 비해 크기가 작고 높은 이득 및 좁은 빔폭 특성을 갖는 것을 확인하였다. 또한 시스템에서 요구하는 진동 및 충격 시험을 만족하여 항공기 탑재 회전 방향 탐지 안테나로 사용 가능함을 확인하였다.

References

[1] S. E. Lipsky, *Microwave Passive Direction Finding*, Sci-tech publishing, pp. 93-99, 2004.
[2] ASC Signal, Direction Finding(DF) Spinning Antenna System, Jan. 2018. Available: http://www.cpii.com/docs/datasheets/361/directionFindingAntenna2012.pdf.
[3] 박영주, 박동철, "항공용 회전 방향탐지 소형 옵셋 파라볼릭 반사판 안테나 설계," 한국전자파학회논문지, 27(8), pp. 766-773, 2016년 8월.
[4] 박영주, 박동철, "항공기 탑재용 경량화 지지 구조를 갖는 평면 LPDA 안테나 설계," 한국전자파학회논문지, 27(3), pp. 253-260, 2016년 3월.