

항공용 회전 방향탐지 소형 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나 설계

Design of a Spinning Direction-Finding Compact Offset-Parabolic-Reflector Antenna for Airborne Applications

박 영 주 · 박 동 철*

Young-Ju Park · Dong-Chul Park*

요 약

본 논문에서는 항공기 탑재 회전 방향탐지용 소형 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나를 제안한다. 반사판 안테나의 급전부로는 초광대역 특성을 보유하며, 45° slant 선형 편파를 갖는 LPDA 안테나를 적용하였다. 반사판은 고이득과 항공기 동체 배면 탑재를 위해 파라볼릭 형상을 기준으로 크기를 소형화시켰으며, 고각 기준으로 5° 기울어지게 설계되었다. S 대역에서 Ka 대역까지 20:1의 초광대역 구간에서 제안된 안테나의 평균 이득은 27.97 dBi, 평균 반전력 빔폭은 방위각 4.55°, 고각 4.3°로 측정되어 펜슬 빔(pencil beam)의 방사패턴을 가지며 시뮬레이션 결과와 유사함을 확인하였다. 설계된 안테나는 제한된 영역 내에 장착되는 소형의 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나로서 원하는 초광대역과 고이득 특성을 확보하여 항공기에 탑재되는 회전 방향탐지 안테나 시스템에 적용 가능할 것으로 판단된다.

Abstract

This paper proposes an aircraft-installed compact offset-parabolic-reflector antenna for the spinning direction-finding applications. The feeder of the reflector antenna is a LPDA antenna that has the ultra-wideband characteristics and the 45° slant linear polarization. The reflector is designed to be slanted by 5° in the elevation and to be small in size on the basis of the reference parabolic shape for the purpose of the high gain and mounting on the underside of aircraft fuselage. Over the ultra-wideband 20:1 bandwidth from S to Ka band, the measured average gain of the proposed antenna is 27.97 dBi, and the average half-power beam width is 4.55° in the azimuth and 4.3° in the elevation which is the pencil-beam radiation pattern. All the measured data are similar to the simulation results. The designed compact offset-parabolic-reflector antenna that is installed in the limited area has the ultra-wideband and high-gain characteristics. We expect that the newly designed antenna can be applied to the spinning direction-finding antenna system installed in an aircraft.

Key words: Offset-Parabolic-Reflector Antenna, Spinning Direction-Finding Antenna, Airborne Antenna

I. 서 론

항공기 동체 아래 배면에 탑재되어 회전하면서 S 대역

에서 Ka 대역까지 초광대역 신호의 방향을 탐지하고, 수신하는 항공용 회전 방향탐지 안테나(spinning direction-finding antenna)에서는 초광대역 구간에서 고분해능과 원

국방과학연구소(Agency for Defense Development)

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

· Manuscript received July 14, 2016 ; Revised July 29, 2016 ; Accepted July 29, 2016. (ID No. 20160714-080)

· Corresponding Author: Dong-Chul Park (e-mail: dcpark@cnu.ac.kr)

거리 신호 탐지 능력이 요구된다. 이를 위해 넓은 주파수 대역에서 고이득과 방위각 방향으로 좁은 빔폭 특성을 가지는 회전 방향탐지 반사판(reflector) 안테나가 유용하게 사용될 수 있는데, 항공용으로 적용하기 위해서는 소형이면서 고속 회전과 진동에 잘 견디는 견고한 구조를 가져야 한다.

기존의 회전 방향탐지용 반사판 안테나로는 스파이럴(spiral) 안테나^[1] 또는 대수주기 다이폴 배열(Log-Periodic Dipole Array: LPDA) 안테나를 급전기(feeder)로 이용한 파라볼릭(parabolic) 실린더 반사판 안테나들^{[2],[3]}이 적용되어 사용 중이다. 여기서 스파이럴 안테나는 2~18 GHz 대역의 급전용 안테나로 사용되었는데, 그 이상의 초광대역 구간에서는 제작하기 어려운 단점을 가진다. LPDA 안테나 급전의 반사판 안테나 역시 18 GHz 이상의 대역에서 추가적인 혼 안테나를 일반적으로 장착하여 사용한다. 하지만 이런 경우 구조가 복잡해지고 대역 통합을 위한 듀플렉서(duplexer)가 필요하기 때문에 이득이 저하되고, 부피도 커져서 소형 항공기에 적용하기에는 한계가 있다. 따라서 대역 확장을 위한 추가적인 안테나 장착없이 초광대역 급전기를 이용한 반사판 안테나가 요구된다.

본 논문에서는 추가 안테나 없이 하나의 초광대역 LPDA 급전 안테나를 이용한 오프셋 파라볼릭 반사판(offset-parabolic-reflector) 안테나를 제안한다. 급전 안테나로는 항공기 탑재에 적합한 견고한 구조의 초광대역 LPDA 안테나^[4]를 적용하였다. 파라볼릭 반사판으로는 레이돔 내의 작은 장착 요구 공간에 적합하게 소형이면서, 급전 안테나와의 간섭을 배제할 수 있는 오프셋 반사판 구조를 적용하였다. 또한, 수직 및 수평 편파 신호를 동시에 수신하기 위해 급전 안테나를 45° 기울여 slant 선형 편파를 갖도록 설계하였다. 그리고 항공기 동체 아래 배면에 탑재되어, 탐지하고자 하는 주요 지상 신호원까지의 거리와 항공기 순항 고도를 기준으로 최적의 신호를 수신할 수 있도록 고각 기준 5°로 반사판을 기울여 주 빔이 틸트(tilt)되도록 하였다.

논문의 구성으로 2장에서는 초광대역 LPDA 급전 안테나의 특성에 대해 설명하고, 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나의 설계 과정을 제시한다. 그리고 3장에서는 제안된 안테나의 시뮬레이션과 측정 결과를 비교한다.

II. 소형 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나 설계

본 논문에서 제안된 반사판 안테나는 항공기 외부 배면에 탑재되므로 안테나 보호를 위해 외부에 레이돔이 장착된다. 항공기의 원활한 이착륙을 위해 레이돔과 지면의 간격은 일정한 수준 이상으로 유지해야 하고, 항공기 운항 중 공기에 의한 항력(air drag)을 최소화하기 위해 레이돔 부피를 최대한 줄여서 설계해야 한다. 따라서 제시될 안테나는 기존의 반사판 안테나와 대비해서 소형이면서도 시스템에서 요구하는 고이득 특성을 가져야 한다.

표 1에는 회전 방향탐지 안테나 시스템에서 요구하는 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나의 설계 사양을 나타내었다. 편파는 수직 및 수평 편파를 수신하기 위해 slant 편파로 결정하였으며, 평균 이득은 25 dBi 이상, 빔폭은 수평 및 수직면 모두 평균 7° 이하로 설정하였다. 빔 편향은 방위각 평균 ± 1° 이내, 고각의 경우 안테나를 항공기에 장착 시 빔을 지상 방향으로 지향해야 하기 때문에, 지향 방향인 5° 기준으로 평균 ± 1° 이내로 설정하였다. 레이돔 내부에 장착되는 반사판 안테나의 크기는 직경 500 mm, 높이가 400 mm 이내로 제시하였다.

2-1절에서는 먼저 반사판 안테나의 급전을 담당하는 초광대역 LPDA 안테나 주요 성능을 언급하고 반사판의 형상 설계 방안을 제시한다.

2-1 급전용 초광대역 LPDA 안테나

그림 1에는 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나의 급전 안테

표 1. 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나의 설계 사양
Table 1. Design specifications of offset-parabolic-reflector antenna.

항목	설계 사양	
편파	Slant 편파	
5-dB 대역폭(GHz)	2~40(20:1)	
평균 이득(dBi)	25 이상	
평균 HPBW (°)	Az-plane	7 이하
	El-plane	7 이하
평균 빔 편향 (°)	Az-plane	± 1 이내
	El-plane	5° 기준 ± 1 이내
크기(mm)	500(직경)×400(높이) 이하	

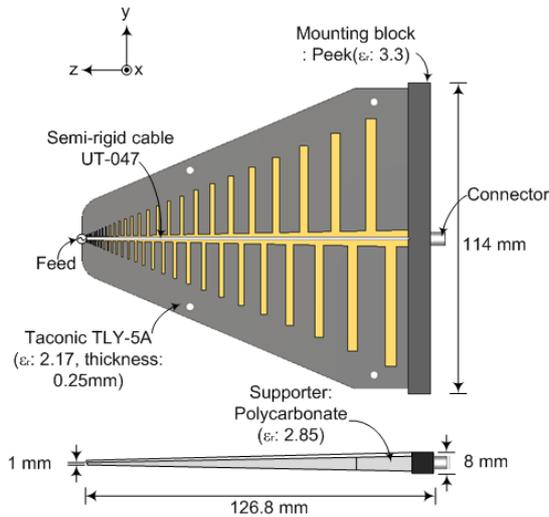


그림 1. 급전용 초광대역 LPDA 안테나의 구조^[4]
 Fig. 1. Structure of ultra-wideband LPDA antenna for feeding.

나 구조를 나타내었다. 급전용 안테나는 항공기 탑재에 적합한 견고한 구조를 가진 초광대역 LPDA^[4] 안테나로서 안테나 방사소자들은 2개의 유전체 기판에 인쇄형으로 배치되었다. 얇은 유전체 기판 사이에는 진동과 충격에 잘 견디는 견고한 구조의 쐐기형 지지대가 위치한다. 설계 및 제작된 급전용 초광대역 안테나는 5-dB 반사손실 기준으로 33.85:1의 대역폭을 가지며, 평균 이득은 5.76 dBi, 평균 반전력 빙폭은 59.82°(E-plane), 87.02°(H-plane)으로 측정되었다.

설계된 초광대역 LPDA 안테나는 안테나의 길이에 따라서 위상중심이 변화한다. 따라서 급전 안테나를 파라볼릭 반사판의 초점(focal point)에 위치시킬 위상중심을 결정해야 한다. 그림 2에는 계산된 위상중심을 나타내었다.

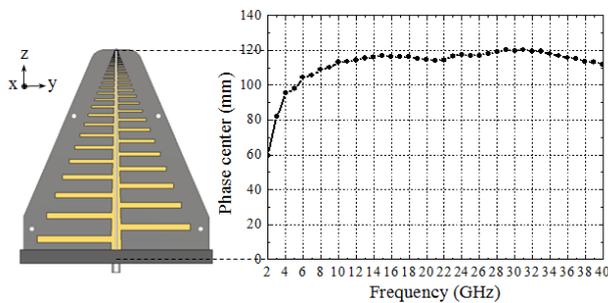


그림 2. 초광대역 LPDA 안테나의 위상중심
 Fig. 2. Phase center of ultra-wideband LPDA antenna.

표 2. 설계된 초광대역 LPDA 안테나 측정 결과
 Table 2. Measured results for the designed ultra-wideband LPDA antenna.

항목	측정 결과	
5-dB 대역폭(GHz)	1.31 ~ 44.35 (33.85:1)	
평균 이득(dBi)	5.76	
평균 HPBW(°)	E-plane	59.82
	H-plane	87.02
크기(mm)	126.8(폭)×114(길이)×8(두께)	

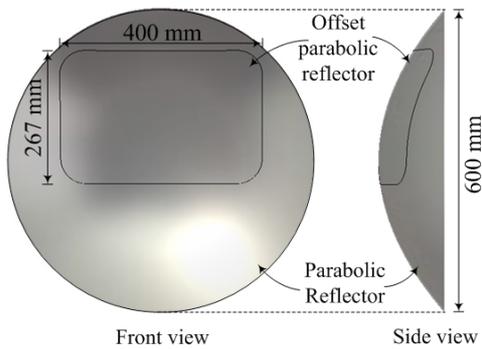
6 GHz 이하 주파수 대역의 위상중심은 방사소자의 위치 때문에 z축 상의 60~100 mm 사이에 위치한다. 6 GHz 이상에서는 위상중심이 100~120 mm에 위치한다. 따라서 파장이 짧아 위상중심이 민감한 고주파 대역의 평균 위상중심인 110 mm를 급전 안테나의 위상중심으로 결정하였다. 제작된 급전용 초광대역 LPDA 안테나의 주요 성능은 만족할 수준이며, 안테나의 측정 결과를 표 2에 제시하였다.

2-2 읍셋 파라볼릭 반사판 설계

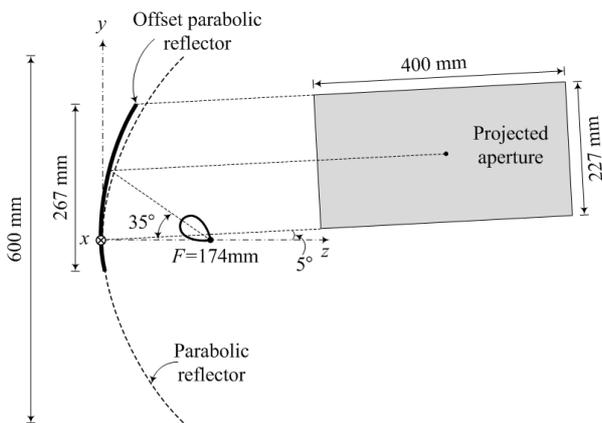
본 절에서는 앞서 제시된 초광대역 LPDA 안테나를 급전부로 사용하는 읍셋 파라볼릭 반사판 안테나의 설계 방법을 제시한다. 반사판 안테나는 항공기의 배면에 위치하며, 레이돔 내부에 직경 500 mm, 높이 400 mm 이하의 크기로 설계되어야 한다.

기존 파라볼릭 실린더 반사판 안테나는 팬 빔(fan beam)을 가지고 있어 고이득 특성을 얻기에는 부적합하며, 제한된 공간에서 높은 이득을 얻기 위해서는 읍셋 파라볼릭 반사판^{[5],[6]}이 적합하다. 읍셋 반사판 안테나는 급전부가 회전판 바로 위에 설치되어 급전 지지구조물의 크기를 최소화할 수 있으며, 이로 인한 급전부 지지 구조물과 주 반사판 개구면 방사 공간의 간섭을 저감시킬 수 있는 장점이 있다.

그림 3(a)에는 읍셋 파라볼릭 반사판 설계를 위한 기본 파라볼릭 반사판 구조와 수직단면을 나타내었다. 읍셋 파라볼릭 안테나를 설계하기 위해서 먼저 기본적인 파라볼릭 반사판을 설계한 뒤, 급전 안테나와의 간섭이 없도록 반사판의 일정부분을 선택해야 한다. 그림에 보이는 것처럼



Front view Side view
(a) 파라볼릭 반사판
(a) Parabolic reflector



(b) 읍셋 파라볼릭 반사판의 수직 단면
(b) Vertical cross section of offset-parabolic reflector

그림 3. 읍셋 파라볼릭 반사판 안테나 구조
Fig. 3. Structure of offset-parabolic-reflector antenna.

럼 기본적인 파라볼릭 반사판의 직경 D 는 요구 이득을 수용할 수 있도록 600 mm로 설정하였으며, 초점거리 F 대 직경의 비 F/D 는 제한된 안테나 탑재 공간 안에 급전 안테나와 반사판이 탑재될 수 있도록 0.29로 설정하였다. 그리고 시스템 요구 크기 이내로 안테나를 설계하기 위해 기본적인 파라볼릭 반사판 상부에서 가로 400 mm, 세로 267 mm 크기의 직사각형 형태 반사판을 읍셋 파라볼릭 반사판으로 선택하였다. 직사각형 형태의 읍셋 파라볼릭 반사판은 높이를 줄일 수 있고, 방위각 방향으로 좁은 빔폭 특성을 가진다.

다음으로 급전기인 초광대역 LPDA 안테나의 급전 위치를 결정해야 한다. 그림 3(b)는 읍셋 파라볼릭 반사판의 수직 단면을 나타낸 것으로 급전의 위치는 초점 거리(F)

로 z 축 174 mm에 위치한다. 그리고 읍셋 파라볼릭 반사판에 빔이 조향되어 반사되도록 $+y$ 축 반사판의 중심으로 급전 안테나를 35° 지향시켰다. 또한, 반사판 안테나가 항공기 배면에 탑재되어 최적의 신호 탐지가 가능한 위치인 지상 방향 5°로 주 빔이 향하도록 반사판의 기울기를 조절하였다.

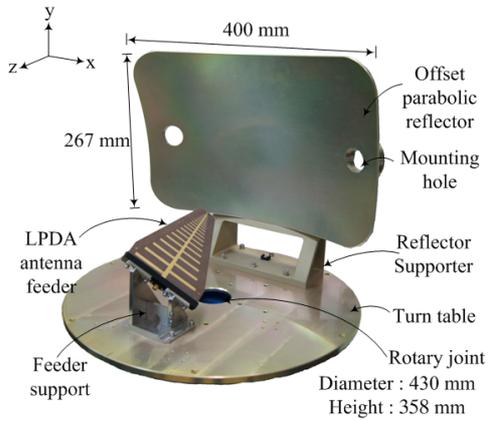
여기서 $-y$ 축 반사판은 방사에 기여하지 못하므로 결과적으로 급전 안테나와 반사판으로 인한 투영된 개구면 (projected aperture)은 그림 3(b)와 같이 물리적인 개구면 크기(400 mm×267 mm)보다 수직방향이 다소 작아진 직사각형(400 mm×227 mm)의 형상을 가진다. 여기서 $-y$ 축 반사판을 절개하지 않은 이유는 회전판 위의 외곽 쪽으로 지지구조를 이용하여 반사판 장착 시 기구적 견고성을 갖기 위해서이며, $-y$ 축 반사판 여부에 상관없이 방사패턴에는 큰 영향성이 없는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 반사판 앞쪽으로는 급전부인 초광대역 LPDA 안테나가 설치된다.

다음 장에는 제작된 안테나의 구조와 시뮬레이션 및 측정 결과에 대해 기술한다.

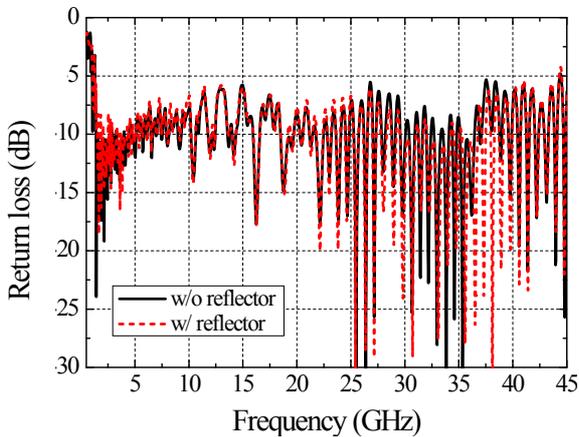
III. 시뮬레이션 및 측정 결과

그림 4(a)는 제작된 초광대역 읍셋 파라볼릭 안테나의 구조를 보여주고 있다. 제작된 읍셋 파라볼릭 반사판은 고속 회전 및 진동에 견딜 수 있도록 지지구조 위에 장착되었다. 또한, 추가적으로 저대역 LPDA 안테나^[7]를 장착할 수 있도록 반사판의 양쪽에 마운팅 홀을 두었다. 급전용 초광대역 LPDA 안테나는 반사판의 앞쪽에 지지구조를 이용하여 설치되며, 수직 및 수평편파를 동시에 수신할 수 있도록 45도 기울어져 장착된다. 또한, 회전판의 중심에는 로터리 조인트가 위치하며, 안테나가 고속 회전하면서도 안정된 수신 신호를 수신기에 전달할 수 있도록 하였다.

그림 4(a)의 회전판과 다른 지지구조물들의 간섭 영향에 따른 급전 안테나의 성능을 확인하기 위해 회전판 위 급전 안테나 탑재 전후의 반사손실 특성 변화를 그림 4(b)에 나타내었다. 측정결과, 반사손실 변화는 거의 없었으며, 측정된 5-dB 대역폭은 33.81:1(1.31~44.29 GHz)로 초광대역 특성을 보였다.



(a) 제작된 안테나
(a) Fabricated antenna

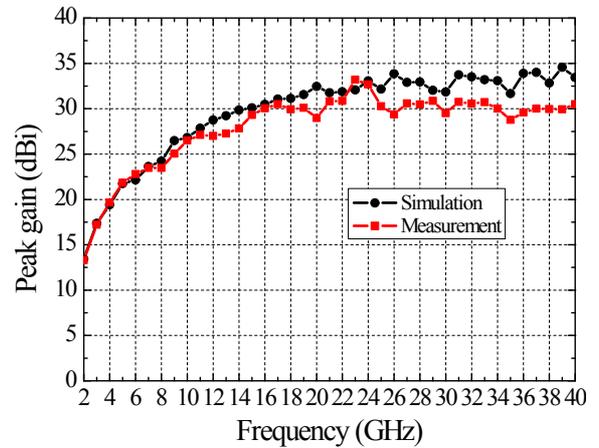


(b) 장착 전후 급전 LPDA 안테나의 반사손실
(b) Return losses of the LPDA antenna feeder before and after installation

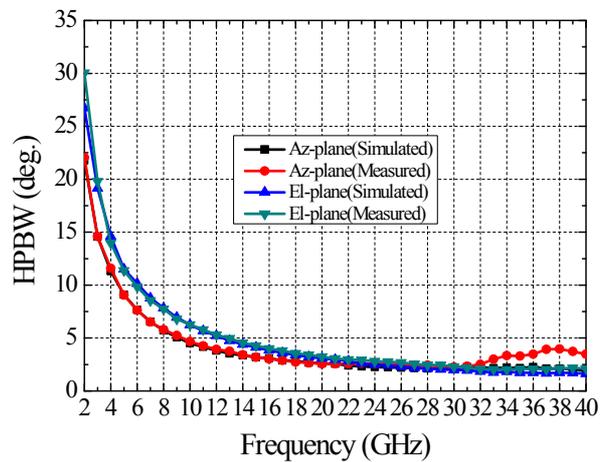
그림 4. 제작된 초광대역 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나 구조와 반사손실

Fig. 4. Structure and return losses of the fabricated ultra-wideband offset-parabolic-reflector antenna.

그림 5에는 시뮬레이션 및 측정된 안테나의 최대 이득과 반전력 빔폭 특성을 제시하였다. 시뮬레이션은 CST사 Microwave Studio 2013을 이용하였다. 시뮬레이션 시 급전 안테나를 포함하여 안테나 전체를 해석하기는 어렵기 때문에 급전 안테나의 근역장 소스를 이용하여 반사판 안테나의 방사특성을 해석하였다. 본 논문에서 설계된 안테나는 광대역 특성을 가지고 있어서, 실제 측정은 근접전계 측정 시스템(near-field scanner)^[8]을 이용하였으며, 평



(a) 최대 이득
(a) Peak gain



(b) 반전력 빔폭
(b) Half-power beamwidth

그림 5. 제작된 초광대역 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나의 최대 이득 및 반전력 빔폭

Fig. 5. Peak gain and half-power beamwidth of the fabricated ultra-wideband offset-parabolic-reflector antenna.

면 스캔 방법으로 측정 시 각 대역의 프로브를 교체해 가며 측정하였다. 근접전계 시스템의 안테나 측정 방법은 안테나의 근전계에서 진폭과 위상을 스캔한 후 프로브의 특성을 보상하고, 푸리에 변환을 이용하여 원거리 장의 방사패턴으로 변환하는 과정을 거친다^[9].

시뮬레이션 및 측정 결과 주파수에 따른 최대 이득 및 반전력 빔폭은 slant 편파 조건에서 서로 유사한 것으로 확인되었으며, 주파수가 증가하면서 이득은 커지고, 빔폭

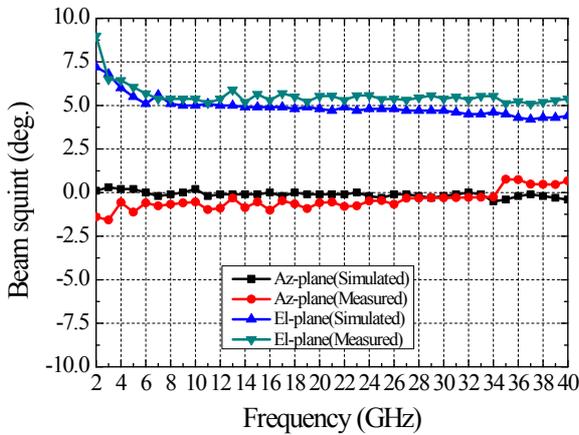


그림 6. 제작된 초광대역 음향 파라볼릭 반사판 안테나의 빔편향

Fig. 6. Beam squint of the fabricated ultra-wideband offset-parabolic-reflector antenna.

표 3. 설계된 안테나의 특성

Table 3. Characteristics for the designed antenna.

비교항목 \ 안테나		설계 사양	시뮬레이션	측정
편파		Slant 편파		
5-dB 대역폭(GHz)		2~40 (20:1)	1.31~44.35 (33.85:1)	1.31~44.29 (33.81:1)
평균 이득(dBi)		25 이상	29.64	27.97
평균 HPBW(°)	Az-plane	7 이하	4.17	4.55
	El-plane	7 이하	4.99	5.26
평균 Beam squint (°)	Az-plane	±1 이내	0.11	-0.45
	El-plane	5±1 이내	4.93	5.57
크기(mm)		500(직경)×400(높이) 이하	465(직경)×360(높이)	

은 좁아지는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 주파수가 증가하면서 반사판의 전기적 개구면 크기가 증가하기 때문이다. 또한, 최대 이득은 24 GHz를 기준으로 하위 주파수에서는 시뮬레이션과 측정이 큰 차이가 없었으나, 상위 주파수에서는 차이가 증가하는 것으로 나타났다. 그 이유는 시뮬레이션은 근역장 소스를 이용하였고, 실제 측정에서는 급전안테나가 존재하여 주파수가 상승할수록 급전기의 간섭이 증가한 것으로 사료된다. 평균 최대 이득은

시뮬레이션 29.64 dBi, 측정 27.9 dBi로 나타났다.

반전력 빔폭은 직사각형 반사판의 영향으로 24 GHz 까지 고각이 방위각에 비해 빔폭이 넓게 나타났으며, 24 GHz 이상에서는 고각과 방위각의 빔폭이 동일한 특성을 얻었다. 32 GHz 이상에서는 측정된 방위각 빔폭이 시뮬레이션에 비해서 증가하였는데, 이것 역시 급전안테나의 간섭 영향이라 사료된다. 방위각 방향 평균 반전력 빔폭은 시뮬레이션 4.17°, 측정 4.55°이며, 고각 방향으로는 시뮬레이션 4.99°, 측정 5.26°의 특성을 얻었다.

그림 6에는 빔편향에 대해 시뮬레이션 및 측정 결과를 비교하여 보이고 있다. 방위각 방향에서의 빔편향은 정확한 방향탐지를 위해 최소화하는 것이 바람직하다. 하지만 실제 안테나 제작 시 급전 안테나의 마운트 위치 공차 및 안테나의 방사패턴에 의해 빔편향이 발생한다. 이러한 빔편향은 안테나의 회전 제어 시 보정 테이블을 이용하여 개선할 수 있다. 방위각 방향의 빔편향은 시뮬레이션 평균 0.11°, 측정은 -0.45°의 특성을 얻었다. 고각은 안테나를 항공기 배면에 탑재하므로 반사판을 기울여 주빔 방향을 5° 틸트되게 하였다. 시뮬레이션 및 측정 결과 빔편향은 각각 4.93°, 5.57°로 나타났으며, 6 GHz 이하에서는 빔편향이 증가하였으나 빔폭이 넓어 고각의 신호수신 범위를 제한하지 않을 것으로 판단된다.

그림 7에는 2, 10, 20, 30, 40 GHz에서 시뮬레이션된 안테나 방사패턴을 slant 편파를 기준으로 방위각 및 고각 방향에 대해 측정된 방사패턴과 비교하여 보이고 있다. 시뮬레이션 및 측정 모두 유사한 특성을 보였으며 10 GHz 이상에서는 빔폭이 좁은 팬빔이 형성되는 것을 보여주고 있다. 고각 방향의 방사패턴에서는 시뮬레이션 및 측정된 주파수 모두 목표로 하는 + 5°로 빔이 지향되는 것을 볼 수 있다.

표 3에는 제안된 안테나의 목표 사양에 대한 시뮬레이션 및 측정 결과를 비교하여 나타내었다. 기본적인 설계 사양을 모두 충족하였으며, 기존의 안테나^{[2],[3]}에 비해서 크기도 작으면서 고이득 특성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 소형의 항공기 탑재용 초광대역 회전

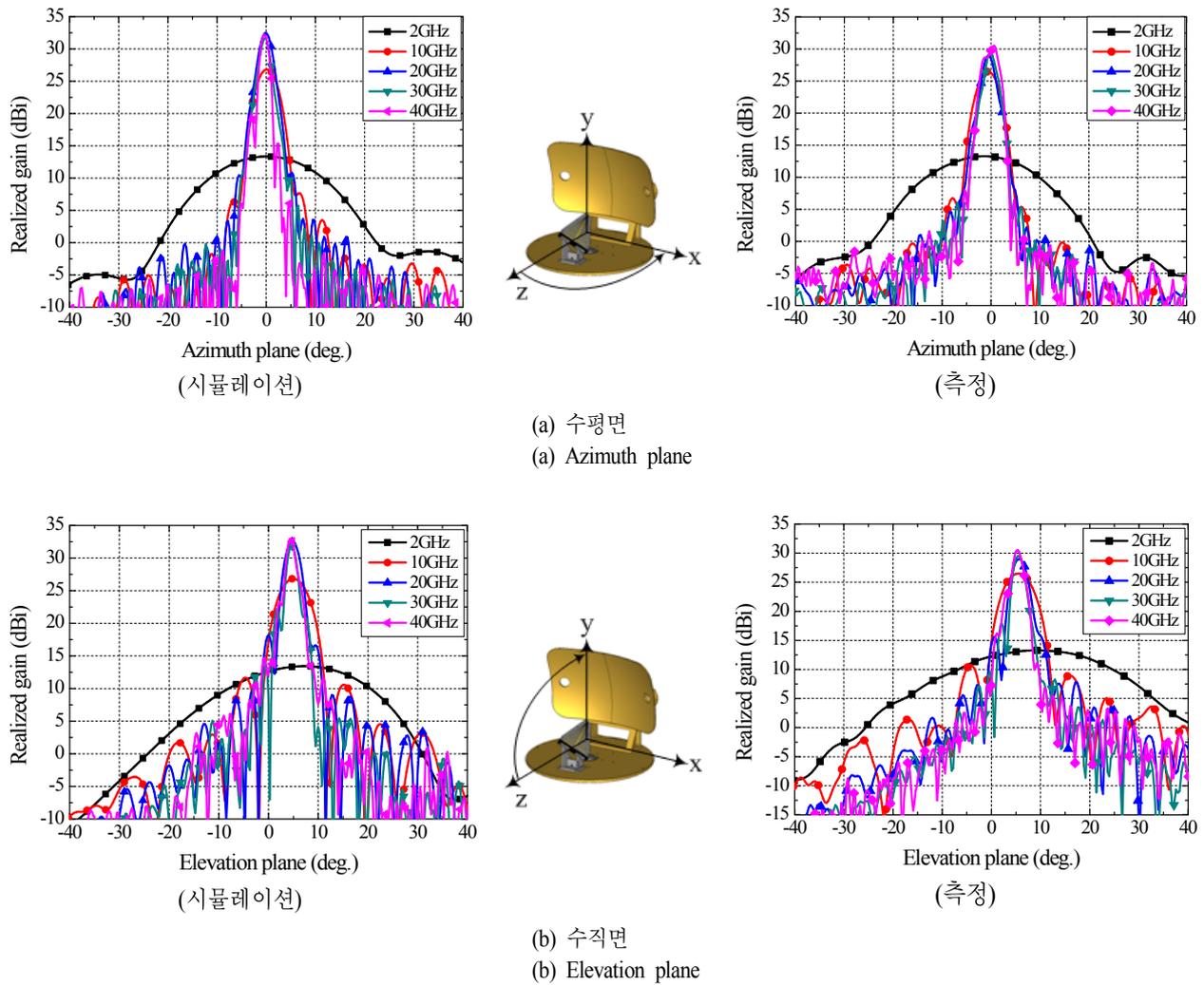


그림 7. 제작된 초광대역 오프셋 파라볼릭 반사판 안테나의 방사패턴
 Fig. 7. Radiation pattern of the fabricated ultra-wideband offset-parabolic-reflector antenna.

방향탐지 안테나 설계 내용을 제시하였다. 제작된 안테나는 초광대역 특성을 얻기 위해 견고한 구조의 초광대역 LPDA 안테나를 급전 안테나로 적용하였으며, 반사판은 직사각형 형태의 오프셋 파라볼릭 반사판을 적용하였다. 반사판과 급전 안테나는 회전판 위에 장착되어 고속 회전 및 진동에 견딜 수 있도록 견고하게 제작되었다. 또한, 안테나가 요구 크기 내에 설계되었고, 높이가 낮아 소형으로서 항공기 배면 장착에 유리함을 확인하였다. 시뮬레이션 및 추정 결과 제안된 안테나는 초광대역 및 고이득 특성을 가지고 있어 항공 회전 방향탐지 안테나로 유용하

게 사용될 것으로 판단된다.

References

- [1] S. E. Lipsky, *Microwave Passive Direction Finding*, Sci-tech publishing Inc., pp. 92-98, 2004.
- [2] https://www.rockwellcollins.com/Data/Products/EW_and_Intelligence/SIGINT/ANT-1040_Spinning_DF_Antenna.aspx, ANT-1040 Spinning DF Antenna, 2016년 5월.
- [3] <http://www.cpii.com/docs/datasheets/361/DirectionFindingAntenna2012.pdf>, ASC signal, Direction Finding(DF) Sp-

inning Antenna System, 2016년 7월.

- [4] 박영주, 박동철, "공중 회전 방향탐지 반사판 안테나 급전기용 초광대역 LPDA 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 27(7), pp. 653-659, 2016년 7월.
- [5] A. W. Rudge, N. A. Adatia, "Offset-parabolic-reflector antennas: A review", *Proceedings of the IEEE*, vol. 66, no. 12, pp. 1592-1618, Dec. 1978.
- [6] S. K. Sharma, S. Rao, and L. Shafai, *Handbook of Reflector Antennas and Feed Systems: Volume 1 Theory*

and Design of Reflectors, Artech House, 2013.

- [7] 박영주, 박동철, "항공기 탑재용 경량화 지지 구조를 갖는 평면 LPDA 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 27(3), pp. 253-260, 2016년 3월.
- [8] http://www.mtginc.co.kr/product/Testfacilities/Near-field/product_testfacilities_near-field.html, MTG Near-Field Antenna Measurement System, 2016년 7월.
- [9] G. E. Evans, *Antenna Measurement Techniques*, Artech House, pp. 127-168, 1990.

박 영 주



1993년 2월: 성균관대학교 전기공학과 (공학사)
 1997년 2월: 성균관대학교 전기공학과 (공학석사)
 1997년 2월 ~ 현재: 국방과학연구소 책임연구원
 2009년 3월 ~ 현재: 충남대학교 전파정보

통신공학과 박사과정

[주 관심분야] 안테나 설계, 전자전 송수신 시스템 설계

박 동 철



1974년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1976년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)
 1984년 12월: University of California, Santa Barbara (공학박사)
 1977년 ~ 1978년: Ruhr University, Bochum,

Germany 방문교수

1994년 ~ 1998년: IEEE MTT Korea Chapter Chairman

1998년 ~ 2001년: IEEE EMC Korea Chapter Chairman

2000년 ~ 2001년: 한국전자과학회 회장

2005년 ~ 2007년: 대덕 Wireless 포럼 회장

1976년 ~ 현재: 충남대학교 전파정보통신공학과 교수

[주 관심분야] Microwave and Millimeterwave Passive Components, Antennas, EMI/EMC