

초단파 레이더의 부엽 차단 기능에 대한 설계 및 구현에 대한 연구

김기중*

A Study on the Design and Implement of The Function of the Sidelobe Blanking of VHF Radar

Ki-Jung Kim*

요 약

본 연구는 S대역 또는 X대역 레이더 보다 빔폭이 상대적으로 큰 저주파 대역을 사용하는 초단파 레이더의 SLB/BLB 설계 및 구현에 대한 연구이다. 초단파 대역의 안테나는 빔폭이 상대적으로 크기 때문에 부엽에서 반사된 표적 신호를 처리하지 않으면 주엽 신호에서 들어온 것으로 인식하여 레이더의 탐지 오경보율이 증가한다. 부엽 차단 방법은 배열 안테나의 중앙쪽 복사소자를 사용하여 배열안테나 전면부의 부엽 신호를 차단하고, 뒤쪽에서 들어오는 신호는 BLB 수신안테나 조립체를 통해 차단시킨다. 레이더 구현을 완료하여 모의 신호 발생장치를 활용한 시스템 단위의 부엽 신호 차단에 대한 시험을 통하여 SLB/BLB 신호가 제거되는 것을 시험을 통하여 확인하였다. 본 연구를 통하여 향후 안테나 크기 및 빔폭이 큰 저주파 대역 레이더 다용 배열안테나의 부엽 차단 기술 구현에 활용할 예정이다.

ABSTRACT

In this study, the SLB(Sidelobe Blanking)/BLB(Blacklobe Blanking) design of the VHF band radar using the low-frequency band having a relatively larger beam width than the S-band or X-band radar. The antenna of the VHF band has a relatively large beam width, so it is reflected from the side lobe. If the reflected target signal is not processed into sidelobe, the false alarm rate of the radar increases by recognizing it from the main lobe signal. This method of SLB blocking is the elimination of the side lobe signal in the front of the array antenna using the central radiating element of the array antenna, and the blocking of side lobe signal from the antenna rear through BLB receiver block. After completed the radar implementation, The function of blocking of side lobe signals was confirmed through the system unit test by Simulated signal generator. Through this study, it will be used in the implementation of the side-lobe blocking technology of the array antenna for low-frequency band radar with large antenna size and beam width in the future.

키워드

VHF Radar, SLB, BLB, Beamwidth, VHF Band
초단파 레이더, 부엽 신호 차단, 후엽 신호 차단, 빔폭, 초단파 대역

* 교신저자 : 한화시스템 HW팀(레이더)

**한화시스템 (kj08.kim@hanwha.com)

• 접수일 : 2020. 06. 10

• 수정완료일 : 2020. 07. 13

• 게재확정일 : 2020. 08. 15

• Received : Jun. 10, 2020, Revised : Jul. 13, 2020, Accepted : Aug. 15, 2020

• Corresponding Author : Ki-Jung Kim

HW Team(Radar) Hanwha System

Email : kj08.kim@hanwha.com

I. 서론

국외에서는 RCS가 작은 목표물에 대한 탐지를 목적으로 하는 레이더 연구 및 개발이 이미 진행되고 있다. 본 논문은 상대적으로 파장이 긴 초단파 대역용 레이더의 SLB/BLB 설계 및 구현에 대한 연구를 기술한다. 초단파 대역의 레이더용 배열안테나는 상대적으로 높은 주파수 대역을 사용하는 S대역 및 X대역 레이더 보다 주엽 및 부엽의 빙폭이 크다. 따라서 안테나 부엽에서 반사된 표적 신호를 처리하지 않으면 주엽 신호에서 들어온 것으로 인식하여 레이더의 탐지 오경보율이 증가하게 된다[1-4].

배열안테나의 중앙쪽 복사 소자를 사용하여 배열안테나 전면부의 부엽 신호를 차단하고, 뒤쪽에서 들어오는 신호는 BLB 수신안테나 조립체를 통해 차단시키게 하계끔 설계하였으며 시뮬레이션을 통하여 본 기능을 입증하였다. 레이더 구현을 완료하여 시스템 단위의 부엽 신호 차단 시험을 통하여 SLB/BLB 신호 제거를 시험하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본론 중 2.1절은 초단파 레이더용 배열안테나에 대해서 소개하고, 2.2절에서는 초단파 레이더용 SLB, BLB 설계 및 시뮬레이션 관련 내용에 대해 언급하였고, 2.3.절에서는 레이더 구현을 완료하여 시스템 단위의 부엽 신호 차단 시험을 통하여 SLB/BLB 신호 제거에 대한 시험 내역을 기술하였다. 결론에서는 본 논문 요약 및 향후 진행 방향에 대해서 설명한다.

II. 관련 이론

2.1 초단파 레이더용 배열안테나 개요

초단파 레이더의 배열안테나는 그림 1과 같이 7x12 배열로 구성된다. 즉 선배열 안테나조립체 1개에 7개의 복사 소자, 송수신 모듈로 구성되고, 선배열 안테나조립체는 총 12개로 구성되어 84개의 복사 소자가 배열되어 있다.

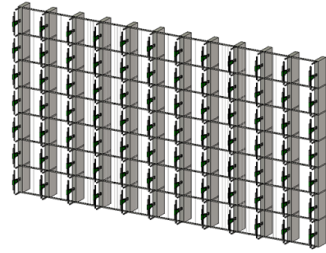


그림 1. 초단파 대역 배열안테나 형상
Fig. 1 The figure of array antenna of VHF band

배열안테나를 CST 툴을 사용하여 빙패턴 시뮬레이션 분석을 진행하였다. 안테나 빙패턴은 그림 2와 같이 이득, 빙폭, 부엽 준위의 특성을 볼 수 있다 [5-6].

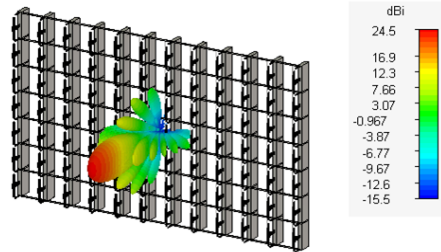


그림 2. 초단파 레이더 배열안테나의 빙패턴 특성 (3D)
Fig. 2 The beam pattern characteristic (3D) of array antenna of VHF band

안테나 패턴에 대해서 3D 안테나 패턴을 2D로 변환하면 그림 3과 같다.

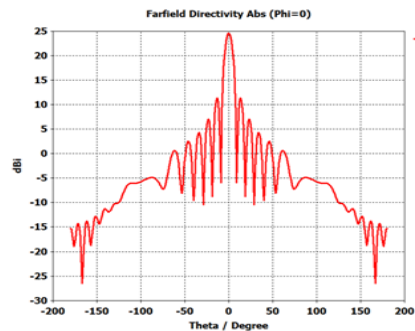


그림 3. 초단파 레이더 배열안테나의 빙패턴 특성(2D)
Fig. 3 The beam pattern characteristic(2D) of array antenna of VHF band

2.2 초단파 레이더용 SLB, BLB 설계 및 시뮬레이션 분석

앞 절에서 초단파 레이더용 배열안테나의 중앙 복사 소자를 사용하여 그림 4와 같이 SLB 빔패턴을 시뮬레이션 하였다. 그림 5와 같이 안테나 빔조향을 하였을 때 전면부의 SLB 블록으로 부엽 신호를 모두 차단되지 않음을 알 수 있다[7-8].

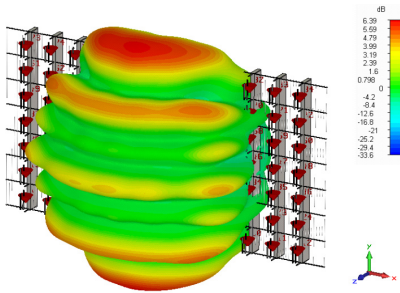


그림 4. 배열안테나 SLB 시뮬레이션
Fig. 4 The simulation data of SLB of array antenna

따라서 배열안테나 뒷부분에 그림 5와 같은 복사 소자 2개 및 수신 증폭부 2개가 장착된 BLB 수신안테나 조립체를 사용하여 배열안테나 전 방향의 부엽 반사 신호를 차단시키게끔 구성하였다[9].

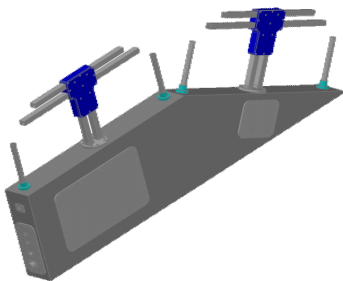


그림 5. BLB 수신안테나 조립체 형상
Fig. 5 The figure of BLB receiver assembly

일반적으로 부엽 신호를 차단시키기 위하여 SLB와 BLB 수신안테나 조립체를 사용하여 배열안테나 빔조향시 부엽 신호 보다 SLB, BLB 패턴을 약 5dB 이상 높게 설계가 되어야 부엽에 의한 반사 신호를 신호 처리부에서 차단이 가능하다. 관련 사항을 확인하기 위하여 배열안테나를 빔조향 시키고, SLB 및 BLB의 빔특성을 시뮬레이션을 하면 그림 6과 같다.

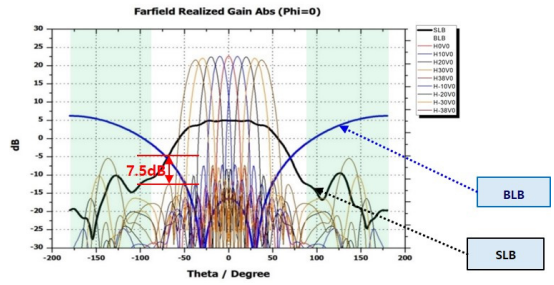


그림 6. 주엽 신호에 대한 안테나 빔조향 및 SLB, BLB 안테나 패턴

Fig. 6 The antenna pattern of SLB, BLB and beam-steering of main antenna

그림 6 에서와 같이 SLB, BLB를 통하여 부엽 신호가 최대 7.5dB 이상으로 5dB 이상보다 높게 분석이 되어 적절하게 설계가 되었음을 확인할 수 있다. 일반적으로 신호 처리기에서 주엽의 신호 레벨과 부엽 및 후엽의 신호를 비교하여 신호 크기가 큰 신호 레벨을 처리하게 된다[10-11].

2.3 시스템 단위의 부엽 신호 차단 시험

앞절에서 설계한 SLB 차단 유무를 확인하기 위하여 시험 장비 또는 모의 신호 발생장치를 사용하여 시스템 단위의 부엽 신호 차단능력을 시험하였다. 부엽 신호 및 부엽 신호에 각각 1개의 표적을 인가시키어 신호 처리기의 부엽 신호 제거 기능을 off 하면 그림 7과 같이 볼 수 있다. 즉, 주엽 및 부엽에서 각각 1개의 표적 탐지(CD Info 2)됨을 확인하고, 신호 처리기의 부엽 신호 제거 기능을 on 하면 그림 8과 같이 주엽에서 1개(CD Info 1)의 신호가 탐지됨을 확인하였다.

```

===== SLB Off =====
-----
[Num of Hits] : 21, FRI = 1, _BeamGrid = 1
[Num of CD1_GCD] : 2
[Num of CD2_SLB] : 2
[Num of CD3_2D] : 2
[AvgNoise] : 3.016943
-----
[CD Info 0]=====
Tag = 2, maxA = 39353.000000, R = 235.2, V = 29.2, Ru = 0.990, Rv = 0.004
minR = 232, maxR = 237, minV = 27, maxV = 30
nR = 235, nV = 29, ErrR = -0.222, ErrV = -0.220
-----
[CD Info 1]=====
Tag = 1, maxA = 642.000000, R = 266.1, V = 15.1, Ru = 0.235, Rv = -0.175
minR = 266, maxR = 266, minV = 15, maxV = 15
nR = 266, nV = 15, ErrR = -0.081, ErrV = -0.129
-----
    
```

그림 7. 신호 처리기의 SLB 기능을 미적용한 탐지내역

Fig. 7 The detection description of SLB's OFF of digital signal process block

```

===== SLB On =====
-----[CD Info 0]-----
[Num of Hits] : 21 , FRI = 1 , _BeamGrid = 1
[Num of CD1_GCD] : 2
[Num of CD2_SLB] : 1
[Num of CD3_2D] : 1
[AvgNoise] : 3.016943
-----[CD Info 0]-----
Tag = 2, maxR = 39953.000000, R = 235.2, V = 29.2, Ru = 0.990, Rv = 0.004
minR = 232, maxR = 237, minV = 27, maxV = 30
nR = 235, nV = 29, ErrR = -0.222, ErrV = -0.220
    
```

그림 8. 신호 처리기의 SLB 기능을 적용한 탐지내역
 Fig. 8 The detection description of SLB's ON of digital signal process block

최종적으로 그림 9와 같이 비콘 타워에 모의 신호 발생장치를 위치시키고 초단파 레이다의 빔을 운용 모드로 적용하여 표적 탐지 특성을 확인하였다.

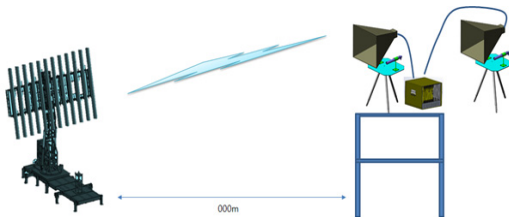


그림 9. 초단파 레이다와 모의 신호 발생장치 연동개념

Fig. 9 The interconnection concept of VHF Radar and Simulated signal generator

모의 신호 발생장치의 혼안테나는 빔폭이 크기 때문에 초단파 레이다의 안테나에 주엽 신호 뿐만 아니라 부엽에도 표적의 반사 신호가 인가된다.[12]. 해당 특성을 확인하기 위하여 모의 신호 발생장치의 신호 레벨을 목표물이 원거리 탐지 신호 레벨에 비해서 상대적으로 크게 설정하였다. 그림 10에서 레이다 전시기에서 빔 그리드를 운용 모드로 탐색하였을 때 모의 신호 발생장치가 위치한 비콘 타워 방향에서만 신호가 탐지됨을 확인할 수 있다.

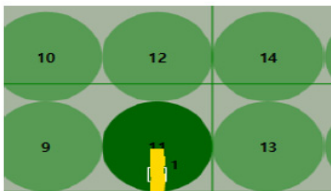


그림 10. 초단파 레이다의 신호탐지 플롯

Fig. 10 The plot of reflected signal detection of VHF Radar

부엽 차단 기능이 정상적으로 구현이 안되었다면 레이다 오경보율이 증가되도록 표시가 되지만, 해당 기능 구현이 정상적으로 설계 및 구현됨을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문은 RCS 가 작은 목표물에 대한 탐지를 목적으로 하는 초단파 대역용 레이다의 부엽 차단 구성품 설계 및 시스템 단위의 검증에 대해 기술하였다. 초단파 대역은 고주파 대역보다는 상대적으로 대기 감쇠에 의한 전파 손실 및 회절 손실 등이 작은 장점이 있다. 하지만 저주파 대역인 초단파 대역의 레이다는 빔폭이 상대적으로 커서 지형지물 등에 대해서 반사되는 신호가 많기 때문에 부엽 차단 기능 구현 및 최적화가 중요하다.

부엽 차단 기능에 대한 검증을 위하여 신호 처리부 단독으로 시험을 확인하였고 모의 신호 발생장치를 활용하여 시스템 단위의 시험을 진행하여 검증하였다. 향후 본 연구를 통하여 본 연구를 통하여 향후 안테나 크기가 커져 빔폭이 상대적으로 큰 저주파 대역 레이다용 배열안테나의 부엽 차단 기술 적용에 활용할 예정이다.

References

- [1] K. Kim, S. Shin, and Y. Jang, "A Study on the Design and Implementation of VHF band TRM for Phased Array Radar," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 2, 2018, pp. 321-326.
- [2] K. Kim, S. Lee, and Y. Jang, "A Study on the Design and Implementation of Simulated Signal Generator for VHF Radar with High Interference and Immunity Characteristics," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 1, 2019, pp. 27-32.
- [3] K. Kim, S. Lee, and Y. Jang, "A Study on the Measurement of the Beam Pattern of Array Antenna for VHF Radar using Active Beam Pattern

- Measuring Device and Drone," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, 2019, pp. 1031-1036.
- [4] Y. Noh, C. Park, K. Kim, Y. Jang, and J. Yook, "Measurement Method for Monostatic Radar Cross Section of a Scaled Aircraft Model in Non-Anechoic Environment," *J. of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 30, no. 7, 2019, pp. 583-590
- [5] K. Kim, "The Study on the Design and Implementation of SHF band Upconverter of Digital Satellite Communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 261-266.
- [6] S. Kim and Y. Rhee, "Implementation of Ku-band Low Noise Block for Global Multi-Band Digital Satellite Broadcasting," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 1, 2016, pp. 23-28.
- [7] M. Go, H. Shin, and H. Park, "A RF Module for digital terrestrial and multi-standard reception," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 1, no. 1, 2006, pp. 16-27.
- [8] K. Kim and B. Kim, "The Study on the design and implementation of a X-band 25W Power Amplifier Module using GaAs MMIC," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 11, 2014, pp. 1311-1316.
- [9] ESA Requirements and Standards Division, "Space Engineering: Testing," *European Space Agency ECSS-E-10-03A*, Feb. 2002.
- [10] J. Joo, J. Lee, J. Park, H. Jin, Y. Kang, I. Han, D. Kim, and D. Lee, "A Study of Dual Channel Side-Lobe Blanking Beam Pattern Formation Optimized for Digital Active Phased Array Antennas of Multi-Function Radar Systems," *J. of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 31, no. 1, 2020, pp. 62-71
- [11] T. Kim, J. Park, and Y. Rhee, "Implementation of Ka-band Low Noise Block Converter For Satellite," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 3, no. 2, 2008, pp. 93-100.
- [12] K. Kim, J. Kim, and M. Bae, "The Study on the implementation and design of the RF transceiver for fast frequency hopping," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 6, 2016, pp. 591-596.

저자 소개

김기중(Ki-Jung Kim)



2002년 인하대학교 전기공학과 졸업(공학사)

2005년 ~ 2008년 LG이노텍 전자 부품연구소

2008년 인하대학교 대학원 전자통신공학 졸업(공학석사)

2008년~현재 한화시스템 HW팀(레이더) 재직중

※ 관심분야 : 다기능위상배열레이더, 위성중계기, 데이터링크

