Regular paper

Journal of the KIECS. pp. 813-818, vol. 15, no. 5, Oct. 31. 2020, t. 103, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2020.15.5.813

초단파 대역의 표적 반사 신호 시험 및 분석에 대한 연구

김기중*

A Study on the Analysis and the Test of the Reflected Signal about Target in the VHF Band

Ki-Jung Kim*

요 약

본 연구는 초단파 대역에서의 표적 반사 신호 특성 및 분석에 대한 연구이다. 사전에 목표물에 대한 RCS 특성을 CST 전자기 해석툴을 사용하여 분석하고 Bi-Static 방법으로 목표물을 탐지하여 신호대 잡음비의 변화에 대해서 시험하였다. 시험결과는 사전 입사각도에 따른 RCS 분석에 대한 결과와 같이 목표물에 반사되는 신호 탐지에 대한 신호대 잡음비 특성이 큰 변동이 없는 유사한 결과를 보여준다. 향후 본 연구를 통하여 X 대역에 비하여 파장이 상대적으로 큰 VHF/UHF 대역 레이다의 표적에 대한 RCS 분석 및 등의 표적 탐지에 대한 특성 기술에 활용할 예정이다.

ABSTRACT

This study is a study on the characteristics and analysis of the reflected signals about the target in the VHF band. In advance, the RCS(Radar Cross Section) characteristics of the target were analyzed by using the CST electromagnetic analysis tool, and the target was detected by using the Bi-Static method, and the change in the signal-to-noise ratio was tested. The test results show similar results with no significant fluctuations in the signal-to-noise ratio characteristics for the detection of signals reflected on the target, such as the results for RCS analysis according to the pre-incidence angle. In the future, this study will be used for RCS analysis of the targets and target detection of Radar in VHF/UHF band with relatively large wavelength compared to the X band.

키워드

VHF Radar, HeliKite, Corner Reflector, SNR, RCS, VHF Band
초단파레이다, 헬리카이트, 코너반사기, 신호대잡음비, 레이다 반사 면적, 초단파 대역

Ⅰ. 서 론

국외에서는 RCS가 작은 목표물에 대한 탐지를 목적으로 하는 레이다 연구 및 개발이 이미 진행되고 있다[1-3]. 본 논문은 상대적으로 파장이 긴 초단파 대역용 레이다의 표적 반사 특성에 대한 시험 및 표적물에 대한 초단파 대역과 X 대역의 RCS 분석에 대한 연구를 기술하였다.

일반적으로 항공기의 스텔스 기능을 위하여 전파흡수 물질 및 형상 설계를 통하여 RCS를 작게 하는 기술이 적용된다. 일반적으로 항공기의 RCS를 작게 하기 위하여 2가지 기술이 적용되는데, RAM(: Radiation Absorbent Material) 도료 및 형상설계에

* 교신저자 : 한화시스템 HW팀(레이다)
• 접 수 일 : 2020. 07. 28
• 수정완료일 : 2020. 09. 05
• 게재확정일 : 2020. 10. 15
• Received : Jul. 28, 2020, Revised : Sep. 05, 2020, Accepted : Oct. 15, 2020
• Corresponding Author : Ki-Jung Kim
HW Team(Radar) Hanwha System
Email : kj08.kim@hanwha.com

대한 RCS 최적화 방법을 사용한다. 첫 번째 전파흡수 물질인 RAM 도료는 전파가 흡수물질에 닿으면 반사되지 못하고 열에너지 형태로 변환된다[4-5]. 하지만 항공기에 적용하는 전파흡수 물질은 X 대역의 주파수에 대해 최적화되어 있어서 초단파 대역에서는 반사계수의 절대치가 X 대역에 비하여 상대적으로 높게 되어 효용성이 떨어지게 된다. 두 번째 형상적으로 기체 전체의 형상을 특정 각도에 맞추어서 설계 및 정렬하는 방법 등 형상에 의한 RCS 감소하는 방법을 사용한다.

본 논문에서는 헬리카이트에 작은 표적물을 장착하여 탐지성능에 가장 중요한 표적 반사신호에 대한 신호대 잡음비의 변화 특성 시험 및 표적물에 대한 RCS 분석을 초단파대역 및 X대역에 대하여 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본론 중 2.1절은 초단파 레이다의 빔특성 등 에 대해서 소개하고, 2.2절에서는 헬리카이트 및 모의신호 발생장치를 사용하여 초단파 레이다의 표적 탐지 시험 구성에 대해서 언급하고, 2.3절에서는 헬리카이트에 장착할 목표물에 대한 RCS 분석을 진행하였고, 2.4절에서는 표적 반사신호 시험 결과를 기술하였다. 결론에서는 본 논문 요약 및 향후 진행 방향에 대해서 설명한다.

II. 관련 이론

2.1 초단파레이다 개요

초단파레이다는 그림 1과 같이 7x12 배열로 구성된다. 즉 선배열 안테나조립체 1개에 7개의 복사소자, 송수신모듈로 구성되고, 선배열 안테나조립체는 총 12개로 구성되어 84개의 복사소자가 배열되어 있다.

초단파 레이다의 배열안테나를 CST(: Computer Simulation Technology) 툴을 사용하여 빔패턴 시뮬레이션 분석을 진행하였다. 안테나 빔패턴은 그림 1과 같이 이득, 빔폭, 부엽 준위의 특성을 볼 수 있다.

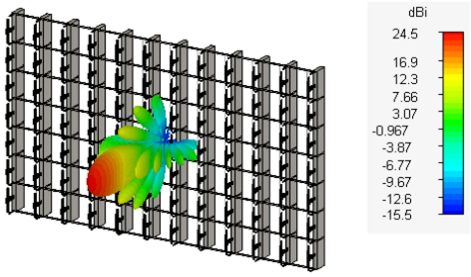


그림 1. 초단파레이다의 송신 빔패턴 특성
Fig. 1 The beam pattern characteristic of array antenna of VHF band

송신빔은 최대출력이 방사 되도록 하기 위하여 각 소자별 Uniform 분포를 적용하고, 수신빔은 부엽을 최소화 하기 위하여 Taylor 분포를 적용한다. 송신 및 수신은 디지털 능동위상레이다로 각각 전자적 빔 조향 이 가능하다.

초단파 레이다를 이용하여 표적에 대한 탐지특성에 대해 시험을 하기 위해서는 송신파형은 수십 us의 펄스를 사용하여 전파지연 거리를 고려하면 탐지 최소거리가 수 km 이상이 되고, 클러터 등의 제거 등의 목적으로 도플러 필터뱅크가 적용되어 있기 때문에 속도가 수십 m/s 이상이 되어야 한다. 헬리카이트에 장착하는 표적의 최대 무게는 약 3.5kg 이하로 반사되는 표적에 대한 도플러 주파수를 생성하는 장치를 장착하는 것이 어려운 난점이 있다. 본 시험을 위하여 2.2절에 소개될 모의시험 발생장치를 사용한 Bi-Static 시험 방법을 적용하였다.

2.2 모의신호 발생장치를 사용한 Bi-Static 방식의 표적탐지 시험 구성

앞 절에서 언급한 것과 같이 최소탐지거리 미만의 근거리에서 표적시험을 위해서는 모의신호 발생장치를 사용한 Bi-Static 방법을 적용하여야 한다. 세부적인 시험 구성은 그림 2와 같다.

그림 2. 모의신호 발생장치를 사용한 Bi-Static 방식의 실표적 탐지 시험 구성

Fig. 2 The test configuration of real target detection by Bi-Static method using the simulated signal generator

초단파레이다는 송신빔을 모의신호 발생장치로 빔을 고정하여 송신을 하고, 모의신호발생장치는 수신된 펄스를 시험시나리오에 정하여진 목표물의 거리, 속도를 설정하여 반사신호를 헬리카이트 방향으로 송신한다. 송신주파수에 목표물의 속도에 따른 도플러주파수로 천이된 펄스 신호는 헬리카이트의 표적에 반사되어 산란되게 된다. 이때 초단파레이다는 수신빔의 고각 및 방위각을 헬리카이트 방향으로 빔고정을 하여 수신된 신호를 탐지하게 된다. 레이다의 전시기에서 탐지된 신호가 해당 방위각, 고각에서 탐지된 신호인지를 확인하고 탐지된 신호의 신호대 잡음비의 변화를 기록한다. 본 시험 시 주의하여야 할 사항은 모의신호 발생장치의 신호 수신 및 송신 역할을 하는 혼안테나의 빔폭이 크기 때문에 최대한 레이다의 송신빔 및 수신빔의 고각, 방위각을 조정하여 헬리카이트에 장착된 표적물에서 반사된 신호인지를 확인하여야 한다.

그림 3은 본 시험 진행 시 표적이 장착된 헬리카이트를 상공으로 상승시키는 사진을 보여준다. 풍향 및 풍속에 따라서 실표적은 무작위적으로 흔들리게 되어 그에 따른 초단파 대역에서의 표적 산란 특성 등 확인할 예정이다.

그림 3. 실표적을 장착한 헬리카이트를 상공에 띄운 사진

Fig. 3 The photograph of the helikite with a real target in the sky

2.3 헬리카이트 장착 표적에 대한 RCS 특성

헬리카이트는 기상관측 등을 목적으로 헬륨가스를 채운 풍선 형태로 헬리카이트 밑부분에 표적을 장착하여 레이다 표적 시험을 진행하였다. 사용한 모델의 헬리카이트는 장착표적의 허용 무게가 3.5kg 이하이기 때문에 소형 표적만 장착이 가능하다. 레이다의 탐지에 따른 신호대 잡음비 변화 특성을 보기 위하여 RCS가 최대한 크게 보이는 형태의 코너반사기 형태를 적용하였다. 그림 4는 시험에 사용할 실표적의 형상을 나타낸다.

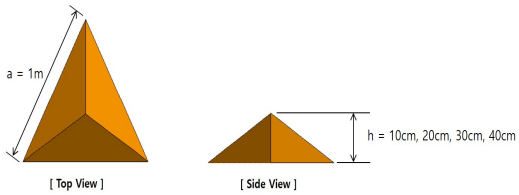


그림 4. 코너반사기의 형상

Fig. 4 The figure of corner reflector

그림 5에서는 코너반사기의 높이를 그림 4와 같이 4가지로 RCS 분석을 하였다. 코너반사기의 높이를 40cm로 적용시 상대적으로 RCS 특성이 높게 분석이 된다.코너반사기는 밑변이 1m이고 높이는 헬리카이트 적재 무게가 초과되지 않는 범위에서 최대한 RCS가 크게 보이는 높이인 40cm로 적용하였다.

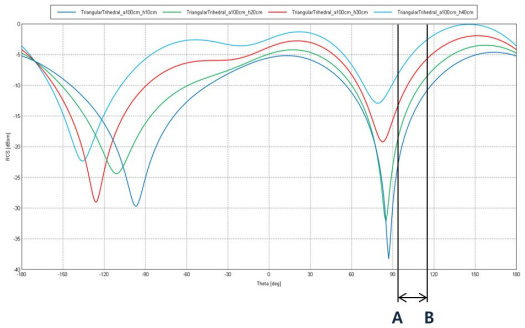


그림 5. 코너반사기의 RCS 특성 분석
Fig. 5 The RCS characteristics of the corner reflector

그림 5에서 B 지점은 레이다를 통해서 반사된 펄스가 헬리카이트에 장착된 표적에 입사되는 각도의 위치이고 A는 표적에 반사되어 레이다쪽으로 수신되는 예상 각도의 위치이다.

그림 6은 밑변이 1m이고, 높이가 40cm인 코너반사기의 특성을 초단파 대역에서 입사각 고각 0도, 방위각 0도, 30도, 60도로 RCS 특성을 각각 분석하였다. 본 RCS 분석을 전자기 해석 프로그램인 CST툴을 사용하였고, 전자파 산란 해석 방법 중 MoM(Method of Moments) 방식으로 적용하였다.

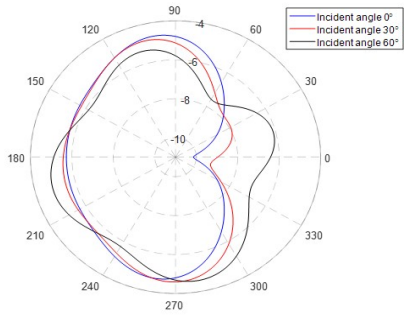


그림 6. 전파입사각도에 따른 초단파 대역에서의 코너반사기의 RCS 특성(수직편파)
Fig. 6 The RCS characteristics of corner reflector in VHF band according to the angle of incidence (Vertical polarization)

그림 7에서는 동일 조건으로 X 대역에 대해서 RCS 분석을 진행하였다. 주파수에 대한 수렴속도 등을 고려하여 RCS 분석을 전자기 해석 프로그램인 CST툴을 사용하였고, 전자파 산란 해석 방법 중 MLFMM(Multi-Level Fast Multipole Method) 방식을 적용하였다 [6-7].

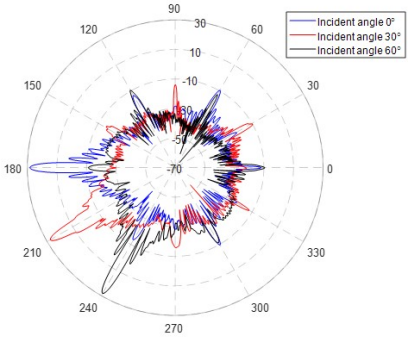


그림 7. 전파입사각도에 따른 X 대역에서의 코너반사기의 RCS 특성(수직편파)
Fig. 7 The RCS characteristics of corner reflector in X band according to the angle of incidence (Horizontal polarization)

그림 6과 그림 7에서 초단파 대역에서의 전파입사각도에 따라서 코너반사기에 대한 RCS 특성은 완만한 형태를 보이나 X 대역에서는 전자파 입사 각도에 따라서 특정 각도로 공진하는 형태를 보인다 [8-9].

2.4 코너반사기에 대한 초단파 대역에서의 표적 반사 시험 결과

본 절에서는 2.2절에서 언급한 시험구성과 같이 헬리카이트에 표적을 장착하여 상공으로 띠워서 그림 8과 같이 표적 탐지 시험을 진행하였다.

그림 8. 헬리카이트를 사용한 표적 탐지 시험 사진
Fig. 8 The photograph of the test of target detection using Helikite

앞절에서 언급하였듯이 모의신호 발생장치를 사용하는 Bi-Static 방식으로 진행하였고, 모의신호 발생장치는 그림 2와 같이 건물의 옥상에 설치하였다. 모의신호 발생장치 GUI(Graphical User Interface)를 활용하여 목표물의 거리를 31km의 고정표적으로 설정하였고, 표적 속도는 380m/s로 설정하였다. 본 시험시 풍량이 심하여서 헬리카이트가 많이 흔들려서 그에 따른 코너반사기 표적이 많이 흔들리는 조건으로 표적 반사 산란시 전파산란 특성을 확인 할 수 있었다 [10].

그림 9에서 레이다의 수신빔을 표적이 장착된 헬리카이트의 고각 및 방위각쪽에 위치를 시켜서 표적이 탐지되고 있는 상황을 볼 수 있다. 바람에 의해 표적의 위치가 많이 출렁거리는 것을 확인 할 수 있다. 모의신호 발생장치의 위치에서도 수신빔을 하나 두어 모의신호 발생장치에서 바로 레이다로 오는 신호가 없음을 확인하였다. 즉, 2.2절의 시험계획과 같이 Bi-Static 방식으로 정상적으로 시험되었다.

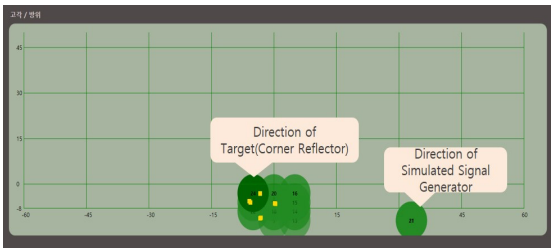


그림 9. 레이다 전시기에서 수신빔의 표적 탐지 확인
Fig. 9 Target detection if receiving beams at radar display

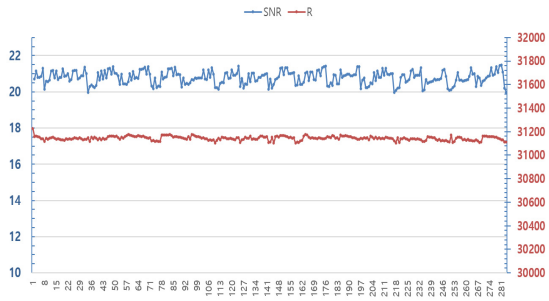


그림 10. 표적의 신호대잡음비 변화 및 표적거리의 변화에 대한 시험결과
Fig. 10 Test result for change of SNR and of target distance

그림 10과 같이 표적의 거리는 모의신호 발생장치에서 설정한 31km 정도로 바람에 의해서 출렁거리는 것을 확인할 수 있다. 목표물에서 반사되는 SNR은 그림 6에서의 전파입사각도에 따른 RCS 변화 분석에서와 같이 신호대 잡음비의 변화가 약 2.0dB 이내로 표적의 자세와 상관없이 일정하게 유지되고 있음을 확인 할 수 있다. 본 시험결과는 초단파대역에서 목표물에 반사된 신호의 신호대 잡음비 특성이 입사각도에 따라 크게 변동없는 특성을 보여주어 표적탐지에 저주파 대역에 대한 장점이 있다는 것을 나타낸다.

III. 결 론

본 논문은 RCS가 작은 목표물에 대한 탐지를 목적으로 하는 초단파 레이다의 코너반사기에 대한 실표적 탐지 특성에 대한 신호대 잡음비 변화에 대해서 시험을 진행하여 검증하였다. 본 연구를 통하여 목표물에 대한 RCS 특성을 사전에 분석하고, 해당 탐지 시험을 통하여 검증하였다. 사전 RCS 시뮬레이션과 같이 전파의 입사각도 즉 목표물의 자세와 상관없이 신호대 잡음비가 일정하게 유지되고 있음을 확인 하였다. 향후 본 연구를 통하여 파장이 상대적으로 큰 저주파대역 레이다의 RCS 분석 및 표적 탐지에 대한 특성 기술 적용에 활용할 예정이다.

References

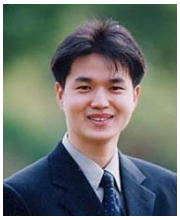
[1] K. Zikidis, A. Skondras, and C. Tokas, “Low Observable Principles, Stealth Aircraft and Anti-Stealth Technologies,” *Journal of Computations & Modelling*, vol. 4, no. 1, 2014, pp. 129-165.

[2] Y. Naito and K. Suetake, “Application of Ferrite to Electromagnetic Wave Absorber and Its Characteristics,” *IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques*, vol. 19, no. 1, 1971, pp. 65-72.

[3] B. Wang, J. Wei, Y. Yang, T. Wang, and F. Li, “Investigation on peak frequency of the microwave absorption for carbonyl iron/epoxy resin composite,” *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 323, no. 8, 2011, pp. 1101-1103.

[4] Radar Cross Section available on-line: https://en.wikipedia.org/wiki/Radar_cross-section
[5] M. Skolnik, “Introduction to radar systems,” 1980.
[6] 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.
[7] 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.
[8] 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.
[9] K. Kim, J. Kim, and M. Bae, "The Study on the RF Transceiver Applied to Cognitive Radio Method," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 12, 2015, pp. 1315-1320.
[10] K. Kim, "A Study on the Design and Implement of the Function of the Sidelobe Blanking of VHF Radar ," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 4, 2020, pp. 637-642.

저자 소개



김기중(Ki-Jung Kim)

2002년 인하대학교 전기공학과 졸업(공학사)
2005년 ~ 2008년 LG이노텍 전자부품연구소
2008년 인하대학교 대학원 전자통신공학 졸업(공학석사)
2008년~현재 한화시스템 HW팀(레이다) 재직중
※ 관심분야 : 다기능위상배열레이더, 위성중계기, 데이터링크