

간섭신호 내성 및 격리도 특성이 우수한 초단파 레이다용 모의신호 발생장치의 설계 및 구현에 대한 연구

김기중* · 이성제** · 장윤희***

A Study on the Design and Implementation of Simulated Signal Generator for VHF Radar with High Interference and Immunity Characteristics

Ki-Jung Kim* · Sung-Je Lee** · Youn-Hui Jang***

요 약

본 연구는 RCS가 작은 목표물에 대한 탐지를 목적으로 하는 초단파대역 레이다의 성능업증을 위한 모의신호 발생장치의 설계 및 구현에 대해 기술하였다. 모의신호 발생장치에 사용하는 송신 및 수신 안테나 빔폭이 커서 격리도에 문제가 발생할 수 있다. 안테나 격리도 문제를 해결하기 위하여 초단파 레이다의 운용조건을 고려하여 간섭신호내성 및 격리도 특성을 개선하였다. 모의신호 발생장치는 초단파 레이다의 송수신 보정, 모의신호생성, 표적의 도플러, RCS 및 거리모사, 원격제어, GPS 클럭 동기 기능 등을 수행한다. 모의신호 발생장치의 제작 후 출력 특성, 반사신호 모사 등 주요특성에 대해서 시험을 하였다. 향후 초단파 레이다 조립이 완료되면 초단파 레이다의 성능 평가를 위하여 활용할 예정이다.

ABSTRACT

This study describes the design and implementation of a simulated signal generator to demonstrate the performance of VHF band radar for the detection of small targets in RCS(Radar Cross Section). The transmission and reception antenna beam widths used in the simulated signal generating apparatus may be large, which may cause problems in the degree of isolation. Interference signal immunity and isolation characteristics are improved by considering operating conditions of VHF radar to solve isolation of antennas. Simulated signal generator performs the following: VHF radar transmission and reception correction, simulation signal generation, target Doppler, RCS and distance simulation, remote control, and GPS clock synchronization function. After the fabrication of the simulated signal generator, the main characteristics, such as the output characteristics and the reflection signal simulations, were tested. When the microwave radar assembly is completed in the future, it will be utilized for the performance evaluation of VHF radar.

키워드

VHF Radar, Simulated Signal Generator, Isolation, Beamwidth, VHF Band
초단파 레이다, 모의 신호 발생 장치, 격리도, 빔폭, 초단파 대역

* 교신저자 : 한화시스템 SW팀(레이다)

**한화시스템 (sungje05.lee@hanwha.com)

***국방과학연구소 (yhjang@add.re.kr)

• 접수일 : 2018. 08. 17

• 수정완료일 : 2019. 11. 16

• 게재확정일 : 2019. 02. 15

• Received : Aug. 17, 2018, Revised : Nov. 16, 2018, Accepted : Feb. 15, 2019

• Corresponding Author : Ki-Jung Kim

SW Team(Radar) Hanwha System

Email : kj08.kim@hanwha.com

I. 서론

국외에서는 RCS가 작은 목표물에 대한 탐지를 목적으로 하는 레이더 연구 및 개발이 이미 진행되고있다. 본 논문은 상대적으로 파장이 긴 초단파대역의 레이더의 성능평가를 위한 모의신호 발생장치의 설계 및 구현에 대해 기술한다. 모의신호 발생장치에 사용하는 초단파대역의 안테나는 주파수가 높은 대역의 안테나에 비하여 상대적으로 빔폭이 크기 때문에 모의신호 발생장치에 모사된 반사신호가 다시 유입될 수 있기 때문에 격리도에 대한 고려가 필요하다. 모의신호 발생장치의 주요 역할은 초단파 레이더로부터 RF 신호를 받아서 일정 시간을 지연 시킨 후, 도플러 신호 등을 추가해서 레이더로 재 방사하는 기능을 수행한다. 즉 표적의 거리 및 속도에 대한 반사신호를 모사를 하여 개발 중인 초단파 레이더의 성능평가를 위해 활용한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 본문 중 2.1절에서는 모의신호 발생장치의 주요 기능에 대해 소개하고, 2.2절에서는 모의신호 발생장치의 주요 구성 및 개요를 소개하며, 2.3절에서는 시험구성도 및 자체연동시험 결과를 기술하였다. 결론에서는 개발된 모의신호발생장치의 주요 설계 및 시험결과를 요약하였고, 향후 진행 방향에 대해서 설명한다.

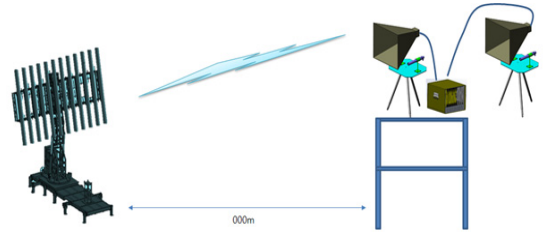


그림 1. 초단파 레이더와 모의신호 발생장치 연동개념
Fig. 1 Interconnection concept of VHF Radar and Simulated signal generator

모의신호 발생장치는 그림 2와 같이 송신 및 수신 안테나, 국부신호 발생모듈, 수신모듈, 송신모듈, 표적 신호발생모듈 등으로 구성된다. 초단파레이더와 외부 연동을 위하여 GPS를 사용하여 동기화를 한다. 또한 표적신호 발생모듈은 2개의 표적의 RCS, 거리, 속도를 모사하도록 구성하였다.

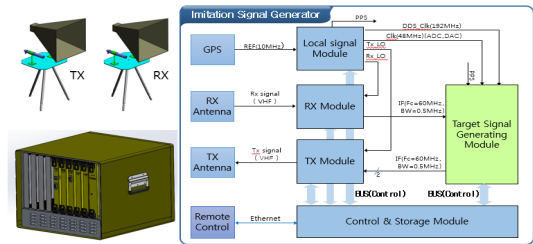


그림 2. 모의신 호발생장치의 구조 및 형상
Fig. 2 Figure and configuration of Simulated Signal Generator

II. 관련 이론

2.1 초단파 레이더용 모의신호 발생장치의 개요

레이더의 주된 목적은 표적의 반사신호를 수신하여 해당 표적의 속도 및 거리를 탐지하는 역할을 한다. 레이더를 시험하기 위해서 통상 모의신호 발생장비를 사용한다. 레이더를 시험하기 위하여 그림 1과 같이 약 수백 미터에 해당 모의신호 발생장비를 설치하여 레이더의 신호를 수신하고 모의 표적의 RCS 및 속도, 거리를 모사하여 다시 레이더로 전달하게 된다. RCS 및 거리는 신호의 레벨을 조정하고 속도는 레이더로부터 발생된 신호의 주파수를 설정속도에 따른 도플러주파수 만큼으로 천이시켜 다시 레이더로 신호를 송출한다[1-2].

2.2 초단파 레이더용 모의신호 발생장치의 설계

모의신호 발생장치는 레이더에서 펄스를 수신하여 반사신호를 모사하는 역할을 한다. 레이더와 표적의 거리에 따른 신호 크기를 가변하여 거리모사가 가능하고, 표적의 속도는 수신받은 신호의 주파수를 설정된 속도에 해당하는 도플러 주파수 만큼 천이시켜 표적을 모사한다[3-4].

그림 3은 레이더의 제원 및 모의신호 발생장치의 안테나 이득 특성, 레이더와 모의신호발생장치의 이격 거리 등을 레이더방정식에 적용하여 표적의 RCS가 0.1m²과 1m²의 경우의 모의신호 발생장치의 출력레벨을 도시하였다. 예를 들면 레이더와 표적의 거리가 150km 이격되었을 때 표적의 RCS가 0.1m² 일때는 모의신호발생장치의 출력레벨은 약 -71dBm을 나타내

며, RCS가 $1m^2$ 일때는 모의신호 발생장치의 출력레벨은 약 $-61dBm$ 을 나타낸다.

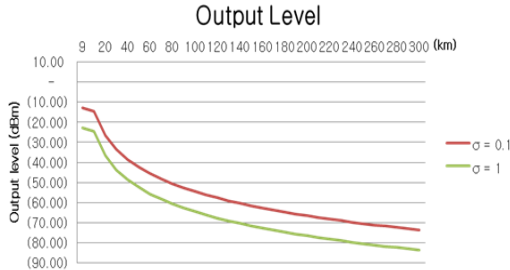


그림 3. 표적의 거리에 따른 모의신호 발생장치의 출력레벨

Fig. 3 Output level of the simulated signal generator according to the distance of the target

다음은 표적의 속도에 펄스의 주파수가 천이되는데, 표적이 레이더쪽으로 이동하면 +방향으로 주파수가 천이되고, 반대로 표적이 레이더와 먼쪽으로 이동하면 -방향으로 주파수가 천이된다[5-6]. 예를 들면 초단파 레이더의 운용대역을 적용하면 표 1과 같이 표적이 레이더 방향으로 $900m/s$ 속도로 이동시 송신 펄스의 주파수에 $1356.9Hz$ 더해진 주파수 성분의 반사신호가 발생되며, 반대로 표적이 레이더와 먼방향으로 $900m/s$ 속도로 이동시 송신펄스의 주파수에 $1356.98Hz$ 빼진 주파수 성분의 반사신호가 발생된다.

표 1. 초단파대역의 표적 방향 및 속도에 따른 계산된 도플러주파수

Table. 1 Calculated doppler frequency according to the target direction and velocity of VHF band

Target Direction	Target Velocity	Doppler Frequency
In bound	5m/s	7.5Hz
	300m/s	452.3Hz
	600m/s	904.6Hz
	900m/s	1356.9Hz
	1200m/s	1809.2m/s
Out bound	-5m/s	-7.5Hz
	-300m/s	-452.3Hz
	-600m/s	-904.6Hz
	-900m/s	-1356.9Hz
	-1200m/s	-1809.2m/s

모의신호 발생장치의 송신부 및 수신부에 각각 상용의 혼안테나가 연결되는데 그림 4와 같이 저주파 대역 혼안테나의 빔패턴이 넓어서 송신 및 수신안테나 사이의 격리도 문제가 발생된다[7-8]. 이를 해결하기 위하여 2가지 방법이 고려된다.

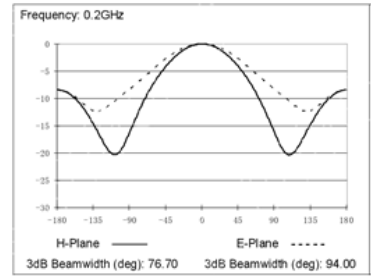


그림 4. 초단파대역의 혼안테나 빔패턴 특성

Fig. 4 Beam pattern characteristic of Hone antenna of VHF band

첫째로 모의신호 발생장치의 송신 및 수신안테나를 충분히 원거리로 이격을 시키는 방법이 있는데 모의신호 발생장치를 설치할 비콘 타워의 제한된 공간으로 간섭을 최소화 하도록 이격하는 것이 쉽지 않다. 두 번째 방법으로는 그림 5와 같이 모의신호 발생장치의 구성품인 수신모듈과 송신모듈간의 역방향으로 동작하도록 하는 방법이 있다.

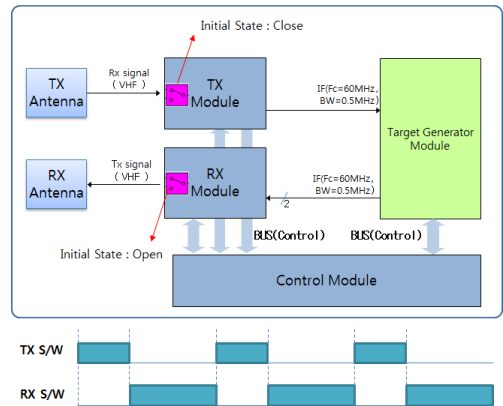


그림 5. 격리도를 향상시킨 모의신호 발생장치 구성
Fig. 5 Configuration of Simulated signal generator of enhanced isolation

그림 5는 모의신호 발생장치의 송신 및 수신모듈의 구성도 인데, 수신모듈이 먼저 레이더로부터 신호를 받을 때, 송신모듈은 SW가 off 되고, 다시 송신모듈이 레이더로부터 받은 신호를 변환하여 방사할 때는 송신모듈의 SW가 on되고 그와 동시에 수신모듈의 SW는 on되는 구조이다. 이 방법을 적용하여 모의신호 발생장치의 송신 및 수신안테나의 격리도 문제가 해결된다. 레이더가 송신한 후 일정시간을 처리하지 않기 때문에 본 방법을 적용하여도 레이더의 모의표적에 대한 성능평가를 하는데 문제가 되지 않는다.

또한 외부 간섭 신호에 대해서 모의신호 발생장치가 오 작동될 수 있는데 이를 방지하기 위하여 모의신호발생장치의 수신모듈에 대역 외 억압특성이 우수한 SAW 필터를 적용하였다. 운용대역에서 한 개 채널의 대역폭 만큼의 IF SAW 필터를 적용하고 그 신호를 ADC, DDC(Digital Down Converter), Digital LPF를 적용한다. 운용대역의 주파수를 선택하기 위해서 국부신호 발생을 해당 주파수 대역이 IF SAW 대역으로 이동하게끔 설정한다. 단, SAW 필터를 사용하여 Rejection이 우수하지만, 대역 내에서 신호지연이 발생되는데, SAW 필터의 해당 전파 지연을 고려하여 모의신호 발생장치의 송신신호의 설정된 모의표적의 거리에 반영하여 계산되어야 한다. 그리고 추가적으로 SAW 필터 뒤에 RF 신호레벨 감지를 하고 모의신호 발생장치가 동작을 하는 감지전력기준을 설정하면 간섭신호에 대한 오동작 등을 최소화 할 수 있다[9-10]. 이 방법은 대역 외뿐만 아니라 대역 내에 대한 간섭신호의 오동작도 최소화 해준다.

2.3 모의신호 발생장치의 시험결과

앞 절에서 설계한 모의신호 발생장치를 제작 완료하여 그림 6과 같이 스펙트럼분석기, 파형발생기 등을 구성하여 시험하였다.



그림 6. 모의신호 발생장치의 시험구성도
Fig. 6 Test configuration of Simulated signal generator

본 논문에서는 모의신호 발생장치의 모사표적 거리에 따른 신호크기에 대하여 측정 및 모사표적 속도에 대한 도플러 주파수에 대해서 측정하여 2.2절의 분석값과 비교하였다. 또한 모사표적 2개를 생성하여 표적 1은 레이더에서 먼방향으로 가는 표적을 생성하고, 표적 2는 원거리 떨어진 지점에서 레이더 쪽으로 가깝게 이동하는 표적을 생성하여 스펙트럼분석기로 측정하였다.

첫 번째로 모사표적 거리에 따른 신호크기에 대한 시험결과는 그림 7과 같다. 설정한 표적은 RCS 0.1m²의 표적이 레이더와 150km 및 300km 떨어졌을 때 분석된 모의신호발생장치의 송신모듈의 출력레벨은 -61.13dBm, -75.57dBm 으로 분석되고, 시험결과는 그림 7과 같이 -60.17dBm, -74.17dBm으로 분석결과와 오차가 작은 수준으로 측정되었다.

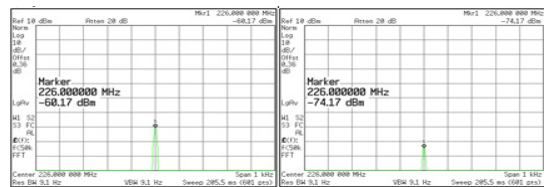


그림 7. 표적의 거리(150km, 300km)에 따른 모의신호 발생장치 출력의 측정결과

Fig. 7 Test result of output of Simulated signal generator according to distance of target and radar

두 번째로는 모의표적 속도에 따른 모의신호 발생장치가 출력하는 도플러주파수를 측정하였다. 2.2절의 표 1과 같이 레이더방향으로 표적의 속도가 300m/s, 900m/s로 움직일 때 도플러주파수는 452.3Hz, 1356.9Hz로 분석이 되며, 측정결과는 그림 8과 같다.

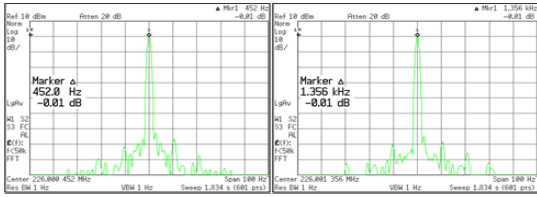


그림 8. 표적의 속도(300km, 900km)에 따른 모의신호 발생장치 출력의 도플러주파수 측정결과

Fig. 8 Test result of output doppler frequency of Simulated signal generator according to velocity of target

표적의 속도가 300m/s, 900m/s로 움직일 때, 도플러주파수는 452Hz, 1356Hz로 오차가 1Hz 이내로 양호한 특성을 보여준다.

마지막으로 모의표적 2개를 생성하여 표적 1은 레이더에서 먼 방향으로 300m/s의 속도로 가는 표적을 생성하고, 표적 2는 원거리 떨어진 지점에서 레이더 쪽으로 300m/s로 이동하는 시나리오를 생성하여 출력 스펙트럼을 그림 9와 같이 측정하였다.

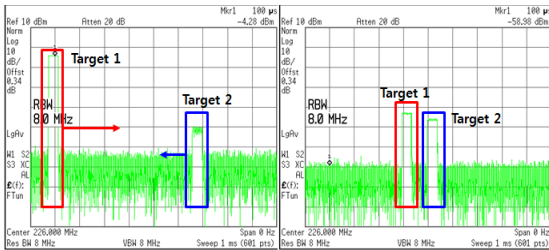


그림 9. 모의표적 2개의 시나리오에 대한 측정결과
Fig. 9 Test Result of Scenario about two simulated targets

초기에는 레이더와 가까운 표적(Target1)의 신호는 상대적으로 레이더와 먼 곳의 표적(Target2) 대비 신호의 크기는 작고 점차 시간이 지남에 따라 2개의 표적이 가까워지는 지점이 발생하며, 크기도 비슷해짐을 확인할 수 있었다.

III. 결론

본 논문은 RCS가 작은 목표물에 대한 탐지를 목적으로 하는 초단파대역 레이더의 성능업증을 위한 모의신호 발생장치의 설계 및 구현에 대해 기술하였

다. 초단파대역으로 모의신호 발생장치에 사용하는 송신 및 수신 안테나 빔폭이 커서 송수신 절제를 통하여 격리도 문제를 해결 할 수 있었으며, SAW필터 및 특정레벨의 신호만 처리하게끔 구성하여 간섭신호에 대한 오작동을 최소화하였다. 2.2절의 분석한 내용과 2.3절의 시험결과를 비교하여 신뢰성 있는 초단파대역의 모의신호발생장치를 개발하였다.

향후 본 연구 과정 및 결과를 바탕으로 개발된 모의신호 발생장치를 초단파 레이더의 성능분석에 활용할 예정이다.

References

- [1] K. Kim and H. Seo, "The system performance analysis and implementation of Digital Communication Satellite," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 4, no. 9, 2014, pp. 439-445.
- [2] K. Kim and H. Ko, "The Optimization using PCB EM interpretation of GEO satellite's L Band Converter," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 8, 2013, pp. 1219-1226.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.

- [7] ESA Requirements and Standards Division, "Space Engineering: Testing," *European Space Agency ECSS-E-10-03A*, Feb. 2002.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.

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 SW팀(레이다) 재직중
 ※ 관심분야 : 다기능위상배열레이더, 위성중계기, 데이터링크

이성제(Sung-Je Lee)



2012년 숭실대학교 정보통신전자공학부 졸업(공학사)
 2014년 숭실대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학석사)

2014년~현재 한화시스템 SW팀(레이다) 재직중
 ※ 관심분야 : 다기능위상배열레이더, 위성중계기, 데이터링크

장윤희(Youn-Hui Jang)



1999년 2월 : 중앙대학교 전자공학과(공학사)
 2002년 2월 : 중앙대학교 영상공학과(공학석사)
 2002년 1월~현재 : 국방과학연구소 연구원

2002년 1월~현재 : 국방과학연구소 재직중
 ※ 관심분야 : 레이더 신호처리, Array processing