

항공기용 추적레이더 시험을 위한 시험장비의 설계 및 제작

윤승구^{*.1)} · 박승욱¹⁾ · 권준범¹⁾ · 정만식²⁾

¹⁾ LIG넥스원(주) 감시정찰연구소
²⁾ 국방과학연구소 제3기술연구본부

A Design and Fabrication of Test Equipment for Airborne Tracking Radar Test

Seung-Gu Yoon^{*.1)} · Seung-wook Park¹⁾ · Jun-Bum Kwon¹⁾ · Man-Seek Jung²⁾

¹⁾ *ISR & EW R&D Center, LIG NEXI Co., Ltd., Korea*
²⁾ *The 3rd Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea*

(Received 25 November 2016 / Revised 22 February 2017 / Accepted 28 April 2017)

ABSTRACT

This paper proposes a design and fabrication of the test equipment that is implemented as a part of the airborne tracking radar inspection under the environment of indoor simulation. This test equipment provides controlling the operation status of airborne tracking radar and replicating the velocity and range information of target by generating a variety of target signal. This is mainly composed of radar operation controller, target signal generator, horn antenna driving devices. Radar operation controller is able to perform the controlling of radar operation mode and monitoring in real time by serial communication. Target signal generator is generated doppler signal and range delayed signal using virtual target of RF-band. Horn antenna driving devices perform a role of target simulating exercise. In the end, the performance is demonstrated using experiment results of test equipment for airborne tracking radar.

Key Words : Airborne Tracking Radar(항공기용 추적레이더), Radar Operation Controller(레이더 통제제어기), Target Signal Generator(모의신호 발생기), Horn Antenna Driving Devices(혼 안테나 구동장치)

1. 서론

펄스 도플러 레이더는 안테나 하나를 이용하여 전파

를 내보내는 짧은 시간동안 송신 안테나로 작동하고 다시 일정 시간동안 되돌아오는 신호가 도플러 효과에 의해 주파수가 변하게 되므로 이것을 측정하여 표적의 속도까지 판단할 수 있다. 기존 레이더의 특징을 응용하여 현재 보편적으로 사용하는 항공기용 추적레이더는 안테나를 통하여 전파를 송신하며 표적에서 반사된

* Corresponding author, E-mail: sgyoon99@lignex1.com
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

신호의 도플러 주파수, 거리 및 표적과의 시선 각을 측정한다. 측정된 표적과의 상대속도, 거리 및 각도를 계산하여 표적에 대한 다양한 정보를 제공한다^[1].

항공기용 추적레이더의 성능검증에 사용되는 시험은 야외시험, 실내 모의시험 등이 있다. 야외시험은 실제 환경에서 움직이는 표적을 탐지, 포착 및 추적하여 레이더의 모든 성능과 기능을 실환경 시험을 통해 시험평가를 수행하게 된다. 하지만, 시험시설 기반 구축과 고 비용 및 많은 개발 기간 등의 제약조건을 수반하게 된다. 이러한 야외시험에 비해 실내 모의시험은 실험실 환경에서 추적레이더의 모든 성능과 기능을 충족시키기에는 분명히 한계가 있지만, 시험의 반복성과 편의성, 경제성 및 시간적 측면에서 야외시험 대비 상당한 이점을 제공한다^[2]. 최근에는 위와 같은 장점을 기반으로 실내 모의시험에서 항공기용 추적레이더의 속도와 거리 및 각도 관련 시험 등을 사용자의 요구에 맞는 전용 시험장비를 개발하여 사용하는 것이 선호되고 있다. 더욱이 전용 시험장비는 발전된 디지털 기술을 활용하여 시험하고자 하는 항목에 따라 여러 가지 시나리오를 유연하게 생성할 수 있는 장점을 가지고 있다^[3].

본 논문에서는 항공기용 추적레이더를 시험하기 위한 시험장비의 설계 및 제작 방법을 소개하고자 한다. 2장에서는 실내 모의시험에서 사용되는 시험장비의 요구사항을 바탕으로 시험장비의 구성과 이를 이용한 시험장비의 개념을 수립하였으며, 3장 및 4장에서는 시험장비의 상세 설계 및 제작에 대하여 기술하였다. 5장에서는 시험 결과를 제시하여 시험장비의 성능을 검증하였으며, 마지막으로 6장에서 결론을 정리하였다.

2. 시험장비의 요구사항 및 구성

2.1 시험장비의 요구사항

항공기용 추적레이더의 시험장비는 표적에 대한 모의신호를 발생하여 표적의 도플러(상대속도) 및 거리 지연 신호를 모사해야 하며, 표적을 사용자가 원하는 방향으로 지정하여 표적과의 시선 각을 추적할 수 있는 기능을 모사하여야 한다.

도플러 주파수는 항공기용 추적레이더와 표적의 상대속도를 나타내는 중요한 요소이다. 항공기용 추적레이더의 도플러 처리 성능을 결정하는 주요 항목은 도플러 주파수(상대속도) 범위와 표적의 최대 속도변화

율(가속도)이 있으며 시험장비에서 도플러 신호 및 가속도를 모사해 주도록 설계되어야 한다.

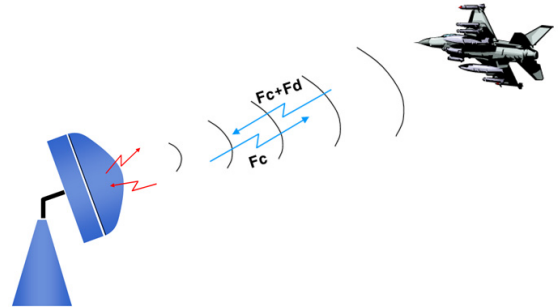


Fig. 1. Example of airborne tracking radar

Fig. 1의 예제와 같이 항공기용 추적레이더에서 표적인 항공기를 향해 전파를 송신한 후 반사되어 되돌아오는 반송파(F_c+F_d)와 송신 전파(F_c)와의 주파수의 차이를 측정하여 표적의 속도를 계산한다. 레이더와 표적의 접근 속도가 클수록, 사용하는 전파의 파장이 작을수록 도플러 주파수가 커진다. 이를 바탕으로 도플러 주파수와 상대속도 사이의 물리적인 관계는 다음 수식과 같이 표현된다.^[4]

$$F_d = 2 \frac{V_c}{\lambda} = 2 \frac{V_c F_c}{c} \quad (1)$$

F_d : 도플러 주파수(Hz)

V_c : 상대속도(m/sec)

λ : 송신주파수의 파장(m)

F_c : 송신주파수(Hz)

c : 빛의 속도(3×10^8 m/sec)

추적레이더 시험장비의 거리지연 시험은 도플러 주파수 및 각도를 고정시키고, 사용자가 원하는 특정 거리를 발생하여 연속적으로 거리를 가변시키도록 시험장비에서 모사해 주어야 한다^[5].

각도 성능 관련 시험은 시험장비의 혼안테나 구동장치에서 모사한다. 추적레이더로부터 일정거리 떨어진 지점에 혼 안테나를 설치하고 표적 신호를 송출하는 혼 안테나에 대해서 표적을 지정된 각도로 이동시켜 유지되어야 하며, 혼 안테나를 사용자가 원하는 각속도로 구동시켜 표적운동 신호를 모사할 수 있도록 설계되어야 한다.

2.2 시험장비의 구성 및 개념

시험장비는 실내 모의시험 환경인 무반향 챔버 내에서 추적레이더의 전기적 성능 및 기능을 점검하는 역할을 수행한다. 시험장비는 Fig. 2와 같이 크게 챔버성능장비, 무반향 챔버, 혼안테나 구동장치, 레이더 통제제어기로 구성되며, 추적레이더 및 표적신호의 혼안테나는 무반향 챔버 내에 설치한다.

챔버성능장비는 크게 모의신호 발생기, 전원공급기, 계측장비로 구성된다. 챔버성능장비의 주요 핵심이라고 할 수 있는 모의신호 발생기는 표적의 속도 정보를 갖도록 모의표적 신호를 발생하여 거리를 지연시킨다. 지연시킨 모의표적 신호는 무반향 챔버 안에서 혼안테나를 통하여 방사되어 추적레이더로 보내진다. 보내어진 모의표적 신호는 추적레이더에서 안테나를 통하여 수신하여 표적의 속도 및 거리 관련 성능시험을 수행할 수 있도록 하였다.

혼안테나 구동장치는 레이더 통제제어기에서 명령 받은 각속도로 혼안테나를 연속적으로 이동하여 표적 운동 모사 역할을 담당하였다.

레이더 통제제어기는 추적레이더와 정보교환을 하면서 추적레이더의 운용모드 제어와 실시간 모니터링 및 화면 디스플레이 등의 기능을 수행하였다.

3. 시험장비의 상세 설계

시험장비의 설계 요구사항을 바탕으로 모의표적 신호 발생, 도플러 및 거리지연 신호 모사, 표적운동 모사, 레이더 통제제어기 프로그램에 대한 상세 설계를 기술하였다.

3.1 모의표적 신호 발생

추적레이더에서 송신한 신호가 표적을 맞고 반사되어 들어오는 신호를 모사하기 위해 가상 표적에 의한 모의표적 신호를 발생하여야 한다. 또한, 모의표적 신호의 동적범위(dynamic range)는 표적 대상 및 표적 정보를 고려하여 50 dB 이상 확보하여야 한다. 이와 같은 조건을 만족하기 위하여, Fig. 3과 같이 주파수합성기, RF신호 발생부, 모의신호 제어부, 모의신호 전원공급부로 구성하여 모의신호 발생기를 설계하였다.

주파수합성기는 추적레이더에서 시험하고자 하는 파형을 생성하는 역할을 수행하였다. 이러한 출력 신호 파형은 연속파(Continuous Wave, CW), 펄스 변조(Pulse Modulation, PM), 주파수 변조(Frequency Modulation, FM) 등이 있으며⁶⁾ 주파수의 정확도와 설계의 용이성을 높이기 위하여 DDS(Direct Digital Synthesizer)를 사

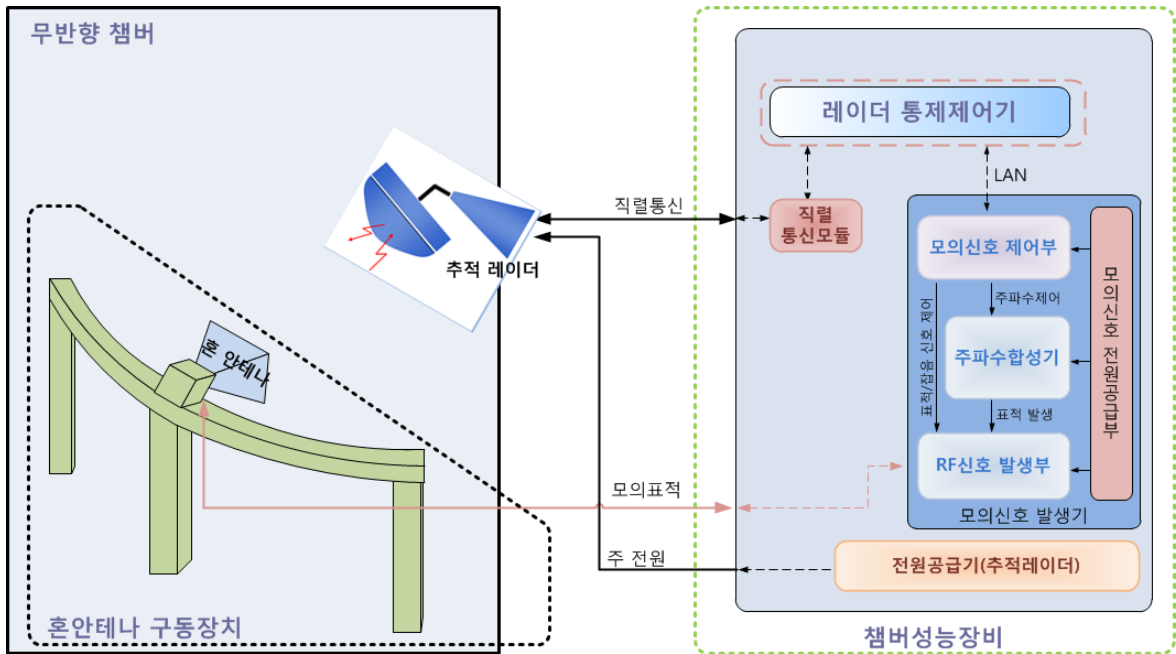


Fig. 2. The block diagram of test equipment for airborne tracking radar test

용하여 사용자가 요구하는 과형신호를 발생하였다.

RF신호 발생부는 주파수합성기의 출력신호를 증폭 및 감쇄하여 가상 표적에 의한 표적 신호를 발생시킬 뿐만 아니라, 가상 표적 신호에 잡음신호원에서 발생한 신호를 혼합하여 혼 안테나로 재밍신호를 출력하는 역할을 수행하였다. 이러한 RF 대역의 신호는 디지털 가변 감쇄기를 적용하여 표적 및 재밍신호의 전력 레벨을 각각 1 dB 단위로 제어할 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 Fig. 3의 모의신호 발생기 설계를 적용하여 모의표적 신호의 전력 시뮬레이션을 수

행한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4의 (a), (b), (c)는 RF신호 발생부의 가변 감쇄기를 각각 0 dB, 30 dB, 60 dB로 부여 했을 때의 표적 신호 전력 결과이다. 시뮬레이션을 수행한 결과 모의신호 발생기의 동적범위(dynamic range)인 50 dB 이상의 요구규격을 만족할 수 있음을 확인하였다.

모의신호 제어부는 주파수합성기의 DDS 제어, RF 신호 발생부의 가변감쇄기, 잡음 신호원 및 거리지연 신호의 RF소자 스위치를 제어하는 인터페이스 역할을 수행하였다.

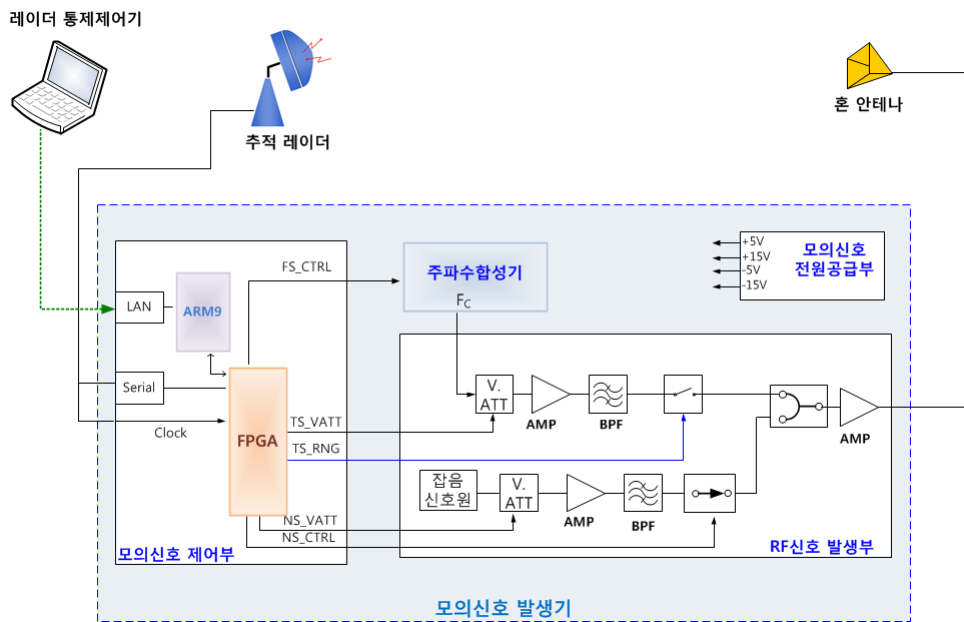


Fig. 3. Block diagram of target signal generator

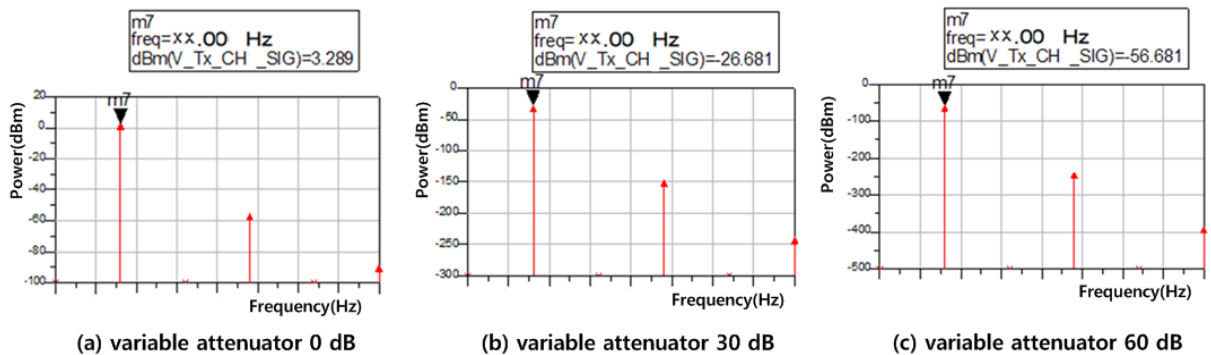


Fig. 4. The simulation results of target signal power using variable attenuator

모의신호 전원공급부는 주파수합성기, RF신호 발생부, 모의신호 제어부에 필요한 전원을 안정적으로 공급할 수 있도록 설계하였다.

3.2 도플러 신호 모사

추적레이더에서는 표적의 도플러 신호가 PRF(Pulse Repetition Frequency) 하모닉 신호와 겹치지 않으면서 레이더 일식을 회피할 수 있는 PRF 범위를 선정하도록 되어있으며^[7], 표적의 종류와 속도를 고려하여 도플러의 범위를 설정하였다. 또한, 최대 도플러 변화율은 추적레이더가 추적할 수 있는 최대 표적의 가속도를 의미하며, 표적의 감 가속 능력을 고려하여 범위를 설정하였다.

본 논문에서는 고 해상도 및 고 성능의 장점을 갖고 있는 DDS와 ARM 프로세서를 적용하여 도플러 생성 및 도플러 변화율의 정확도를 높였으며, 구현된 도플러 모사 방법은 다음과 같다. 주파수합성기의 송신 출력 주파수에 DDS로부터 생성된 도플러 신호를 혼합하여 모의표적 신호를 발생하였다. 발생한 모의표적 신호는 모의신호 제어부의 ARM 프로세서에서 도플러 추적 성능시험을 모사할 수 있도록 하였다.

3.3 거리지연 신호 모사

항공기용 추적레이더가 표적을 탐색하기 위해 표적에 접근하면 상대거리가 감소한다. 실제 표적과의 조우 상황에서 표적이 가까워지면서 발생할 수 있는 상황을 모사하여 항공기용 추적레이더가 적절하게 표적을 추적하고 있는지를 확인해야한다. 이와 같은 성능 시험을 수행하기 위해서는 시험장비에서 Fig. 5와 같이 송신펄스 대비 추적레이더의 시스템에서 요구하는 거리지연(AR, Apparent Range) 신호를 모사해야 한다. 본 논문에서 구현된 거리지연 신호 발생의 절차는 다음과 같다. 첫 번째는 Fig. 3의 레이더 통제제어기에서 LAN 통신을 통해 전송된 표적 초기의 거리(R_0), 속도(V_0), 가속도(A_0) 정보를 이용하여 표적의 실제 거리(R_t)를 계산하였다.

$$R_t = R_0 - V_0t - \frac{1}{2}A_0t^2 \quad (2)$$

- R_t : 실제거리, True Range(m)
- R_0 : 초기 거리, Initial Range(m)
- V_0 : 초기 속도, Initial Velocity(m/s)

A_0 : 초기 가속도, Initial Acceleration(m/s^2)

두 번째는 수식 (2)에서 계산된 표적의 실제거리(R_t)로부터 수식 (3), 수식 (4), 수식 (5)를 적용하여 AR에 해당하는 시간인 거리변화율(T_{AR} , Time of Apparent Range)을 계산하여 모의신호 제어부의 FPGA에 전송하였다.

$$R_t = K * R_{PRI} + AR \quad (3)$$

$$R_{PRI} = \frac{C * PRI}{2}, K = \frac{R_t}{R_{PRI}} \quad (4)$$

(K : 정수, $0 \leq AR < R_{PRI}$)

$$T_{AR} = \frac{2 * AR}{C} \quad (5)$$

- R_{PRI} : PRI에 해당하는 거리(m)
- AR : Apparent Range(m)
- T_{AR} : Apparent Range에 해당하는 시간(s)

마지막으로 모의신호 제어부의 FPGA에서는 추적레이더로부터 Fig. 5와 같은 송신펄스 신호를 입력신호로 받아 FPGA 내부에서 거리지연 신호를 카운터로 설계하여 RF신호 발생부의 거리 게이트 스위치(TS_RNG)를 제어하였다.

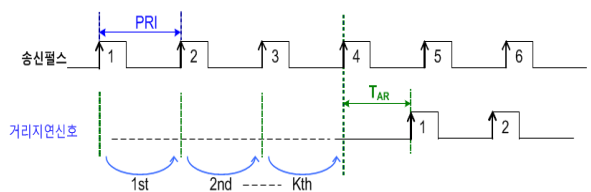


Fig. 5. Concept of delayed range signal generation

3.4 표적운동 모사

무반향 챔버 내에 설치된 혼 안테나 구동장치는 Fig. 6과 같이 레일 및 구동기, 혼 안테나, 구동모터 등으로 구성하였으며, 혼 안테나를 이동하여 표적운동을 모사하였다. 혼 안테나 제어부 프로그램은 혼 안테나의 이동속도 및 현재 위치정보를 화면에서 실시간으로 표시를 하여 표적운동의 정보를 파악할 수 있는 이점을 갖도록 구현하였다.

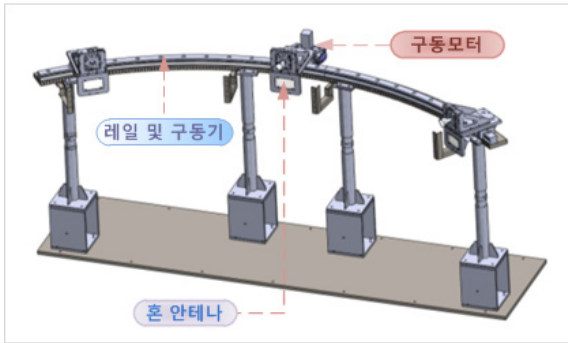


Fig. 6. The modeling of horn antenna driving devices

3.5 레이더 통제제어기 프로그램 설계

레이더 통제제어기 프로그램은 시험장비의 성능을 점검하기 위한 프로그램으로서 통제 제어부, 모의표적 제어부, 혼 안테나 제어부로 구성된다.

통제 제어부는 항공기용 추적레이더와 정보교환을 하면서 추적레이더의 운용 모드 제어 및 표적 정보를

제공한다. 추적레이더의 자체점검 결과와 화면 전시 등의 기능을 실시간으로 파악할 수 있도록 구현하였다.

모의표적 제어부는 사용자로부터 거리, 속도 정보를 입력받아 시험 내용에 부합한 모의표적 신호를 모의신호 발생기가 발생하도록 운용하였다.

혼 안테나 제어부는 혼 안테나 구동장치의 구동모터를 제어하여 움직이는 표적 이동을 모사하였다.

기존에는 통제 제어부, 모의표적 제어부, 혼 안테나 제어부의 프로그램을 개별적으로 각자 구현하여 시험장비의 성능시험을 진행하였다. 그러하면 표적의 속도, 거리, 각도관련 정보를 서로 공유할 수 없는 한계를 가졌다. 이와 같은 단점을 보완하기 위해서는 시험장비 운용 프로그램을 하나로 통합하여 표적 관련 정보를 서로 공유 및 연동 할 수 있도록 구현하였다. 이러한 통합프로그램은 보다 더 효율적으로 시험장비 요구 성능을 다양하게 점검할 수 있는 장점을 갖게 되었다.

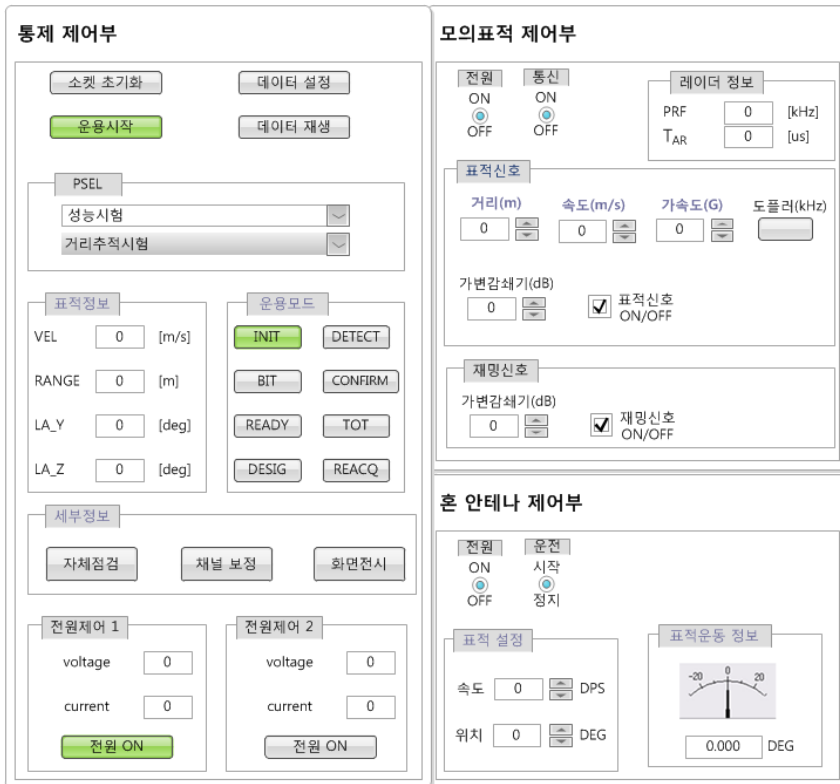


Fig. 7. Program of radar operation controller

4. 시험장비의 제작

4.1 챔버성능장비

Fig. 8은 챔버성능장비의 형상을 보여주고 있으며, 캐비닛조립체 T1과 캐비닛조립체 T2인 두 개의 랙으로 구성하였다.

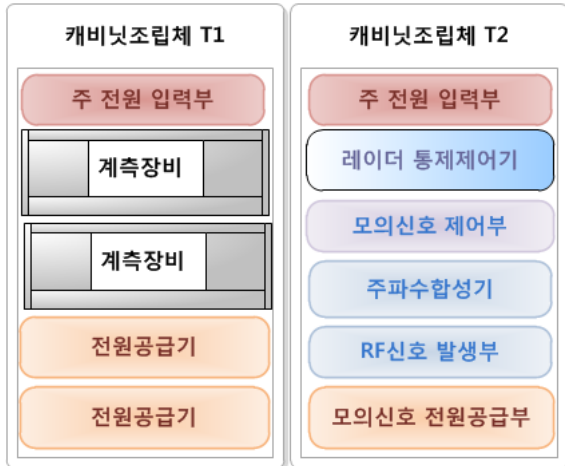


Fig. 8. Fabrication of test equipment for target signal generation

캐비닛조립체 T1은 추적레이더 장비에 전원을 공급하는 전원공급기, 표적신호 및 거리지연 신호를 측정하는 계측장비로 구성되었다. 캐비닛조립체 T2는 레이더 통제제어기, 모의신호 발생기(모의신호 제어부, 주파수합성기, RF신호 발생부, 모의신호 전원공급부)로 구성된 서랍형구조 캐비닛으로 제작하였다.

캐비닛 조립체 전면에는 전원단자 및 추적레이더의 신호를 입력받는 주 전원 입력부 단자를 배치하였으며, 조립체 후면에는 모의신호 발생기의 출력단자, 레이더 통제제어기의 제어프로그램과 통신을 위해 연결되는 LAN 단자를 배치하였다.

4.2 혼 안테나 구동장치

Fig. 9는 무반향 챔버 내에 제작된 혼 안테나 구동장치를 보인다. 다중 표적 운동 모사를 고려하여 여러 개의 혼 안테나가 레일 및 구동기 위에서 좌우로 이동이 가능하도록 제작되었다.

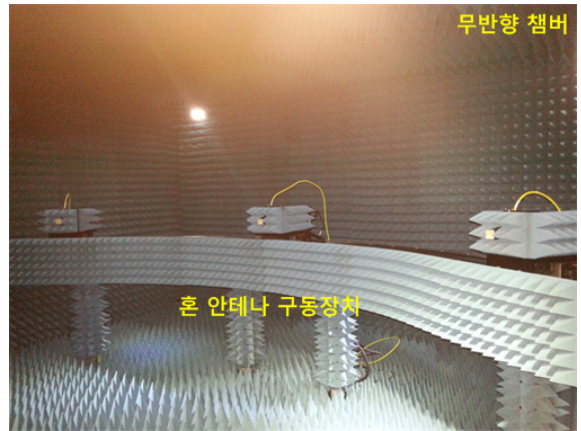


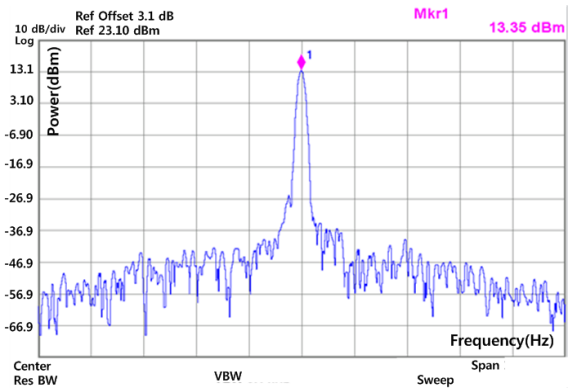
Fig. 9. The Fabricated horn antenna driving devices

5. 시험장비의 시험 결과

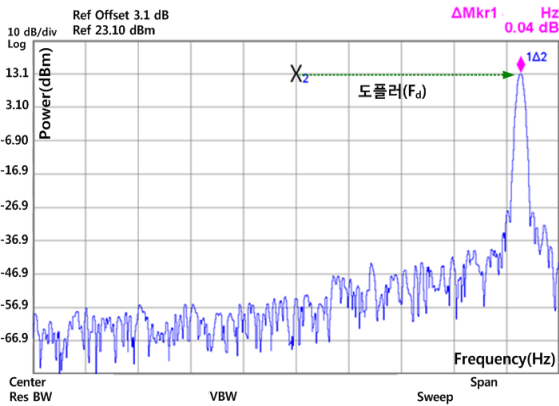
제작된 추적레이더 시험장비는 레이더 통제제어기의 프로그램을 적용하여 성능을 검증하였다.

5.1 표적신호 발생

모의표적 제어부 프로그램과 연동하여 추적레이더 시험장비에서 구현된 표적신호의 시험결과를 Fig. 10 (a)에 나타내었다. 이러한 표적신호에 도플러 신호(F_d)를 혼합하여 실내 환경에서 사용자가 요구하는 모의 표적 신호를 모사하였으며, 모사한 시험결과는 Fig. 10 (b)에서 보였다.

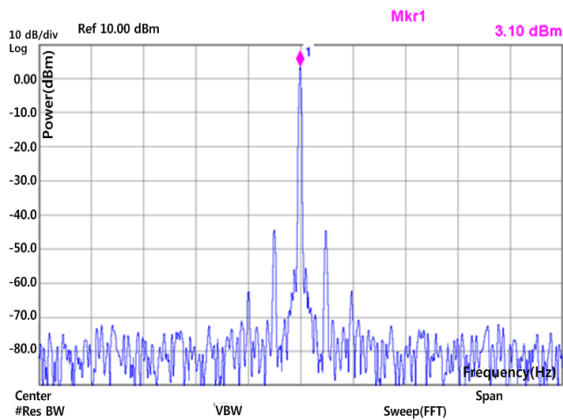


(a) Target generation

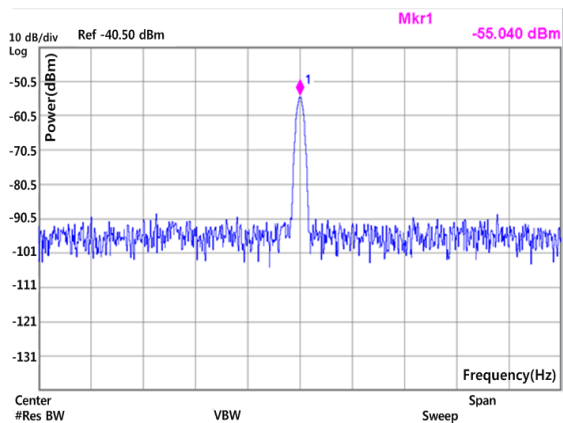


(b) Target signal + doppler signal

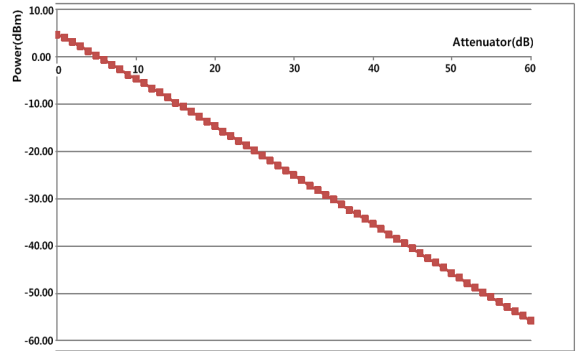
Fig. 10. The experiment results of target signal generation



(a) Variable attenuator 0 dB



(b) Variable attenuator 60 dB



(c) The measured value using variable attenuator

Fig. 11. The experiment results of target signal power using variable attenuator

모의표적 신호의 전력제어 기능을 검증하기 위하여, RF신호 발생부의 출력단을 스펙트럼 분석기에 연결하고 모의표적 제어부 프로그램 화면에서 가변 감쇄량을 설정하여 출력전력의 차이를 측정하였다. 전력제어의 시험결과는 Fig. 11 및 Table 1에서 보여준 바와 같이 1 dB 단위로 최소 50 dB 이상 선형적으로 감쇄량이 제어됨을 확인하였다.

Table 1. The measured target signal power

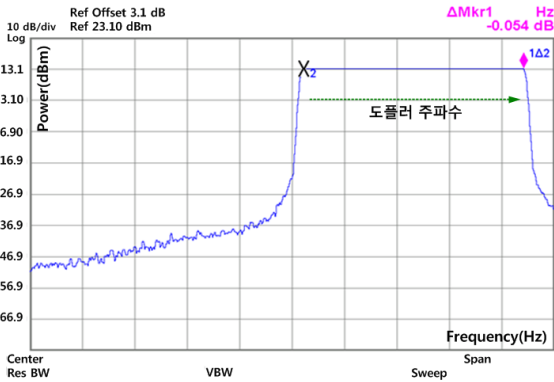
감쇄기 (dB)	전력제어 측정결과(dBm)	감쇄기 (dB)	전력제어 측정결과(dBm)
5	0.22	35	-30.22
10	-4.71	40	-35.35
15	-9.76	45	-40.53
20	-14.73	50	-45.82
25	-19.85	55	-50.81
30	-25.07	60	-55.04

5.2 도플러 모사 시험

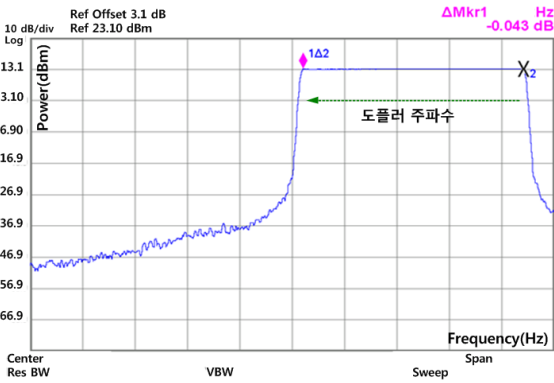
Fig. 10(a)에서 발생된 표적신호를 모의표적 제어부 프로그램에서 지정된 가속도로 표적이 이동하면서 표적의 도플러 주파수가 감/가속한 시험결과를 Fig. 12에 나타내었다.

모의표적 신호를 모의신호 제어부의 프로세서(ARM 9)에서 타이머 인터럽트를 사용하여 1 msec 간격으로 표적의 감/가속도 운동을 구현하였다. 스펙트럼 분석

기로 최소 도플러 주파수에서 최대 도플러 주파수로 이동하는 주파수를 누적하여 측정한 시험결과를 Fig. 12(a)에서 보였다. 반대로 도플러 주파수가 최대에서 최소로 감소한 시험결과는 Fig. 12(b)에서 보였다. 시험결과를 분석해 보면 도플러 주파수의 감/가속 구간 내에서 불연속 부분이나 신호의 튀는 현상 없이 정상적으로 도플러 신호를 모사하고 있음을 확인하였다.



(a) Doppler tracking(positive direction)



(b) Doppler tracking(negative direction)

Fig. 12. The experiment results of doppler tracking

5.3 거리 모사 시험

추적레이더로부터 송신펄스 신호를 입력받아 모의표적 제어부 프로그램에서 지정된 거리로 거리지연신호를 발생한 시험결과를 Fig. 13에 나타내었다. 모의신호 제어부에서 1 msec 간격으로 표적의 거리 변화율을 구현하였다. 구현된 신호를 오실로스코프로 누적하여 측정해보면 거리지연 신호인 T_{AR} 신호가 송신펄스 신호로 가까이 접근하여 다가움을 확인할 수 있었다.

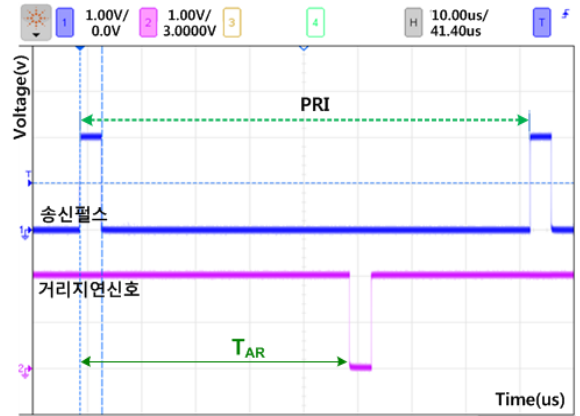


Fig. 13. The experiment result of range signal

또한, 표적의 시험하고자 하는 특정 거리 구간 내에서 불연속 부분이나 신호의 튀는 현상 없이 정상적으로 거리 신호를 모사하고 있음을 확인하였다.

5.4 표적 운동 시험

무반향챔버 내에 Fig. 9와 같이 혼 안테나 구동장치를 설치한 후에 혼 안테나 제어부 프로그램을 이용하여 표적 운동 시험을 수행하였다. 시험한 결과, 사용자가 요구하는 속도로 혼 안테나를 지정하는 위치에 연속적으로 혼 안테나를 구동함으로써 표적 운동을 모사하고 있음을 확인하였다.

6. 결론

본 논문에서는 항공기용 추적레이더의 실내 모의시험을 위한 시험장비의 설계 및 제작을 보였다. 가상 표적에 대한 모의신호를 발생하여 표적의 속도, 거리, 표적 운동 정보를 모사하는 기능으로 시험장비의 요구사항을 정의하였으며, 이를 바탕으로 항공기용 추적레이더 시험장비의 구성과 실내 모의시험 환경에서의 시험 개념을 수립하였다.

항공기용 추적레이더 시험장비는 실내에서 사용자가 요구하는 표적신호를 발생하므로 시험하고자 하는 항목에 따라 시험의 반복성 및 편의성 측면에서 유연성이 용이한 장점을 갖고 있다. 이러한 시험장비는 크게 모의신호 발생기, 혼안테나 구동장치, 레이더 통제 제어기로 구성하였다.

모의신호 발생기는 주파수의 정확도와 설계의 용이

성을 높이기 위하여 DDS를 사용하여 RF 대역의 모의 표적 신호를 발생하였으며, 모의신호 발생기의 동적범위를 만족하도록 디지털 가변 감쇄기를 이용하여 표적신호의 전력 레벨을 제어하도록 하였다. 레이더 통제제어기는 직렬 통신을 통해 추적레이더 시험장비의 하드웨어를 제어하였으며, 이를 바탕으로 표적 신호 모사에 관련된 속도, 거리, 각도 정보의 데이터를 실시간으로 저장하여 분석할 수 있도록 하였다.

위와 같은 설계를 바탕으로 제작된 항공기용 추적레이더 시험장비는 레이더 통제제어기의 프로그램을 적용하여 검증하였으며, 시험한 결과로 시험장비에서 요구하는 성능을 만족하였다. 향후에는 유사한 대공 및 대함 추적레이더의 실내 모의시험에 활용되어 추적레이더 시험장비의 개발 비용 및 개발 시간을 절감시킬 수 있을 것으로 예상된다.

References

- [1] Donald R. Wehner, "High-Resolution Radar, 2nd Edition," Artech House, pp. 13-50, 1995.
- [2] Hyun-Ik Shin, Jeong-Wook Lee, "A Development of Test and Evaluation Equipment for Pulsed Doppler Radar," The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 33, No. 7, pp. 1174-1182, 1996.
- [3] Jin-Mo Yang, Min-Jun Lee, Hwan-Woo Kim, "Simulated Radar Target Generation Equipment(SRTGE) for Evaluating Radar System Performance," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, 11(8), pp. 40-49, June, 2008.
- [4] George W. Stimson, "Introduction to Airborne Radar, 2nd Edition," SciTECH Publishing INC, pp. 189-198, 1998.
- [5] Merrill I. Skolnik, "Introduction to Radar Systems, 3rd Edition," McGraw-Hill, pp. 30-94, 2001.
- [6] James A. Crawford, "Frequency Synthesizer Design Handbook," Artech House, 1994.
- [7] Guy Morris, Linda Harkness, "Airborne Pulsed Doppler Radar, 2nd Edition," Artech House, pp. 83-102, 1996.