

함정용 추적레이더 성능 검증을 위한 모의표적신호발생장치 개발

Development of Virtual Target Signal Generator for Verifying the Shipborne Tracking Radar Performance

이 희 민*	손 재 현*	나 영 진*	김 동 환**
Hui-Min Yi	Jae-Hyun Son	Young-Jin Na	Dong-Hawn Kim

Abstract

The virtual target signal generator was developed to verify the shipborne tracking radar performance. It was used to DRFM(Digital RF Memory) method to generate the virtual moving targets. The target signal includes Doppler shift and RCS according to the target motion. And the signal generator can make jamming signal and clutter to test shipborne radar performance at real environmental condition. This paper described the functional diagram and the hardware configuration items to meet the test requirements for the tracking radar. And it showed the critical design points for the sub-systems. The signal generator which was developed in this paper shared the operational information of the radar with the radar command and control part. To test the frequency agility of the radar, it had the local oscillator which could do high speed frequency switching according to radar information. By communicating between the signal generator and the radar command and control part, the local oscillator of signal generator could be controlled every pulse. It reduced the instantaneous bandwidth of signal generator and minimized the spurious. So it lowered the probability of generating wrong targets.

Keywords : Virtual Target Signal Generator, DRFM, Tracking Radar

1. 서론

레이더를 개발하면서 대함/대공/대포에 대한 탐지 및 추적 성능 점검을 위해 실제 표적을 대상으로 시험하

는 것은 현실적으로 매우 어렵다. 또한 추적레이더의 경우 운용개념상 탐지레이더로부터 목표물의 위치, 이동방향 및 속도 정보를 받아서 추적하기 때문에 시험 환경에서 주변의 움직이는 기회표적을 이용한 성능시험은 더욱 어렵다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 레이더 개발 시 레이더 성능 및 운용 조건 등을 고려하여 별도의 레이더시험장치를 개발하여 시험한다. 안테나부터 신호통제부까지 전체 레이더 시스템의 성능을 시험하기 위해서는 공간급전 형태의 시험장치가 필요

† 2011년 9월 9일 접수~2012년 1월 27일 게재승인

* 삼성탈레스 레이더연구소

** 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 이희민(huimin.lee@samsung.com)

하다^[1]. 과거 공간급전 형태의 시험을 위해 특정 RCS 특성을 갖는 Corner reflector 등을 사용하여 수동형 시험을 실시하였지만 이 방식은 도플러 시험이나 이동 표적에 대한 시험이 쉽지 않다. 그래서 최근엔 표적의 거리, 속도를 임의 설정할 수 있는 모의표적신호발생장치를 사용한다^[2].

모의표적신호발생장치는 특정한 길이의 지연선로를 이용한 아날로그 지연 방식이나 DRFM(Digital RF Memory)을 이용한 디지털 지연 방식으로 표적신호를 생성한다. DRFM은 RF 신호를 디지털형태의 신호로 캡처하여 저장하고, 저장된 신호를 RF 신호로 재전송하는 것을 말한다.

아날로그 지연 방식은 별도의 레이더 신호처리나 제어가 필요 없기 때문에 오프적으로 식별될 수 있는 불요파 생성요소가 거의 없지만 지연선로의 선로손실로 인해 구현 가능한 거리에 제약이 있다. 반면 디지털 지연 방식은 거리에 제약 없이 표적신호를 생성할 수 있지만 신호 샘플링과 재생 과정을 통해 불요파 생성 가능성이 높다^[2].

최신 레이더는 전자전 기능 등으로 광대역 레이더가 대부분이다. 광대역 레이더 신호를 DRFM 방식으로 모사할 경우 모의표적신호발생장치의 수신기 순시 대역폭이 넓기 때문에 불요파 제거가 더욱 어렵다. 이러한 점을 개선하기 위해 모의표적신호발생장치의 순시 대역폭은 줄이고, 주파수 식별장치를 두어 입력되는 레이더 운용 주파수에 따라 국부신호를 제어하는 장치가 개발되었다^[2]. 하지만 이 방식은 레이더 운용 주파수가 높아지고, 주파수 채널 수가 많을수록 주파수 식별장치의 하드웨어 개발비가 상승할 수 있다.

본 논문의 모의표적신호발생장치는 합정용 추적레이더의 시험 요구사항에 맞추어서 하드웨어 구성을 최적화 하였다. 서로 독립적으로 거리와 속도를 조정할 수 있는 다수의 이동 표적신호를 만들고, 해상 시험 환경 모사를 위한 클러터 신호와 전자전 환경 모사를 위한 제밍 신호를 생성할 수 있도록 설계하였다. 또한 레이더신호통제부와 연동하여 모의표적신호발생장치의 순시 대역폭을 줄이고, 불요파 성능을 개선하였다.

본 논문에서는 시험요구사항에 따라 모의표적신호발생장치의 기능도를 설계하고, 각 하부 구성품별 상세 설계 및 제작에 관하여 논하고자 한다.

2. 모의표적신호발생장치

모의표적신호발생장치는 레이더의 실제 RF 송신신호를 수신 받아서 실험적에 가까운 모의신호를 재생하여 레이더로 재방사하는 역할을 한다. Fig. 1은 실험적과 모의표적신호발생장치를 사용한 모의표적 간의 레이더 표적신호 흐름을 나타낸다.

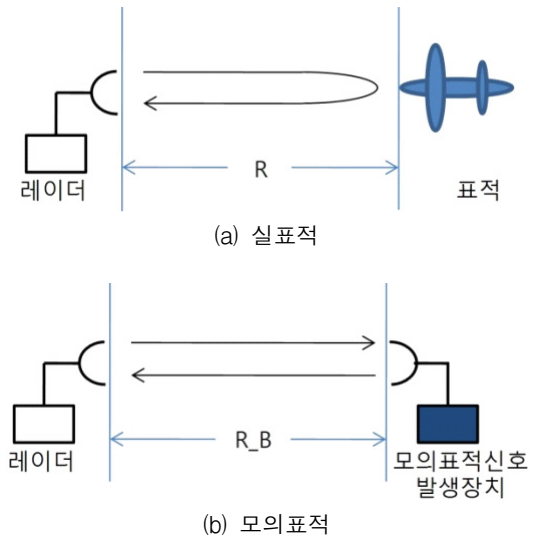


Fig. 1. 표적에 따른 레이더신호 흐름

합정용 추적레이더의 주요 표적은 이동하는 대함/대공/대포 표적이다. 그러므로 모의표적신호는 표적의 이동 특성에 맞는 속도 변화를 모사해야 하고, 이것은 이동속도에 따른 도플러 주파수 천이 특성을 이용하여 구현한다. 또한 실제 운용환경조건에서 레이더 성능을 검증하기 위해 모의표적신호발생장치는 모의표적신호 외에 주변환경을 모사하는 클러터신호와 제밍신호를 발생시킬 수 있어야 한다. Fig. 2는 모의표적신호발생장치의 기능도이다.

추적레이더 시험환경 중 모의표적신호발생장치와 레이더 사이의 최소 시험 거리는 식 (1)과 같은 안테나 원접전계 시험거리와 동일하게 적용된다.

$$d = \frac{2D^2}{\lambda} \tag{1}$$

여기서 D는 레이더 안테나 지름, λ는 동작주파수의 파장을 나타낸다.

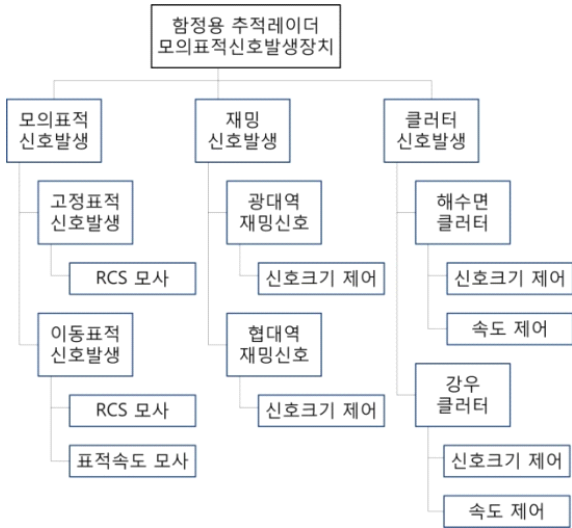


Fig. 2. 모의표적신호발생장치 기능도

본 추적레이더의 경우 최소 시험거리는 약 200 m 이다. 200 m 이상 떨어져서 설치될 모의표적신호발생 장치의 제어 및 명령을 원활히 수행하기 위해 UHF 통신을 이용한 무선원격제어부를 추가 구성하였다.

Fig. 3은 모의표적신호발생장치의 하드웨어구성품목 (HWCI : Hardware Configuration Item)을 나타낸다.

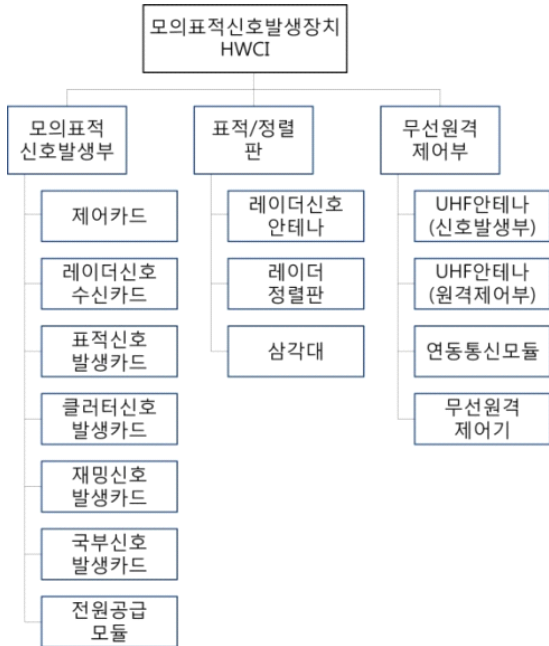


Fig. 3. 모의표적신호발생장치 하드웨어구성품목

모의표적신호발생장치는 모의표적신호발생부, 표적/정렬판, 무선원격제어부로 구분된다. 모의표적신호발생부는 레이더신호를 수신하여 표적신호, 클러스터신호, 재밍신호를 발생하는 카드들로 구성된다. 표적/정렬판은 모의표적신호발생부와 레이더 사이의 레이더신호 송수신을 위한 레이더신호 안테나, 레이더의 주안테나와 레이더신호안테나 사이의 고각/방위각 방향 정렬을 위한 레이더 정렬판, 안테나와 정렬판을 고정하기 위한 삼각대로 구성된다. 무선원격제어부는 원거리에 위치한 모의표적신호발생장치를 무선제어하는 역할을 하며, UHF 통신을 위한 연동통신모듈, 안테나, 무선원격 제어기(노트 PC)로 구성된다.

3. 구성품 설계

Table 1은 모의표적신호발생장치의 주요 규격을 정리한 것이다.

Table 1. 모의표적신호발생장치의 주요 규격

항목	규격	비고
주파수	Ku-대역	Freq. Agile
레이더 송신출력	X.X kW	
RCS	대함/대공/대포	
표적거리	x.x m ~ X.X km	
거리 변화 단위	x.x m	
속도 범위	±x.x m/s	
속도 변화 단위	1.0 m/s	
클러스터 신호	Ku-대역	레벨 및 속도가변
재밍신호	협대역 재밍 광대역 재밍	레벨가변

모의표적신호발생장치의 송/수신용 안테나는 송신과 수신선의 시분할이 가능하므로 공통으로 이득 20 dB인 표준혼 안테나를 이용하였다($G_{t,B} = 20$ dB).

가. RCS 모사

표적의 RCS는 레이더 동작주파수, 거리, 형상, 신호의 입사방향 등 다양한 변수로 정의되므로 다양한 표

적의 RCS를 실상수로 정의하기는 불가능하며, 실제값으로 모사하기는 매우 어렵다. 특정 마이크로파 주파수에서 대략적인 RCS 값은 채래식 무인 미사일 0.1 m², 소형전투기 2 m², 대형 폭격기 40 m² 등으로 근사화할 수 있다^[3]. 따라서 모의표적신호발생장치의 RCS는 Table 2와 같이 대표 값으로 정의하여 모사하였다.

Table 2. 모의표적신호발생장치 RCS 모사표

RCS[m ²]	0.1	1.0	2	50
RCS[dB]	-10	0	3	17

Fig. 1(a)의 실패적에 대한 레이더방정식은 식 (2)와 같다^[4].

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \quad (2)$$

여기서 Pr는 레이더 수신전력, Pt는 레이더 송신전력, Gt는 레이더 송신안테나 이득, Gr은 레이더 수신안테나 이득, λ는 파장, σ는 RCS, R은 표적거리이다.

반면에 Fig. 1(b)의 모의표적신호발생장치를 이용할 경우의 레이더방정식은 식 (3)과 같이 단방향 레이더 방정식으로 볼 수 있다^[4].

$$P_r = \frac{P_{tB} G_{tB} G_r \lambda^2}{(4\pi R_B)^2} \quad (3)$$

여기서 P_{tB}는 모의표적신호발생장치 송신전력, G_{tB}는 모의표적신호발생장치 송신안테나 이득, R_B는 레이더와 모의표적신호발생장치 사이의 거리이다.

식 (2)에서 RCS와 표적거리를 변수로 두고, 표적의 RCS 및 거리에 대해 레이더에 수신전력을 계산할 수 있다. 다양한 RCS와 표적거리에 대해 계산된 수신전력을 모의표적신호발생장치에서 모사하여 표적종류 및 거리에 대해 송신전력(P_{tB})을 제어하면 실패적과 동일한 모의표적신호를 만들 수 있다.

식 (2)와 식 (3)을 같다고 보고, Table 2의 RCS를 선택하면, 표적거리 R에 대해 모의표적신호발생장치의 송신출력 P_{tB}는 1/R⁴ 비율로 변화한다. 0.25 dB/1 dB 간격의 디지털 감쇄기를 조합하여 거리에 따른 모의표적신호발생장치의 송신출력 조절 회로를 설계하였다. 송신출력 제어 범위는 80 dB 이상이다.

나. 이동표적모사

모의표적의 이동거리 모사를 위해서 DRFM을 이용한 Fig. 4와 같은 표적신호발생카드를 구성하였다^[2].

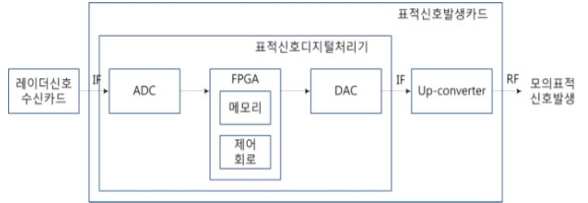


Fig. 4. 표적신호발생카드 구성도

본 논문의 표적신호발생카드는 RF 신호를 IF 신호로 주파수하향변환하고, 고정된 IF 신호를 ADC로 샘플링하여, 디지털 메모리에 저장한 후, 제어명령에 따라 메모리에 저장된 신호를 DAC를 거쳐 IF 신호로 재생성하고, 주파수상향기를 거쳐 RF 신호로 재방사한다.

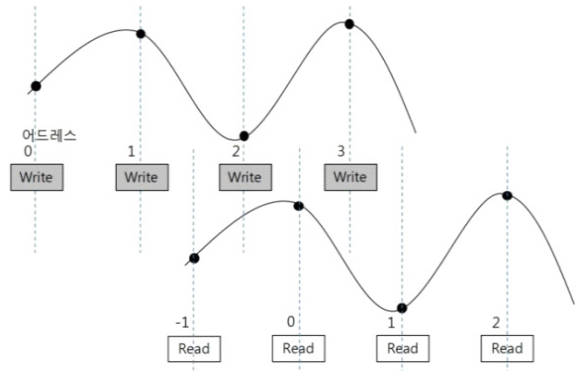


Fig. 5. DRFM 방식의 시간 지연

DRFM은 샘플링 방식에 따라 진폭샘플링 방식과 위상 샘플링 방식으로 구분된다. 본 논문에서는 회로가 단순하고, 구현하기 쉬운 진폭 샘플링 방식을 이용하여 DRFM을 구현하였다. DRFM 방식을 이용한 시간지연의 동작 원리는 Fig. 5와 같다. 수신된 신호를 샘플링 하여 메모리에 순차적으로 저장하고, 지연신호 발생시 지연시간은 읽을 데이터의 어드레스를 조정하여 모사한다.

DRFM 방식에서 거리지연 변화 단위 및 최소 모사거리 성능을 결정하는 요소는 사용된 ADC/DAC와 디지털 메모리의 처리 속도이다. ADC 샘플링 주파수에 따른 거리 변화 단위는 식 (4)와 같이 계산할 수 있다.

$$R_{d, res} = \frac{c}{2 \times f_{ADC}} \quad (4)$$

여기서 $R_{d, res}$ 는 거리지연 변화 단위, f_{ADC} 는 ADC의 샘플링 주파수이다. 거리지연 변화 단위를 1 m로 설계할 경우 ADC의 샘플링주파수는 최소 150 MHz 이상인 것을 선택해야 한다. 거리지연을 구현하기 위해 샘플링주파수 외에 고려해야 할 사항은 ADC의 latency이다. ADC의 latency는 칩 내부의 지연시간으로 ADC 선택 시 최소 모사 거리 규격을 만족하는 것으로 선택해야 한다. 또한 모사신호 복원을 위해 사용하는 DAC는 ADC와 동급이상을 선택한다.

ADC 데이터를 저장하고, DAC에 데이터를 제공하기 위한 디지털 메모리는 ADC/DAC 샘플링 속도에 적절한 클럭의 선택이 필요하다. 또한 최소로 필요한 메모리 용량은 식 (5)와 같이 계산할 수 있다.

$$\text{Memory} = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{d, res}} \times \text{ADC}_{res} \quad (5)$$

여기서 R_{max} 는 최대 표적 거리, R_{min} 은 최소 표적 거리, ADC_{res} 는 ADC의 비트수이다.

FPGA를 사용하여 디지털 메모리와 제어회로를 구현하였다. FPGA의 용량은 디지털 메모리 용량 이외에 모의표적신호발생장치의 다양한 기능 제어 및 처리 능력을 고려하여 선택해야 한다.

이동 표적에 대한 도플러 천이 주파수는 식 (6)과 같다.

$$f_d = 2 \frac{V_{target}}{\lambda} \quad (6)$$

여기서 f_d 는 도플러 주파수, V_{target} 은 표적속도이다.

모의표적장치는 멀어지는 표적과 접근하는 표적 모두를 모사해야 하므로 $f_0 \pm f_d$ 모사가 가능해야 한다.

속도 변화 단위 1 m/s를 구현하기 위해서 주파수는 약 100 Hz 단위로 제어 가능해야 한다. DDS는 1 Hz 이하의 주파수 제어가 가능하므로 다채널의 DDS를 이용하여 하드웨어를 구성하였다. LO3 신호를 DDS로 구현하고, Fig. 6과 같이 주파수상향변환 시 주파수 편차를 두어 모의표적신호의 도플러 주파수를 제어하였다.

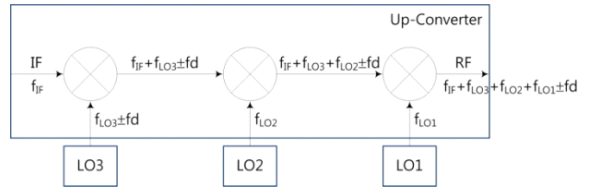


Fig. 6. 이동표적의 도플러 천이 모사

다. 클러터신호 모사

실제 함정용 레이더 운용 환경과 유사한 환경을 모사하기 위해 클러터신호 발생카드를 설계하였다. 클러터신호는 레이더신호가 지표면, 해수면, 강수, 강설 등에 반사되어 수신된 원치 않는 신호이다.

해수면에 의한 클러터 신호는 Fig. 7과 같다. 해수표면에 의해 난반사된 신호가 레이더에 수신된다.

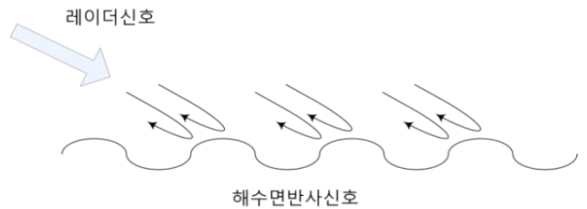


Fig. 7. 해수면에 의한 클러터신호

그러므로 모사 클러터신호는 다수의 점표적이 분포된 신호로 가정하고 Fig. 8과 같은 블록으로 설계하였다. 클러터신호는 강우조건이나 해수면조건 등에 따라 도플러 천이가 모사 가능해야 한다.

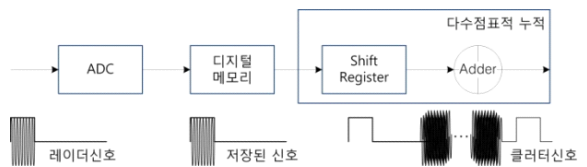


Fig. 8. 클러터신호 발생카드 블록도

클러터신호의 발생위치를 제어하는 방식은 표적신호 발생카드와 같은 원리로 DRFM 방식을 이용한 지연회로를 사용하였으며, 클러터신호의 크기와 도플러 천이 모사회로는 표적신호발생카드와 같은 회로를 이용하여 제어하였다. 해수면 클러터신호와 강우 클러터신호는 별도의 파형을 구분하여 설계하지 않고, Fig. 8의 블록도에서 발생한 신호의 크기와 도플러 주파수 천이를 제어하여 모사하였다.

라. 재밍신호 모사

모사할 재밍신호는 신호대역폭에 따라 협대역재밍신호와 광대역재밍신호로 구분하였다. 레이더의 단일 주파수채널 범위의 협대역재밍신호는 대역폭 수십 MHz 범위이고, 여러 개의 주파수채널을 포함하는 광대역재밍신호는 수백 MHz의 대역폭을 갖는다. 표적신호와 클러터신호가 레이더신호와 동일주파수인 반면에 재밍신호의 동작주파수는 레이더의 전자전 주파수 회피 기능 등을 시험할 수 있도록 독립적으로 운영할 수 있어야 한다.

재밍신호발생카드는 Fig. 9와 같은 DDS를 이용한 일정한 주파수 대역 내 랜덤신호를 발생하는 방법과 노이즈 소스를 사용하여 원하는 대역폭의 신호를 필터링하는 방법이 있다.

DDS를 이용한 방법은 신호대역폭을 제어하기 쉬운 장점이 있는 반면에 DDS 샘플링주파수에 따라 만들어 낼 수 있는 광대역재밍신호의 대역폭이 한정되는 단점이 있다. 반면에 노이즈 소스를 이용한 방식은 재밍신호대역폭에 제한이 없는 장점이 있지만 대역폭필터링을 위한 별도의 회로가 필요하다.

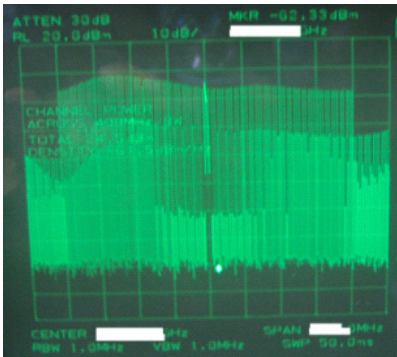


Fig. 9. DDS를 이용한 재밍신호 발생 결과

본 논문에서 제작한 재밍신호발생카드의 블록도는 Fig. 10과 같다.

재밍신호발생카드는 필터뱅크를 두고, 스위치를 이용하여 광대역신호와 협대역신호를 선택하였다. 또한 재밍신호를 사용하지 않을 경우 격리도를 확보하기 위해 SP3T 스위치를 사용하여 50 Ω 부하로 격리하였다. 표적신호발생카드와 클러터신호발생카드가 Fig. 6과 같이 동일한 국부신호를 사용한 반면에 재밍신호발생카드는 별도의 국부신호를 사용하여 독립적으로 동작주파수를 선택하였다. 이 때 재밍신호발생카드에 사용한

국부신호의 위상잡음, 스위칭 타임 등의 성능은 무시하였다.

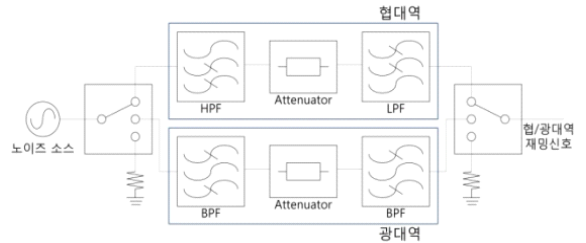


Fig. 10. 재밍신호발생카드 블록도

마. 주파수 Agile 기능

최신 레이더는 MTI(Moving Target Indicator) 지수 개선 및 전자전 대응을 위해 광대역/고속/랜덤 주파수 agile 기능을 갖고 있다^[3]. 이러한 주파수 agile은 운용 조건에 따라 레이더 신호의 운용주파수를 펄스단위 또는 배치단위로 임의 변경하는 것이다. 이를 시험하기 위해서 모의표적신호발생장치도 레이더의 운용주파수와 동기를 맞추어서 펄스단위까지 주파수 agile이 가능해야 한다.

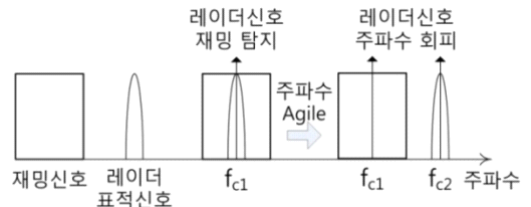


Fig. 11. 레이더의 주파수 Agile 기능

재밍신호에 대한 레이더신호의 주파수 회피 원리는 Fig. 11과 같다. 레이더 운용 중 외부의 재밍신호가 입력되면, 레이더 운용주파수(f_{c1})를 재밍신호가 유입되지 않는 다른 주파수로 이동(f_{c2})한다.

기존 모의표적신호발생장치는 아날로그 지연방식과 동일한 광스플을 사용하여 주파수 agile을 모사하였다^[5]. 이 방식은 레이더신호를 수신하여 전광변환기를 거쳐 광신호로 변환하고 특정 지연시간을 갖도록 길이가 정해진 광지연선로를 지나 광전변환기를 거쳐 모의표적신호를 송신한다. 전광변환기 및 광전변환기의 경우 순시 대역폭이 넓기 때문에 별도의 주파수 변경 없이 주파수 agile 신호를 모사할 수 있다. 단, 고정된 지연시간의 단일 고정표적신호만 모사 가능하다. 또한 광

선로의 특성에 따라 일반적으로 근거리 고정 표적에 대해서만 구현 가능하여 중/장거리 표적이나 이동표적에 대한 추적 및 주파수 agile 기능을 시험평가하기에는 한계가 있다.

DRFM을 이용한 모의표적신호발생장치는 헤테로다인 수신기 구조이고, 주파수 agile 기능을 추가하기 위해서는 레이더 운용주파수 전대역을 동시 수신할 수 있는 광대역 DRFM 수신기나 레이더 운용주파수 자동 검출기가 필요하다^[2]. Ku 대역의 함정용 추적레이더는 주파수가 높으면서, 주파수 채널수(XXX개)가 많아서 주파수 자동검출기를 추가할 경우 시험장비 개발비가 상승할 수 있다.

이러한 점을 개선하기 위해 모의표적신호발생장치, 원격제어기와 추적레이더의 처리통제부를 Fig. 12와 같이 연동하였다.

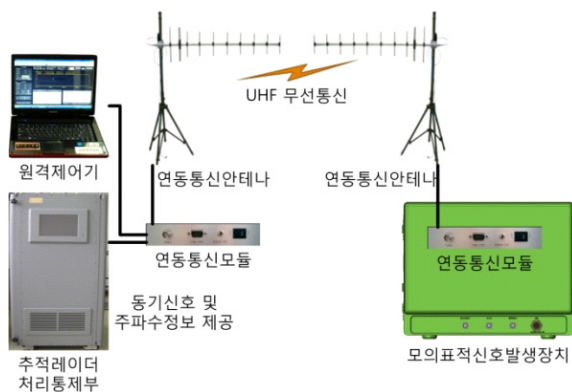


Fig. 12. 추적레이더-모의표적신호발생장치 연동도

본 논문에서 제작한 DRFM을 이용한 모의표적신호 발생카드는 헤테로다인 수신기 구조로 협대역의 고정 IF 주파수에 대한 신호메모리 및 재생 기능을 수행하기 때문에 주파수 agile한 신호를 자동으로 감지하여 모사하기는 불가능하다. 이러한 점을 개선하기 위해 모의표적신호발생장치의 국부신호 발생부를 주파수채널 스위칭 속도가 추적레이더의 국부신호발생장치 동등 이상인 주파수합성기를 사용하였으며, 처리통제부의 주파수정보를 UHF 무선통신을 이용하여 모의표적신호발생장치에 제공하여 주파수채널을 제어하였다. 또한 레이더와 모의표적신호발생장치의 동기를 맞추기 위해 GPS(Global Positioning System) 수신기를 장착하여 사용하기도 하는데 이러한 타이밍 제어 신호도 UHF 무선통신으로 통합하여 개발비용을 최소화 하였다.

4. 제작 및 측정

3장의 내용을 기본으로 모의표적신호발생장치를 제작하였으며, 신호발생장치의 형상은 Fig. 13과 같다. 각 기능별 카드형태로 제작하여 탈부착이 용이하도록 설계 및 제작하였다. 또한 각 카드별로 고장점검을 할 수 있는 자체점검 기능과 추적레이더와 모의표적신호 발생 장치간의 정렬상태를 확인할 수 있도록 레이더 신호 입력레벨 모니터링 기능을 추가하였다.



Fig. 13. 모의표적신호발생장치 형상

Fig. 14는 RCS x.x m² 일 경우 표적거리별 모의표적신호의 신호크기를 측정된 것이다. 스펙트럼분석기의 zero span 모드를 이용하여 Ku-대역 펄스 신호를 측정하였다.

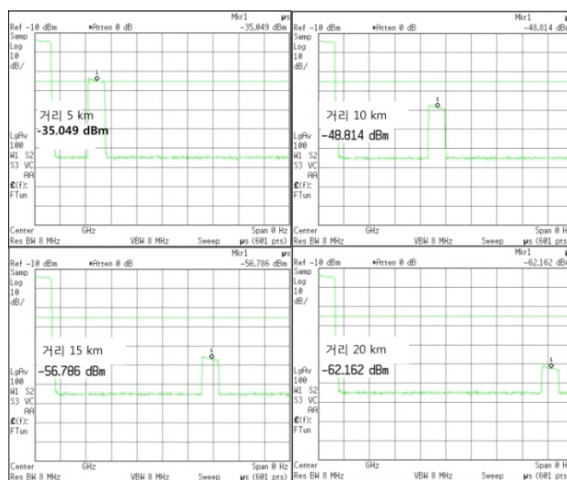


Fig. 14. 지연거리별 모의표적신호 측정결과

거리별 신호레벨의 이론치와 측정치 차이는 Table 3 과 같다. Table 3의 레벨차이는 모사거리별 신호레벨의 상대적 차이이다.

Table 3. 거리별 신호레벨 측정결과

모사거리	신호레벨 측정치	레벨차이 (측정치)	레벨차이 (계산치)
5 km	-35.049 dBm	-	-
10 km	-48.814 dBm	-13.765 dB	-12.041 dB
15 km	-56.786 dBm	-7.972 dB	-7.044 dB
20 km	-62.162 dBm	-5.376 dB	-4.998 dB

식 (2) 레이더방정식의 거리별 표적신호레벨 이론치와 비교하면 오차 1 dB 이내의 결과를 얻었다.

사용 주파수대역내에서 신호레벨을 평탄하게 유지하는 것이 매우 어렵기 때문에 각 주파수 채널 별로 레벨 보정을 위한 Look-up 테이블을 두어 제작하였다.

또한 실제 추적레이더와 모의표적신호발생장치 시험 환경 및 시험조건에 따라 신호레벨 절대값은 조정 가능하도록 제작하였다.

Fig. 15는 클러터신호 측정결과이다. ‘3.다’장의 내용으로 설계하였으며, Fig. 15는 클러터신호의 레벨을 30 dB 조정하였을 때의 결과이다. 최대 40 dB 범위에서 1 dB 간격으로 조정할 수 있도록 제작하였다.

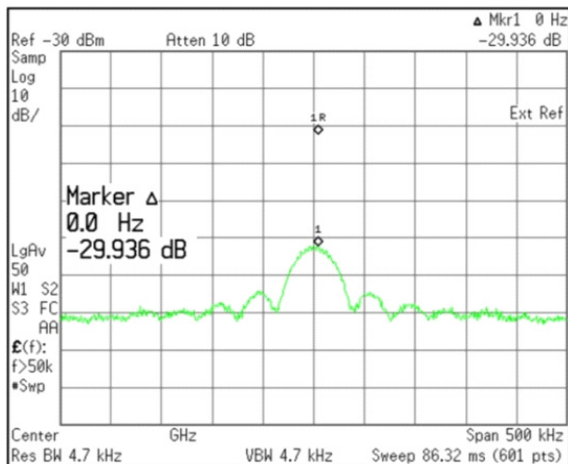


Fig. 15. 클러터신호 30 dB 제어 결과

Fig. 16은 재밍신호를 측정된 결과이다.

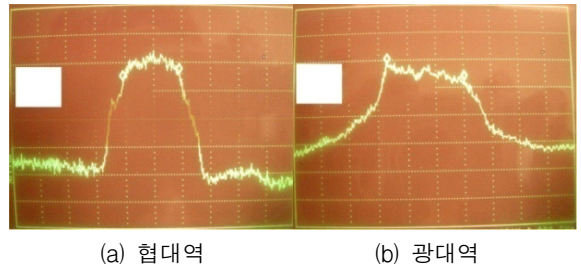


Fig. 16. 재밍신호 측정 결과

협대역(대역폭 = xx MHz) 및 광대역(대역폭 = xxx MHz)에 대해 재밍신호 대역폭, 신호레벨 제어, 중심 주파수 이동 등을 시험하였다. 협대역 및 광대역 재밍 신호 레벨은 최대 50 dB 범위에서 1 dB 간격으로 조정이 가능하도록 제작하였다.

Fig. 17은 2개의 이동표적에 대한 모의표적신호발생 장치의 모사신호를 측정된 결과이다. PRF(Pulse Repetition Frequency) 대비하여 1차 표적신호와 2차 표적신호를 생성하였다. 사용자 요구사항에 맞추어서 1차와 2차 표적신호의 생성구간, 속도, 이동방향, 도플러주파수, RCS를 독립적으로 설정할 수 있다. Fig. 17은 이동표적 설정모드의 한 예를 측정된 것으로 1차 표적신호가 먼저 생성되어 점점 멀어지는 방향으로 이동하고, 다음에 2차 표적신호가 생성되어 1/2차 표적신호 모두가 멀어지는 방향으로 이동한다. 마지막 동작으로 1차 표적은 중단되고, 2차 표적은 계속해서 멀어지는 방향으로 이동한다.

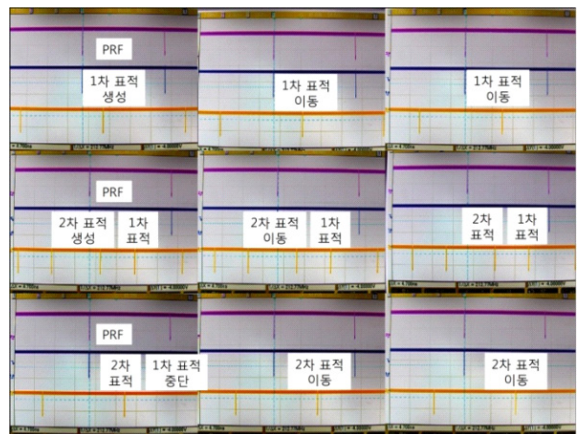


Fig. 17. 2개의 이동표적 생성 측정

이러한 2개 표적에 대한 모사신호는 대함/대포 또는

대공/대포 등 추적레이더의 동일 빔 상에 2개의 표적 신호가 동시에 들어올 경우의 상황을 시험하는데 사용할 수 있다. Fig. 18은 모의표적신호장치를 이용하여 2개의 이동표적신호를 생성하고 추적레이더로 표적신호를 추적한 시험한 결과이다. 거리 25 km부터 다가오는 표적으로 항공기와 미사일이 동시에 다가올 때의 경우를 모사하였다. 표적의 속도는 뒤에 따라오는 2차표적을 미사일로 가정하고 두 배 속도로 조정하여 2개의 표적이 교차 이동할 경우에 대해 시험하였다.

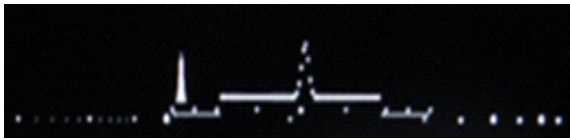


Fig. 18. 2개 모의표적신호에 대한 추적레이더 A-scope

A-scope 파형으로 표적신호의 거리 변화를 추적할 수 있다. 모의표적신호장치와 추적레이더의 연동시험을 통해 두 장비의 성능검증을 하였다.

5. 결론

함정용 추적레이더의 성능검증을 위한 모의표적신호발생장치를 설계 및 제작하였다. 추적레이더의 경우 이동하는 표적에 대한 추적정확도 검증이 중요하므로 DRFM 방식을 이용하여 이동표적을 모사하였다. 디지털 감쇄기를 제어하여 이동표적의 거리/RCS별 신호레벨을 모사하고, DDS를 이용하여 도플러 주파수를 구현하였다. 표적신호발생 카드를 별도로 두어, 2개의 모사신호가 이동구간, 속도, 이동방향, 도플러주파수, RCS 등의 파라미터를 독립적으로 설정할 수 있도록 제작하였다.

함정용 운용 환경을 모사하기 위해 클러터신호와 재밍신호 발생기능을 구현하였다. DRFM 신호를 다수 누

적하여 클러터신호를 생성하고, 신호크기는 디지털 감쇄기를 이용하여 제어하였다. 노이즈 소스와 필터뱅크를 이용하여 협대역 및 광대역 재밍신호를 각각 생성하였다. 재밍신호의 경우 표적신호나 클러터신호와 달리 별도의 국부신호원을 추가하여 동작주파수를 독립적으로 제어할 수 있도록 제작하였다.

본 논문에서 제작한 모의표적신호발생장치는 레이더신호통제부와 모의표적신호발생장치의 연동을 통해 레이더 운용 정보를 공유하였다. 추적레이더의 주파수 agile 기능을 시험할 수 있도록 표적신호의 주파수 정보를 펄스단위로 업데이트하여 국부신호를 원격 제어함으로써 모의표적신호발생장치 수신부의 순시 대역폭은 최소화하고, 모의신호의 불요파 특성을 개선하여 오프적 발생 가능성을 낮추었다.

References

- [1] James A. Scheer and James L. Kurtz, Coherent Radar Performance Estimation, Artech House, 1993.
- [2] Myung-Soo Chung, Woo-Sung Kim, Chang-Ok Bae, Seung Min Kang, Dong-Chul Park, "Development of Frequency Discriminated Simulative Target Generator Based on DRFM for Radar System Performance Evaluation", 한국전자파학회, Journal of The Korean Institute of Electronic Engineering and Science, 제11권 제3호, pp. 213~219, 2011. 9.
- [3] Merrill I. Skolnik, Introduction to RADAR systems, Third edition, McGraw-Hill, 2001.
- [4] 이일근, 박동철 외, "레이더 공학과 전자전 응용", 대영사, 2006.
- [5] 이희민, 손재현, 나영진, 김동환, "추적레이더 성능검증을 위한 모의표적신호발생장치 개발", 국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, 2010. 08. 2-4