

지상 기동 무기 체계 탑재 미사일 경고 레이더 시뮬레이터 설계

Design of Simulator for Missile Warning Radar of GVWS

하 종 수 · 박 규 철

Jong-Soo Ha · Gyu-Churl Park

요 약

지상 기동 무기 체계에 탑재되는 미사일 경고 레이더(MWR: Missile Warning Radar)의 성능을 분석하고 검증하기 위해서는 모의 신호를 생성하여 가상의 연동/교전 시험을 수행할 수 있는 시뮬레이터가 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 MWR 시뮬레이터의 설계 기법을 제안한다. 모의 신호를 생성하고 알고리즘을 분석하는 신호처리부와 생성된 모의 신호를 고주파 신호로 변환/방사하고 MWR과의 연동을 제어하는 고주파부의 설계에 대해 설명한다. 주 장비인 MWR의 개발에 대한 기여 결과를 제시함으로써 본 시뮬레이터의 실용성을 입증한다.

Abstract

To analyze and verify the performance of a MWR(Missile Warning Radar) of a GVWS(Ground Vehicle Weapon System), there is a need to make a simulator which can conduct the linked and engaged test virtually using the simulated signals. In this paper, a method of the simulator design for MWR is proposed to solve the above need. The SP(Signal Processor) part which generates the simulated signals and analyzes the algorithms is explained. The RF(Radio Frequency) part which transforms IF(Intermediate Frequency) signals into RF signals, radiates RF signals, and controls the linked equipments is also explained. The utility of the proposed design is proved by presenting the results of the contributions to the development of MWR.

Key words : MWR, Simulator, GVWS

I. 서 론

지상 기동 무기 체계(GVWS: Ground Vehicle Weapon System)에 탑재되는 능동 방호 장치(soft kill)는 대전차 위협체를 수 km에서 탐지·추적하고 위협 여부를 판단하여 다영역 연막을 차장한 후 전차를 급속으로 기동하여 회피함으로써 전차의 생존성을 향상시키는 장치이다.

미사일 경고 레이더(MWR: Missile Warning Radar)^[1]는 능동 방호 장치의 센서로서 위협체의 접근을 조기에 탐지·추적하고 빠른 시간 내에 위협 여부를 판단하는 기능을 수행한다. 하지만 넓은 안테

나 빔으로 수신되는 높은 레벨의 지상 클러터, 위협체의 작은 RCS(Radar Cross Section)로 인한 잡음보다 수십 dB 낮은 최소 탐지 신호, 전차의 집단 운용으로 인한 센서 간 간섭 등은 MWR 개발에 어려움을 주는 요소들이다.

이러한 어려움을 극복하기 위해서는 MWR의 성능을 지속적이고 반복적으로 분석하고 검증하는 과정이 필요하나, 실제 야외시험에서 획득되는 데이터의 양은 매우 적다. 따라서 야외시험에서 획득되는 데이터를 모사하고, 실험실에서 MWR의 성능을 분석하고 검증할 수 있는 기능을 제공하는 시뮬레이터가 필요하다.

국방과학연구소(Agency for Defense Development)

· 논문 번호 : 20090814-088

· 교신저자 : 박규철(e-mail : harnil@add.re.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 2월 1일

그러나 기존의 다른 레이더 신호 시뮬레이터^[2]는 레이더의 방식 및 사양이 다르기 때문에 MWR에 바로 적용할 수 없으며, 상용 계측기 등을 이용하여 RF(Radio Frequency) 신호를 생성·방사하고 수신된 신호를 분석하는 일련의 기법은 시뮬레이션할 수 있는 범위에 제한이 있다는 단점이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 MWR 시뮬레이터를 개발하였으며, 본 논문에서는 시뮬레이터의 설계 기법을 제안한다. 본 논문의 2장에서는 시뮬레이터의 설계 요구 조건을 제시하고, 3장에서는 설계 기법을 제안한다. 4장에서는 시뮬레이터의 구현 결과를 제시하고 MWR 개발에 대한 시뮬레이터의 활용 결과를 제시함으로써 제안하는 시뮬레이터의 실용성을 입증한다.

II. 시뮬레이터 설계 요구 조건

2-1 MWR 설계 사양

MWR은 코히어런트 방식의 펄스 도플러 기법을 적용하여 대전차 미사일을 탐지·추적하고 위협 판단하는 기능을 가지고 있으며, 최대 탐지 거리는 xx km까지 가능하다.

송신 주파수는 L-밴드를 사용하며, 단위 펄스 신호 대역폭은 xx MHz 간격으로 xx개의 채널이 가능하도록 구현하였다. 안테나는 패치 안테나를 적용하고 탐색 범위는 방위각 방향으로 90도, 고각 방향으로 60도가 가능하도록 설계하였다. 또한 방위각 방향으로 180도를 커버하기 위하여 안테나부 2개를 좌우로 배치 설계하였다. 송신기는 100 W급 SSPA(Solid State Power Amplifier)를 사용하고, 수신기는 슈퍼헤테로다인 방식을 사용하였다. MWR의 주요 설계 사양은 표 1과 같다.

2-2 시뮬레이터 설계 요구 조건

MWR 시뮬레이터는 MWR에 부합하는 모의 신호 발생 기능과 생성한 모의 신호 또는 MWR에서 획득한 신호에 대한 신호처리 알고리즘의 분석 기능을 수행하여야 한다. 따라서 모의신호로서 표적과 클러터 신호를 생성하여야 하고, 송신 주파수 대역은 MWR과 동일한 L-밴드를 사용하여야 한다. 이러한 설계 요구 조건을 표 2에 나타내었다.

표 1. MWR 주요 설계 사양

Table 1. MWR design parameter.

항 목	사 양
송신 주파수	L-밴드
최대 탐지 거리	xx km
대상 표적	대전차 미사일
PRF	xx KHz
펄스 폭	2 μ s
탐지 확률	xx % for SW1, RCS 0.05 m ²
거리 분해능	xx m
안테나 이득	8.3 dBi
빔 폭	90°(수평)/60°(수직)
스캔 범위	180°(수평)/60°(수직)
스캔 속도	300 rpm

표 2. 시뮬레이터 설계 요구 조건

Table 2. Simulator design parameter.

항 목	사 양
생성 신호	표적 신호, 클러터 신호
송신 주파수	L-밴드
PRF	xx KHz
펄스 폭	2 μ s
스캔 속도	300 rpm

III. 시뮬레이터 설계

3-1 시스템 설계

그림 1에 MWR 시뮬레이터의 전체 블록도를 도시하였다.

신호처리부는 모의신호 생성과 신호처리 알고리즘 분석, 데이터 로깅 및 시스템 제어를 담당하며 고

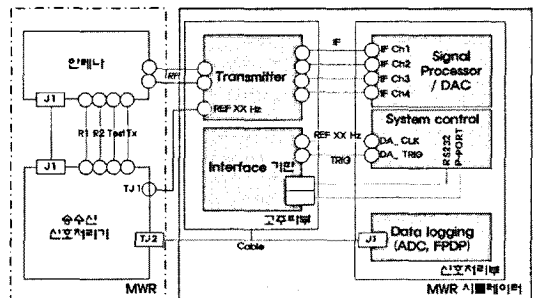


그림 1. 시뮬레이터 블록도

Fig. 1. Block diagram of simulator.

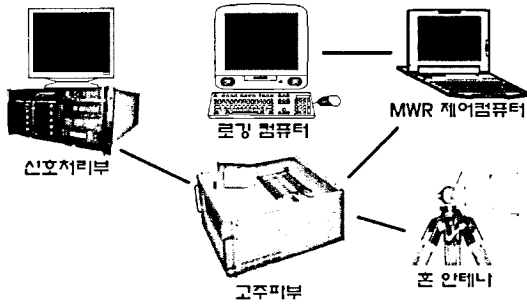


그림 2. 시뮬레이터 구성품
Fig. 2. Component of simulator.

주파부는 RF 신호 변환과 시스템 인터페이스를 담당한다. 신호처리부에서 생성된 IF(Intermediate Frequency) 대역의 디지털 신호는 DAC(Digital to Analog Converter)를 통해 아날로그 신호로 변환되어 고주파 변환기(Transmitter)로 전송되며, 고주파 변환기에서는 IF 신호를 RF 신호로 변환하여 혼 안테나로 전송하거나 MWR로 직접 신호를 입력한다. 혼 안테나에서는 MWR을 향해 생성된 RF 신호를 방사하는 기능을 수행한다. 로깅 컴퓨터는 로깅된 데이터를 저장하며 MWR 제어 컴퓨터는 MWR의 파라미터 설정, 운용 및 제어 기능을 독립적으로 수행한다. 그림 2에 시뮬레이터의 구성품들을 나타내었다.

3-2 신호처리부 설계

신호처리부의 상세 블록도는 그림 3과 같다. 모의 신호 전송은 DAC에서 수행하며, MWR에서 획득한 신호는 FPDP(Front Panel Data Port)와 ADC(Analog to Digital Converter)에서 수신한다. 모의 신호 생성과 신호처리 분석은 SP(Signal Processor)에서 수행하며,

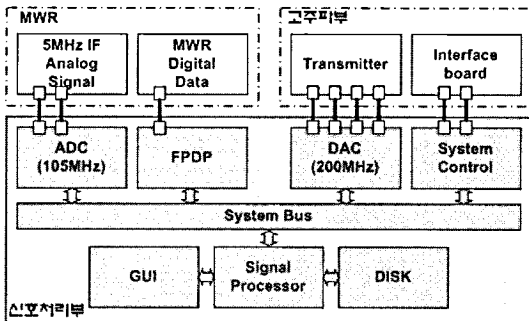


그림 3. 신호처리부 블록도
Fig. 3. Block diagram of SP part.

GUI(Graphic User Interface)를 통해 결과를 확인할 수 있다. SP에서 처리한 데이터는 저장 장치(DISK)에 저장된다.

SP에서 생성하는 표적신호는 정현파이므로 모의 신호는 식 (1)과 같이 I(in phase: cos), Q(quadrature phase: sin) 형태로 생성한다^[3].

$$I(i) = A_m \cos \left(2\pi f_d \left(\frac{i}{f_s} - \frac{2R(i)}{c} + \theta_0 \right) \right)$$

$$Q(i) = A_m \sin \left(2\pi f_d \left(\frac{i}{f_s} - \frac{2R(i)}{c} + \theta_0 \right) \right) \quad (1)$$

$I(i)$, $Q(i)$ 는 i 번째 펄스에 대한 수신 신호이며, $R(i)$ 는 i 번째 펄스에서의 표적과의 거리를 나타낸다. θ_0 는 표적 신호의 위상차이며, 다중 표적을 생성할 경우 표적들을 구분하는 기준이 된다. c 는 빛의 속도, f_d 는 도플러 주파수, f_s 는 샘플링 주파수이며, N_{comp} 는 거리 셀의 보정 계수이다.

A_m 은 모의 신호의 크기에 해당하는데, 이는 식 (2)의 시간 t 에서 수신 신호의 전력 $P_r(t)$ 를 이용하여 구할 수 있다^[3]. 식 (2)에서 누적 히트수, 잡음 지수, 볼츠만 상수, 표준 온도, 수신기 대역폭 등의 요소는 제외시켰다.

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

P_t 는 송신 전력, σ 는 RCS, λ 는 파장, G_t 는 송신 안테나 이득이며, $G_r(t)$ 는 시간 t 에서의 수신 안테나 이득이다. $P_r(t)$ 를 구하기 위해 그림 4를 바탕

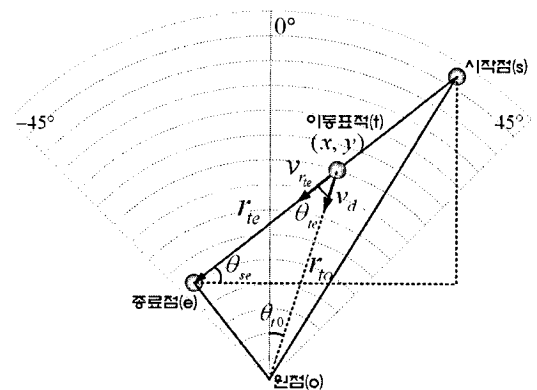


그림 4. 표적 신호 구성 요소
Fig. 4. Component of target signal.

으로 식 (3)을 정리하였다^[4].

$$\begin{aligned}
 r_{te}(t) &= r_{te}(t - \Delta t) - v_{te}(t) \cdot \Delta t \\
 x(t) &= r_{te}(t) \cdot \cos \theta_{se}(t) + x_e \\
 y(t) &= r_{te}(t) \cdot \sin \theta_{se}(t) + y_e \\
 r_{to}(t) &= \sqrt{x^2(t) + y^2(t)} \\
 v_{ra}(t) &= v_{ra}(t - \Delta t) + a_{ra}(t) \cdot \Delta t \\
 \theta_{te}(t) &= \cos^{-1} \left(\frac{r_{te}(t)}{r_{to}(t)} \right) \\
 v_{da}(t) &= v_{ra}(t) \cdot \cos \theta_{te}(t) \\
 \theta_{to}(t) &= \cos^{-1} \left(\frac{r_{to}(t)}{y(t)} \right) \\
 f_d(t) &= \frac{2v_{da}(t) \cdot f_c}{c}
 \end{aligned} \tag{3}$$

3-3 고주파부 설계

고주파부의 상세 블록도는 그림 5와 같다. 4개의 IF 입력 단자와 2개의 RF 출력 단자를 통해 입출력이 이루어지며, MWR로부터 10 MHz의 기준 클럭을 입력 받아 시뮬레이터와 MWR을 동기시킨다. 고주파부와 신호처리부의 동기는 고주파 변환기에서 생성한 40 MHz의 기준 클럭을 이용하여 인터페이스 기판에서 제어한다. 신호처리부에서 생성한 IF 신호는 고주파 변환기를 통해 RF 신호로 변환되는데 표적 신호의 거리 변수는 수신 시간의 지연에 의해 결정되므로 인터페이스 기판에서 트리거 신호를 이용하

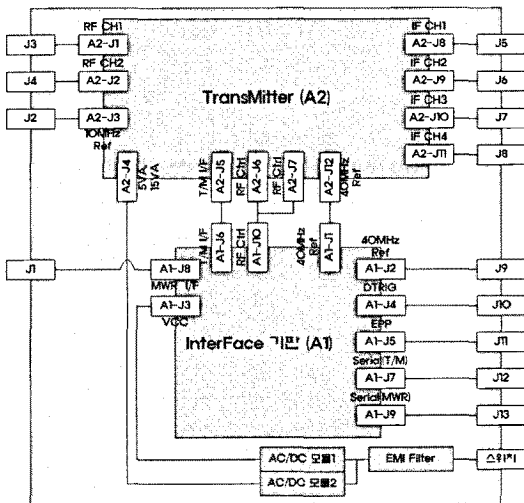


그림 5. 고주파부 블록도
Fig. 5. Block diagram of RF part.

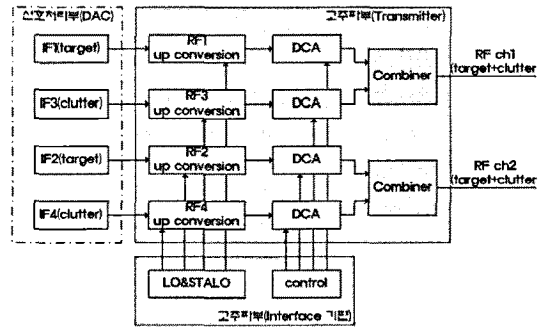


그림 6. 신호 합성 블록도
Fig. 6. Block diagram of signal combination.

여 제어한다.

고주파 변환기에서 주파수 상향 변환된 표적과 클러터의 RF 신호의 크기는 DCA(Digital Control Attenuator)를 통해 감쇠시킴으로써 채널 별로 조절한다. 크기를 조절한 후, 채널 1의 표적과 채널 3의 클러터, 채널 2의 표적과 채널 4의 클러터를 각각 병합함으로써 실제 수신 신호와 유사한 모의 신호를 생성한다. 그림 6에 이러한 고주파부에서의 신호 합성 과정을 블록도로 나타내었다.

IV. 시뮬레이터 구현 결과

4-1 시뮬레이터 검증

시뮬레이터를 이용하여 MWR의 성능을 시험하기 위해서는 먼저 시뮬레이터를 검증할 필요가 있다. 이를 위해 그림 7과 같이 시뮬레이터의 성능 검증

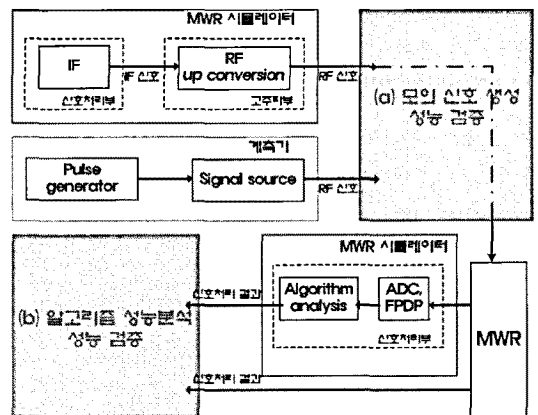
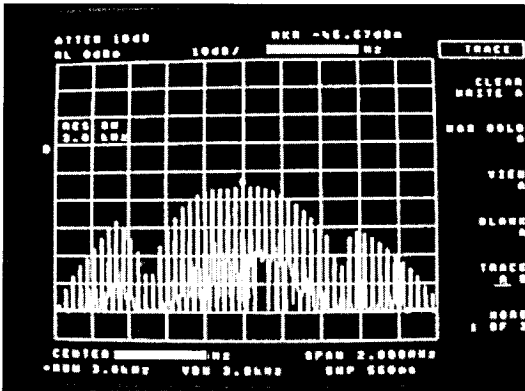


그림 7. 시뮬레이터 검증 방안
Fig. 7. Process of simulator evaluation.

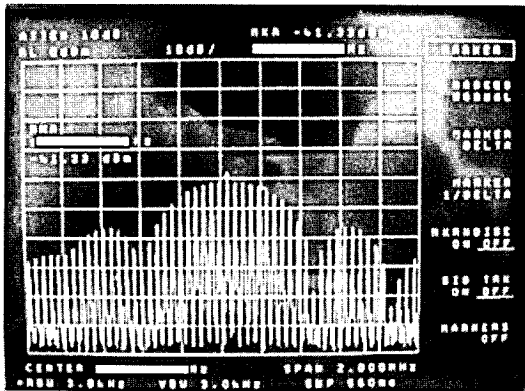
절차를 세웠으며, 그림 8, 9의 결과를 얻었다.

그림 7의 "(a) 모의 신호 생성" 성능의 경우, 시뮬레이터의 생성 신호와 일반 계측기의 생성 신호를 비교하여 검증한다. 시뮬레이터가 신호의 크기가 변하는 움직이는 표적을 모사할 수 있는 것과는 달리 일반 계측기는 신호의 크기가 변하지 않는 고정된 표적 신호만을 생성할 수 있다. 그러나 계측기의 출력 결과는 신뢰할 수 있기 때문에 고정 신호를 생성하여 시뮬레이터의 검증 수단으로 사용할 수 있다. 그 결과, 그림 8과 같은 스펙트럼을 계측기를 통해 확인하였으며, 두 장비 모두 중심 주파수를 기준으로 xx kHz의 대역폭을 관찰할 때, 형태가 거의 동일한 RF 신호를 생성하였다.

그림 7의 "(b) 알고리즘 성능 분석" 성능의 경우,

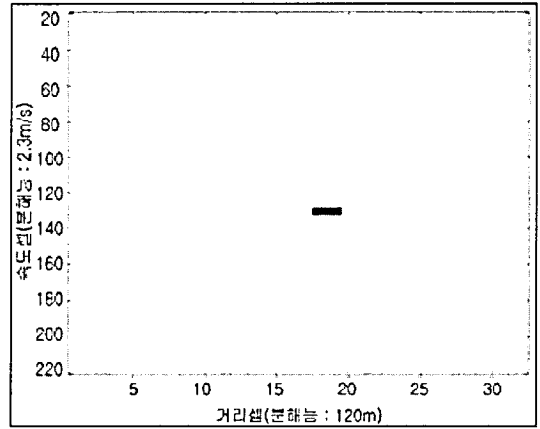


(a) 시뮬레이터 생성 결과
(a) Result of generation using simulator

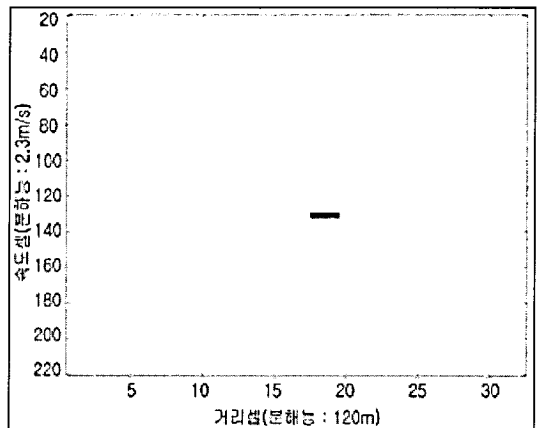


(b) 계측기 생성 결과
(b) Result of generation using network analyzer

그림 8. 신호 생성 결과
Fig. 8. Result of signal generation.



(a) 시뮬레이터 신호처리 결과
(a) Result of signal processing using simulator



(b) MWR 신호처리 결과
(b) Result of signal processing using MWR

그림 9. 신호처리 결과
Fig. 9. Result of signal processing.

MWR의 신호처리 결과와 시뮬레이터의 신호처리 결과를 비교하여 검증한다. 시뮬레이터는 MWR에서 전달한 신호를 신호처리하며, MWR은 수신 신호를 직접 신호처리한다. 그 결과, 그림 9와 같은 기저대역의 신호에 대한 신호처리 결과를 확인할 수 있었으며, 두 장비 모두 거리 2,160 m, 속도 300 m/s의 표적을 탐지하였다.

4-2 모의 신호 생성 결과

모의 신호의 생성은 다양한 표적과 클러스터 신호에 대해 거리, 속도를 프로그램으로 가변 생성할 수 있도록 설계하였으며, 그림 10에 이러한 작업을 수행

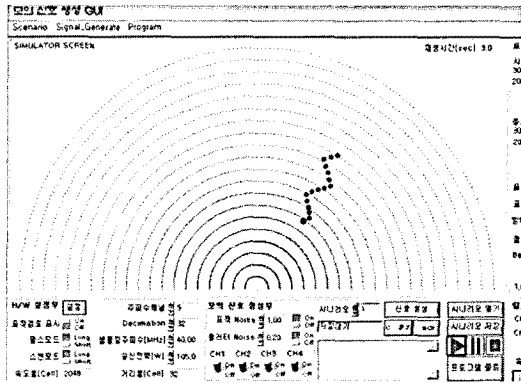


그림 10. 모의 신호 생성 GUI
Fig. 10. GUI of simulated signal generation.

한 모의 신호 생성 GUI를 나타내었다.

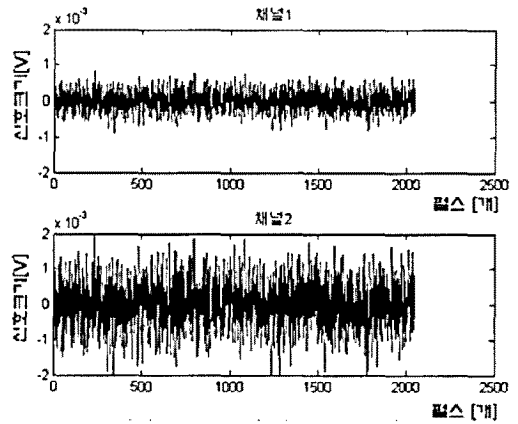
모의 신호 생성 GUI는 표적의 거리, 속도, 방위각 및 RCS 설정이 가능하며, 클러터의 경우 수신 안테나에서의 신호 레벨과 분포 특성을 제어할 수 있다. 그리고 IF 4 채널에 대해 노이즈 삽입 여부, 펄스 및 스캔 모드 등이 제어 가능하다. 그림 11, 12에 생성한 표적과 클러터 신호를 나타내었다.

그림 11의 (a)는 생성한 표적 신호를 시간 영역에서 측정한 결과이다. 노이즈를 삽입한 결과이며, 좌(채널 1)/우(채널 2) 수신 안테나에 입력되는 표적 신호를 각각 생성한 결과이다. 그림 10의 GUI에서 생성한 표적 신호의 경우 오른쪽에서 접근하기 때문에 채널 2의 신호가 채널 1보다 크다.

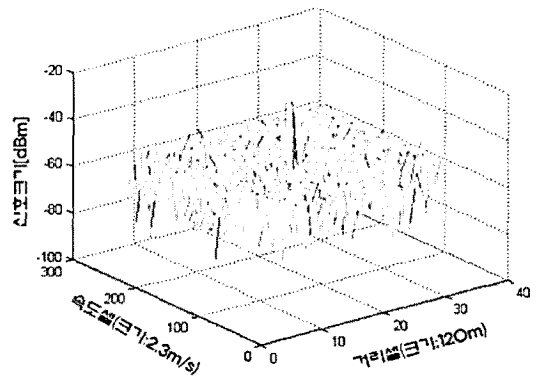
그림 11의 (b)는 (a)의 신호에 대해 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행하여 주파수 영역의 신호로 변환시킨 결과이다. 노이즈 레벨 위로 표적 신호가 탐지되고 있음을 확인할 수 있다.

그림 12의 (a)는 생성한 클러터 신호를 시간 영역에서 측정한 결과이다. 노이즈를 삽입하였으며, 클러터의 경우 전 거리 셀에 생성되기 때문에 편의상 1, 9, 17, 25번 셀을 선택하여 나타내었다. 가장 근거리인 1번 셀의 경우 수신 전력이 매우 크게 나타나기 때문에 포화되고 거리가 멀어질수록 신호의 크기가 작아지고 있음을 확인할 수 있다.

그림 (b)는 (a)의 신호에 대해 FFT를 수행하여 주파수 영역의 신호로 변환시킨 결과이다. 클러터 신호가 DC 레벨에서 전 거리 셀에 걸쳐 신호 크기가 작아지는 경향을 보이면서 나타나고 있음을 확인할 수



(a) 표적 신호(시간 영역)
(a) Target signal(time domain)



(b) 표적 신호(주파수 영역)
(b) Target signal(frequency domain)

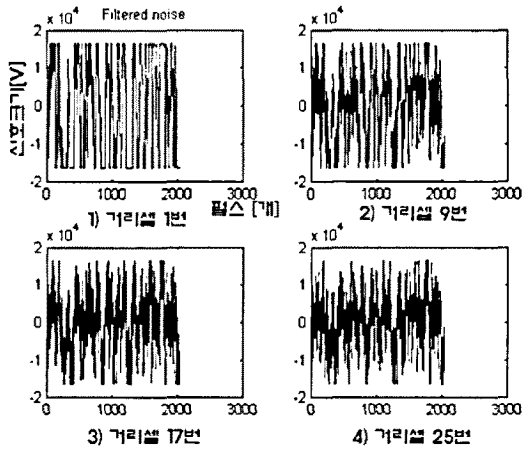
그림 11. 표적 신호 생성 결과
Fig. 11. Result of target signal generation.

있다.

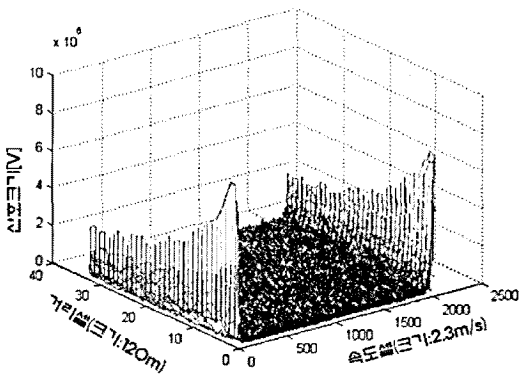
4-3 알고리즘 분석 결과

알고리즘 분석은 모의 신호 또는 획득 신호를 이용하여 MWR의 신호처리 알고리즘을 검증하고, DSP 프로세서에 적용하는 것을 목적으로 한다. 이를 위한 GUI를 그림 13에 나타내었다.

알고리즘 분석 GUI는 신호처리 알고리즘에 대해 표 3에 나타낸 거리, 각도 정보의 오차 및 표준편차, 탐지확률, 위협판단 등의 정보를 제공하며, 오경보 제거, 미대응물^[5] 고정, spurious 신호 제거 등의 알고리즘 적용 기능을 제공함으로써 신호처리 알고리즘의 분석 기능을 수행한다.



(a) 클러터 신호(시간 영역)
(a) Clutter signal(time domain)



(b) 클러터 신호(주파수 영역)
(b) Clutter signal(frequency domain)

그림 12. 클러터 신호 생성 결과
Fig. 12. Result of clutter signal generation.

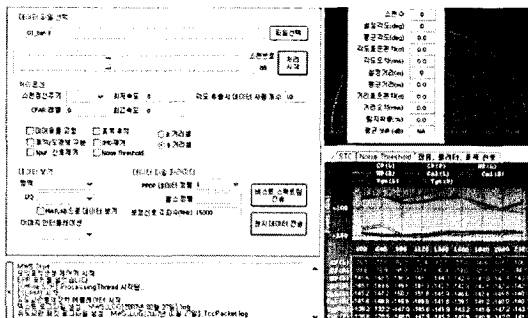


그림 13. 알고리즘 분석 GUI
Fig. 13. GUI of algorithm analysis.

그림 14와 15에 본 시뮬레이터를 활용한 알고리즘 분석 결과의 예를 나타내었다.

표 3. 알고리즘 분석 지표
Table 3. Index of algorithm analysis.

각도 표준편차	$\sigma_{\theta} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \hat{\theta}_i - \theta_0^2}$ $\hat{\theta}_i$: 추정 각도, θ_0 : 설정 각도
각도 오차	$\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \hat{\theta}_i - \theta_0$
거리 표준편차	$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \hat{r}_i - r_0^2}$ \hat{r}_i : 추정 거리, r_0 : 설정 거리
거리 오차	$\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \hat{r}_i - r_0$
탐지 확률	패킷에 실린 거리 정보를 이용하여 탐지 유무를 판별
위협 판단	위협과 비위협에 대한 판단 성능을 통계적 수치로 계산

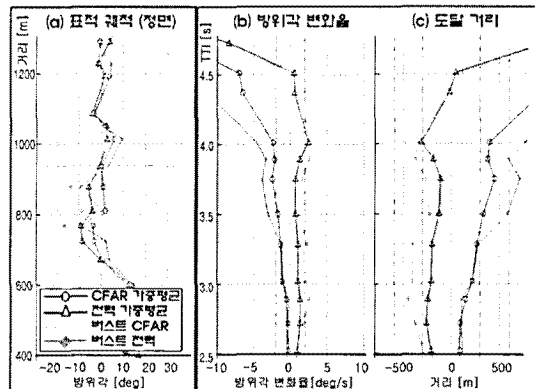


그림 14. 알고리즘 분석 결과(정면 지향)
Fig. 14. Result of algorithm analysis(aim at 0 m).

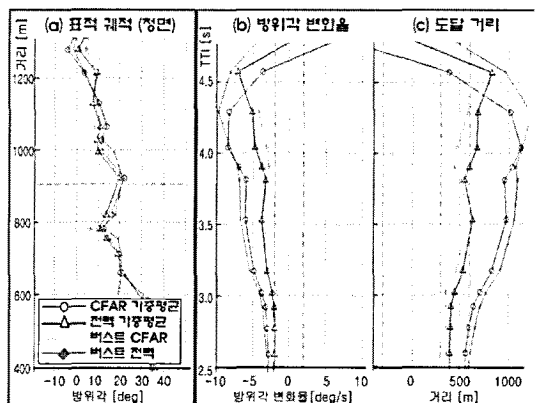


그림 15. 알고리즘 분석 결과(200 m 이격)
Fig. 15. Result of algorithm analysis(aim at 200 m).

그림 15는 MWR을 향해 정면(그림 11)과 측면 200 m(그림 12)로 발사한 위협체를 탐지한 결과로서 (a)는 표적의 궤적을 나타낸다. MWR은 양 수신 안테나에서 획득한 신호의 진폭을 비교해서 방위각 등의 표적 정보를 산출하는데^[6], 이러한 정보 산출 기법으로 CFAR 가중 평균 기법, 전력 가중 평균 기법, 버스트별 CFAR 가중 평균 기법, 버스트별 전력 가중 평균 기법 등이 있다. 이러한 기법들을 시뮬레이터를 활용하여 비교·분석하였으며, 그 결과 전력 가중 평균 기법이 표적 정보 산출에 가장 효과적임을 확인하였다.

탐지된 표적에 대해 MWR은 표적의 위협 여부를 판단해야 하는데, 이러한 위협 판단 기법으로 방위각 변화율 이용 기법^[7], 도달 거리 이용 기법, 도달 각도 이용 기법 등이 있다. 이러한 기법들 중 일부 결과를 그림 15의 (b)~(c)에 도시하였다. 수차례에 걸친 야외 시험을 통해 획득한 표적 정보에 대해 시뮬레이터를 활용하여 위협 판단 기법들을 비교·분석하였으며, 그 결과 방위각 변화율 이용 기법이 위협 판단에 가장 효과적임을 확인하였다.

4.4 시뮬레이터 활용 결과

그림 16에 야외/실내 시험에서의 시뮬레이터의 활용 방안을 도시하였다. 그림의 (a)는 시뮬레이터를 이용하여 발생시킨 모의 신호와 시험탄을 이용한 시험에서 획득한 탐지 신호에 대한 시뮬레이터의 신호처리 알고리즘 개선과정을 나타내고 있다. 이러한 과정을 통해 4.3에서 언급한 다양한 정보 산출 기법과 위협 판단 기법을 비교·분석하였다.

그림 16의 (b)는 모의 신호와 탐지 신호에 대한 MWR의 성능을 분석하고 검증함으로써 MWR의 성능을 개선하는 과정을 나타내고 있다. 수차례의 야외 시험을 통해 CW(Continuous Wave) 형태의 외부 간섭 신호, 근거리 방위각 오차, 오경보 발생 등의 문제점이 노출되었으며, 소프트웨어 및 하드웨어 개선으로 이러한 문제를 해결함으로써 MWR의 성능을 개선하였다.

그림 16의 (c)는 분석된 결과를 바탕으로 표적 및 클러터 모델링의 특성을 개선하여 이를 다시 MWR에 반영하는 과정을 나타내고 있다. 야외 시험은 시간적·금전적 제약으로 시험 횟수가 제한될 수밖에

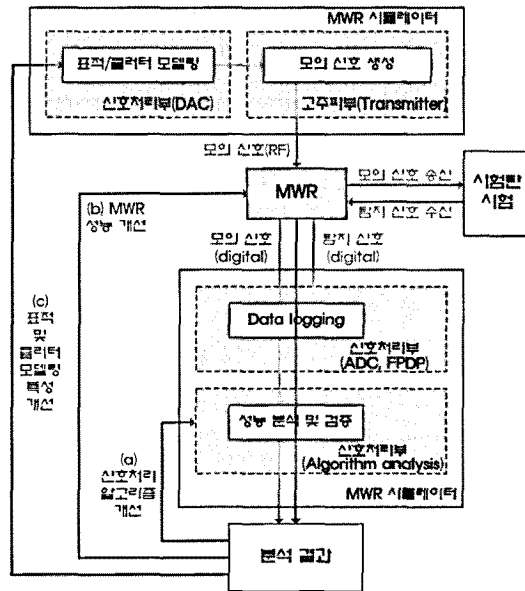


그림 16. 시뮬레이터 활용
Fig. 16. Use of simulator.

없으므로 야외 시험에서 획득된 데이터를 바탕으로 모의 신호의 특성을 개선하고 MWR에 적용함으로써 MWR의 성능을 개선하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 GVWS에 탑재되는 MWR의 성능을 분석하고 검증하기 위한 시뮬레이터를 설계 기법을 제안하고, 시뮬레이터의 구현과 활용 결과를 제시하였다. 신호처리부와 고주파부의 설계 기법을 블록도를 중심으로 제안하였으며, 이에 따른 모의 신호 생성 결과와 MWR의 알고리즘 분석 결과를 확인하였다. 계측기와 시뮬레이터에서 생성한 RF 신호를 비교·분석하여 모의 신호 생성 성능을 검증하였으며, MWR과 시뮬레이터의 신호처리 결과를 비교·분석하여 알고리즘 분석 성능을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 박규철, 하중수, "전차 탑재 L-밴드 펄스 도플러 레이더 설계 및 제작", 한국전자파학회지논문지, 20(6), pp. 580-588, 2009년 6월.
- [2] 최성린, 이상훈 외, "시험평가용 레이더 재밍신호 시뮬레이터 설계 연구", 한국통신학회논문지, 27

(2B), pp. 160-170, 2002년.

[3] M. I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, McGraw-Hill Book Company, 3rd Edition, 2001.

[4] J. H. Kwak, S. P. Hong, *Linear Algebra*, Birkhauser, 1997.

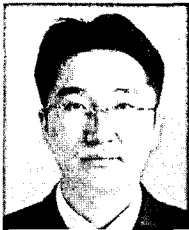
[5] 박규철, 홍성용, "확률 모델을 이용한 미사일 경고 레이더의 효과도 분석", 한국전자과학회지,

20(6), pp. 544-550, 2009년 6월.

[6] Samuel M. Sherman, *Monopulse Principles and Techniques*, Artech House, 1984.

[7] 하중수, "방위각 변화율을 이용한 방호용레이더 위협 판단 알고리즘", 한국군사과학기술학회지, 11(1), pp. 93-101, 2008년 2월.

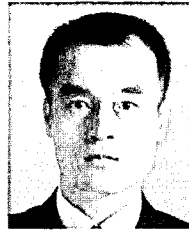
하 중 수



2001년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
 2003년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 3월~현재: 국방과학연구소 선임연구원
 [주 관심분야] 레이더 신호 처리, 센서 및 성능 분석 M&S

서 및 성능 분석 M&S

박 규 철



1989년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
 1991년 2월~현재: 국방과학연구소 선임연구원
 [주 관심분야] 근거리 레이더 시스템 설계, Tx/Rx 모듈 설계

템 설계, Tx/Rx 모듈 설계