

시험평가용 레이다 재밍신호 시뮬레이터 설계 연구

정회원 최성린*, 이상훈*, 정회인*

A Study on the Radar Jamming Signal Simulator Design for the Test & Evaluation

Sung-lin Choi*, Sang-hoon Lee*, Hoi-in Jung* *Regular Members*

요 약

레이다 운용자는 레이다 스크우프를 통해 표적을 인지하고 추적함으로써 레이다운용을 방해하는 재밍신호를 극복할 수 있는 훈련과 레이다의 전자보호 신호에 대한 시험평가가 필요하며, 이를 위해 레이다에 거리기만, 속도기만, 방위기만 및 다중허위표적의 기만재밍 신호와 점 잡음, 광대역 잡음, 점 소인 잡음 및 엠펜펄스 형태의 잡음재밍 신호를 발생시킬 수 있는 레이다 재밍신호 발생 알고리즘과 시뮬레이터를 설계하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘과 디지털회로 설계기술을 적용하여 6조의 구성요소들로 이루어진 시뮬레이터를 제작하였으며 실험을 통해 제작된 시뮬레이터의 유용성을 확인하였다.

ABSTRACT

While radar operator recognizes and tracks threat targets through the scope, it is essential to overcome the jamming signal that disturbs the normal operation of the radar. Therefore, to train operator and test the EW capability of the radar, this paper proposed the jamming signal simulation algorithm and design results to generate the deception jamming(range, velocity, angle deception and multiple false targets) and noise jamming signals(spot, barrage, swept spot and cover pulse noise). And also, the radar jamming signal simulator composed of the 6 constituents is developed on basis of the proposed algorithm and digital circuit design technique and confirmed the validity of the developed simulator by means of the test results to generate the various jamming signal.

I. 서론

레이다 기술의 발달과 유도무기의 출현으로 인하여 현대전에서 전자전의 중요성이 증가되고 있으며 레이다와 전자전장비의 개발 및 평가방법과 운용요원의 훈련이 중요한 문제로 부각됨으로 이를 해결하기 위하여 전자전 시뮬레이터가 등장하게 되었다¹⁾.

전자전 환경에서 전장의 승패요인은 전자파 에너지의 정보를 신속·정확하게 수집·분석하는 전자전 지원(ES; Electronic Warfare Support) 능력과 적 레이다의 전자파 에너지 사용을 억제하기 위한 전자공격(EA; Electronic Attack) 능력 및 전자공격으

로부터 레이다를 효율적으로 사용하기 위한 전자보호(EP; Electronic Protect) 능력에 의해 좌우된다. 이러한 전자파를 이용하는 레이다 및 전자전장비의 성능과 운용자의 숙련된 운용능력은 전자전 환경에서 전략적인 승리와 직결된다.

본 논문에서는 레이다의 운용특성을 분석함으로써 재밍신호의 범위를 정의하고 레이다의 EP 기법 시험과 운용자의 전자전 훈련을 수행할 수 있도록 레이다 재밍신호 시뮬레이터를 설계하였으며 발생 기법으로 거리기만, 속도기만, 방위기만 및 다중허위표적등의 기만재밍 신호와 점 잡음, 광대역 잡음, 점소인 잡음 및 엠펜펄스형태의 잡음재밍 신호를

* 국방과학연구소 (hijung@add.re.kr)

논문번호 : 010064-0416, 접수일자 : 2001년 4월 16일

발생할 수 있게 하였다. 특히 기만재밍 신호의 경우 단일 형태뿐만 아니라 복합 형태의 발생이 가능하도록 설계하였다. 디지털회로 설계기술이 적용된 재밍신호 시뮬레이터는 제어컴퓨터, 디지털 주파수 기억장치(DRFM: Digital Radio Frequency Memory), 기법제어기, 신호결합분배기, 국부발진기 및 잡음신호발생기로 이루어진 콘솔 형태로 구성하였다. 제어컴퓨터는 직렬 통신을 통해 디지털 주파수 기억장치, 기법제어기 및 신호결합 분배기를 제어하여 재밍신호를 발생하도록 설계하였다.

제작된 재밍신호 시뮬레이터는 합정 탑재 레이더의 전자전성능 시험에 적용함으로써 재밍신호에 대한 레이더의 EP 기법 시험과 레이더 운용자에 대한 전자전 훈련 환경을 제공할 수 있음이 확인되었다. 본 논문의 구성은 II장에서 재밍신호 시뮬레이터에서 발생시키고자 하는 신호종류를 살펴보고 III장에서는 신호발생 알고리즘 및 설계내용에 대해 서술하였으며 IV장에서는 실험결과를 V장에서는 결론을 맺었다.

II. 레이더 운용특성 및 구현 재밍신호

1. 레이더 운용특성

레이더는 운용 주파수가 기만 또는 잡음재밍 환경에 노출되면 다른 주파수 채널로 변경하는 주파수 가변기능에서부터 매 펄스(또는 펄스 그룹)마다 주파수를 운용 대역폭 내에서 랜덤하게 변경하는 agile과 펄스 내에서 주파수를 변조하는 chirp 방법 등의 EP 기법을 운용한다. PRF(Pulse Repetition Frequency) 측면에서의 EP 기법으로는 2개 이상의 초기치가 다른 고정 PRF 신호를 중첩하는 stagger와 의도적으로 PRF를 변경하는 jitter 등이 운용된다. 또한 방위 기만에 대응하기 위한 부엽역제 기능과 수동추적 기능 등의 수동적인 형태의 EP기법을 운용한다.

2. 재밍신호 규격

레이더 재밍신호 시뮬레이터에서 구현하는 재밍신호는 기만재밍 신호와 잡음재밍 신호로 분류할 수 있다. 기만재밍은 주로 추적 또는 호밍 레이더의 거리·속도·방위 추적회로를 기만하여 레이더가 거리·속도·방위 어느 측면에서 허위표적을 추적하도록 하여 실제표적이 추적 당하는 것을 회피하도록 한다. 기만재밍 신호에는 레이더의 거리게이트로부터 표적을 이탈시키는 거리기만(RGPO/I: Range

Gate Pull Off/In)과 속도게이트로부터 표적을 이탈시키는 속도기만(VGPO/I: Velocity Gate Pull Off/In) 그리고 방위 추적회로의 오동작을 유발하는 ICS(Inverse Conical Scan), SSR(Swept Scan Rate), LFN(Low Frequency Noise)등의 방위기만, 다중허위표적(MFT: Multiple False Targets) 및 거리기만 효과를 극대화하기 위한 출력감소(PDP: Power Decrement Program) 기법이 있다. 기만재밍의 경우 단일기만 재밍의 복합형태 구현이 가능하도록 설계하였다. 잡음재밍에는 점 잡음(SN: Spot Noise), 광대역 잡음(BN: Barrage Noise), 점소인 잡음(SSN: Swept Spot Noise) 및 엄폐펄스(CP: Cover Pulse) 기법이 있다.

기만재밍 신호는 표적의 반사신호보다 강한 허위 표적 신호를 레이더에 주입시켜 레이더 운용자가 실제 표적의 위치를 혼동하도록 한다. 잡음재밍 신호는 표적의 반사신호보다 강한 잡음신호를 레이더에 주입시켜 레이더 운용자가 표적을 인식할 수 없게 하며 레이더 수신기의 중간 주파수(IF) 보다 넓은 대역의 잡음을 주입한다.

III. 재밍신호 시뮬레이터 설계

레이더에 대한 전자전성능 시험과정은 수신안테나와 수신기를 통해 입력된 레이더 신호에 재밍신호 시뮬레이터의 기법제어기, DRFM, 신호결합 분배기를 통하여 재밍이 가해지고 고출력 증폭을 수행한 후 송신안테나를 통해 시험용 레이더에 주입된다. 이와 같은 과정을 수행하기 위한 재밍신호 시뮬레이터의 구성은 그림 1과 같다.

기존의 아날로그 데이터 저장 방식에서는 입력된 레이더 신호를 주파수 기억루프(FML: Frequency Memory Loop)에 순환시킴으로써 원 신호를 시간적으로 지연시키는 단순한 기만재밍 신호를 발생함으로써, 기억루프에 저장하는 시간이 증가하면 출력 고주파 신호의 성능이 저하되었으며 단지 주파수만을 기억할 수 있었다^[2]. 이를 보완하기 위해 입력 고주파를 샘플링하여 기억매체에 저장시키는 디지털 방식은 주파수와 위상을 함께 기억할 수 있도록 설계함으로써 coherent 레이더 재밍에도 유리하게 하였다. 디지털 방식을 이용한 대표적인 예가 디지털 주파수 기억장치이며 레이더를 재밍하기 위해 일반적으로 많이 사용되고 있다^[3]. 재밍신호 시뮬레이터는 DRFM을 포함하여 제어컴퓨터, 전원분배기, 기법제어기, 신호결합 분배기 및 국부발진기로 이루어

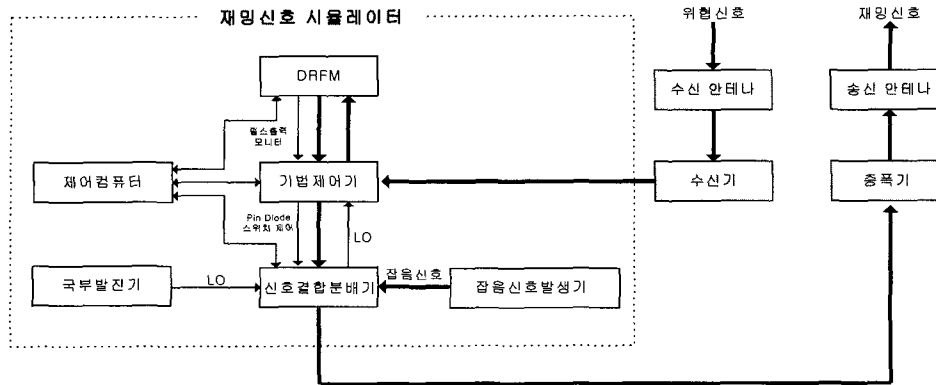


그림 1. 재밍신호 시뮬레이터 구성도

어진 콘솔 형태로 구성하였다. RGPO/I의 거리기만과 VGPO/I의 속도기만 및 MFT 신호는 DRFM에서 구현하였으며, ICS, SSR 및 LFN의 방위기만과 PDP의 출력변조 신호는 기법제어기에서 프로그래머블 감쇄기를 제어하여 구현하였다. 또한 신호결합분배기는 잡음신호 발생기로부터 잡음제원을 입력받아 점·광대역·점소인 잡음을 구현하였고 잡음제원을 DRFM의 입력레이다 펄스출력 비디오신호와 동기를 맞추어 핀-다이오드 스위치를 제어함으로써 엄폐 펄스 잡음신호를 발생하도록 설계하였다⁴⁾.

1. 디지털 주파수 기억장치

DRFM은 일반적으로 그림 2와 같이 입력부, 디지털데이터 저장부(RAM), 출력부 및 제어부로 구성된다⁵⁾. 재밍신호 시뮬레이터에 사용된 DRFM은 4 비트의 양자화 비트를 갖는 ADC(Analog-to-Digital Converter)를 통과한 디지털 신호를 최대 581μs의 데이터 저장 용량을 갖는 RAM에 저장하여 허위표적 정보를 발생한다. DRFM은 입력되는 신호를 저장하여 지연시간 후에 출력하는 pipeline 호출방식과 입력신호의 펄스폭을 증가시켜 출력하는 stretched pulse 호출방식 및 입력신호를 여러 개 복사하여 출력하는 multiple false targets 호출방식으로 운용한다. 이러한 호출방식을 통해 RGPO/I 기법은 식 (1)과 같이 4.4ns에서 0.66m의 해상도를 갖도록 구현하였다. VGPO/I 기법은 추적레이다 입장에서 거리측면에서만 보면 입력 주파수가 9GHz일 때 식 (2)와 같이 19Hz에서 0.32m/s의 최소속도를 가지도록 설계하였으며, MFT 기법은 최대 수백개의 허위표적을 발생시킬 수 있도록 설계하였다. DRFM은 I(8~10GHz) 밴드의 입력주파수 범위를 가지며 기법

제어기에서 G~K(4~40GHz) 밴드 대역의 레이다 신호를 I 밴드로 주파수 변환하여 DRFM에 공급한다.

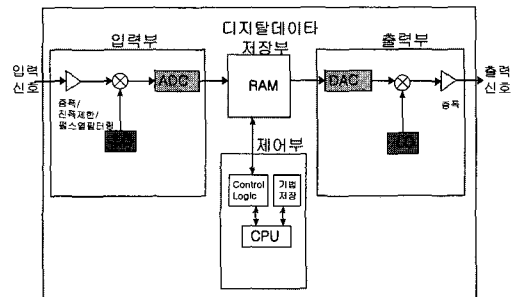


그림 2. DRFM 구성도

$$d = \frac{c}{2} \times t = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2} \times 4.4 \times 10^{-9} = 0.66 \text{ m} \tag{1}$$

$$v = \frac{f_d \cdot \lambda}{2} = \frac{f_d \cdot c}{2f} = \frac{19 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2 \times 9 \times 10^9} = 0.32 \text{ m/s} \tag{2}$$

레이다의 선행 모서리 추적(leading edge track) 기능에 대항하기 위해 일반적으로 RGPI 재밍기법을 사용하며⁶⁾ 고정 PRI(Pulse Repetition Interval)를 운용하는 레이다에 대응하기 위하여 기만표적이 반향신호와 같은 위치에 있다가 점차 시간차를 감소시켜 기만표적이 점점 다가오는 효과를 주도록 구현하였다.

동기방식의 잡음재밍 형태인 엄폐펄스 기법은 잡음신호발생기의 잡음원과 DRFM의 stretched pulse 호출방식을 사용하여 지연시간과 펄스폭을 동시에 제어할 수 있도록 구현하였다. DRFM은 입력 레이

다신호가 존재할 때 펄스출력 비디오 신호를 출력하는데 이를 이용하여 운용자에 의해 정의된 지연 시간과 펄스폭을 갖는 stretched pulse 신호를 DRFM에서 출력하게 하여, 그림 3과 같이 비디오 신호에 동기를 맞추어 신호결합 분배기 내부의 핀다이오드 스위치를 On 시킴으로써 DRFM에서 구현한 stretched pulse 폭만큼 잡음신호발생기에서 공급되는 잡음을 출력하여 엠펜펄스 신호를 구현할 수 있도록 설계하였다.

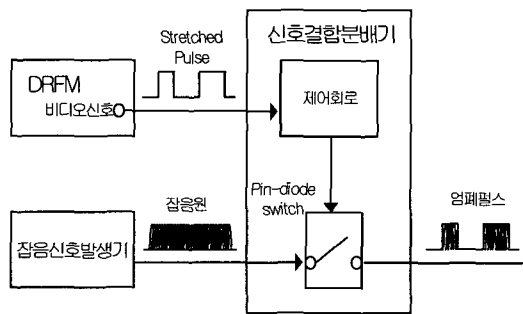


그림 3. 엠펜펄스 구현 방법

2. 기법제어기

기법제어기는 프로그래머블 감쇄기를 제어함으로써 ICS, SSR 및 LFN의 방위기만 기법 및 PDP 기법을 발생한다. 기법제어기는 수신안테나 및 수신기를 통해 입력되는 레이더 신호를 입력받아 DRFM

의 입력주파수 범위인 I 밴드 대역으로 주파수를 변환하여 DRFM으로 공급하며 DRFM의 출력을 원래의 주파수 대역으로 변환하여 신호결합분배기에 공급하는 기능을 수행한다. 그림 4는 제어회로, 고주파 모듈로 구성된 기법제어기의 계통도를 나타낸다.

제어회로는 CPU 주변회로, ICS 패턴 발생 회로, SSR&LFN 패턴 발생회로, PDP AM 제어 데이터 발생회로, DRFM 모니터 및 제어신호 발생회로, RF 경로 선택 제어신호 발생회로 및 동작상태 표시 및 발생기법 모니터 신호 발생회로로 구성하였으며 계통도는 그림 5와 같다.

ICS는 원추형 스캔을 사용하는 추적 레이더에 방위기만을 가하기 위한 기법으로 수신되는 원추형 스캔 패턴에 동기시켜 역으로 AM 변조신호를 출력하는 기법이다¹⁷⁾. ICS 패턴 발생 알고리즘은 그림 6과 같다.

기법제어기에 입력되는 원추형 스캔의 비디오 신호가 정현 패턴으로 변화할 때 이 신호를 아날로그 비교기에 입력하고 그 출력 패턴의 Duty가 50%가 되도록 문턱치를 자동 설정함으로써 수신된 원추형 스캔 레이더 신호의 스캔 패턴을 검출할 수 있다. 이 검출된 스캔 패턴을 역으로 하여 ICS 기법을 발생할 수 있다.

SSR 및 LFN은 재밍 대상 레이더가 LORO(Lobe switching on Receive only), COSRO(Conical scan on Receive only), TWSRO(Track-While-Scan on

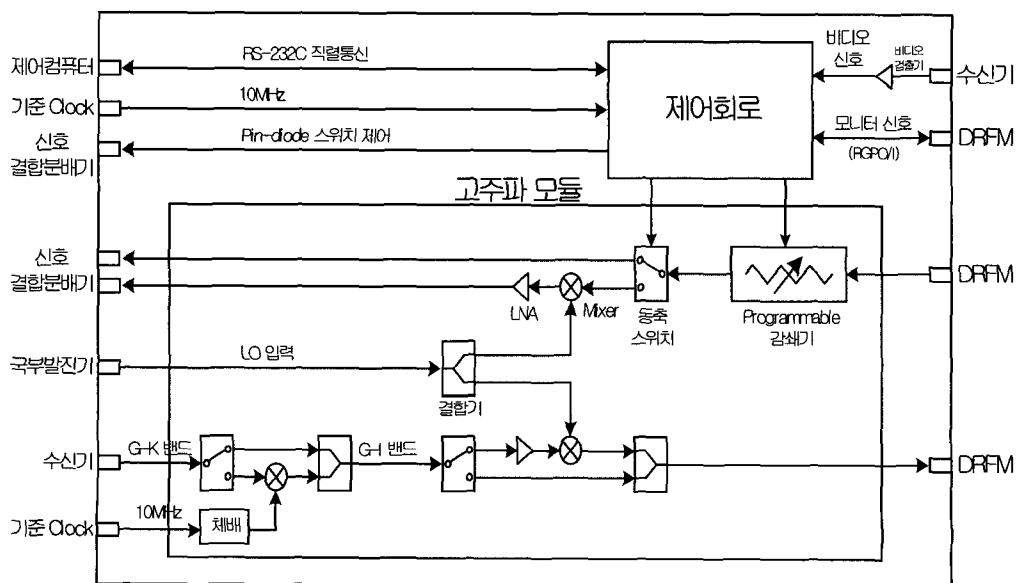


그림 4. 기법제어기 계통도

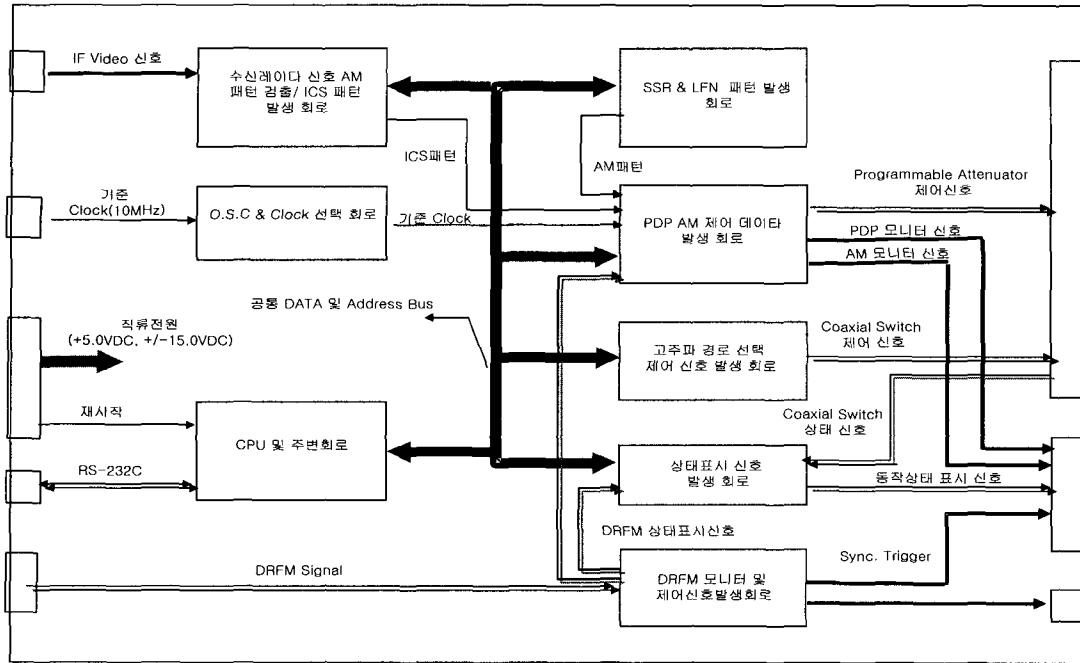


그림 5. 기법제어기 제어회로 계통도

Receive only) 스캔과 같은 추적 스캔을 운용하여 이들 레이더의 스캔율을 알지 못하는 경우에 효과적인 방위기만 기법이다⁸⁾.

SSR 및 LFN 기법의 사용률(duty cycle)은 50% 이하에서 임의의 선택이 가능하도록 설계하였다.

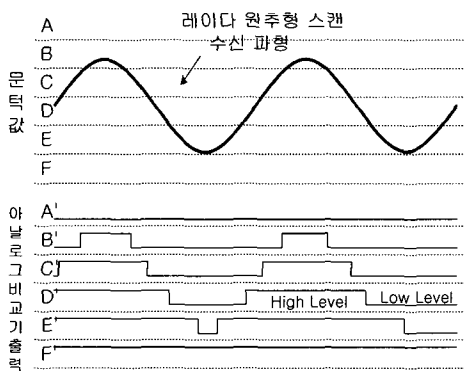
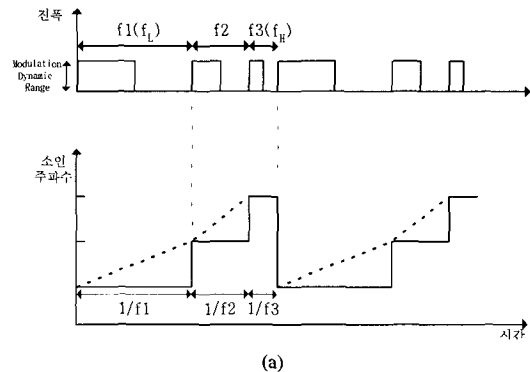


그림 6. ICS 패턴 발생 알고리즘

SSR의 소인형태는 그림 7과 같이 F_L 에서 F_H 까지 해상도 기준으로 연속적으로 변하는 비선형적인 반복 소인 형태 뿐만 아니라 F_L 에서 F_H 까지 해상도 기준으로 연속적으로 변화하되 매 유지시간마다 스캔 주파수를 반복하는 형태를 모두 구현할 수 있도록

특 설계하였다. SSR의 패턴 발생 알고리즘은 그림 8과 같으며 발생하고자 하는 유지시간, 소인주파수 및 사용률 만큼 계수한 후 각각의 유효 trigger 신호를 발생하여 SSR 패턴을 구현하도록 설계하였다. SSR 패턴 발생 회로는 EPLD(Embedded Programmable Logic Device), RAM buffer로 구성하였으며 계수범위는 1MHz 클럭 사용시 65.536ms에서 최대1KHz 클럭사용시 65sec까지이다.

LFN 발생을 위한 패턴 역시 SSR과 같은 조건으로 발생할 수 있다. LFN은 임의의 소인형태를 발생하기 위해 스캔 주파수를 임의로 가변할 수 있도록 설계하였다.



(a)

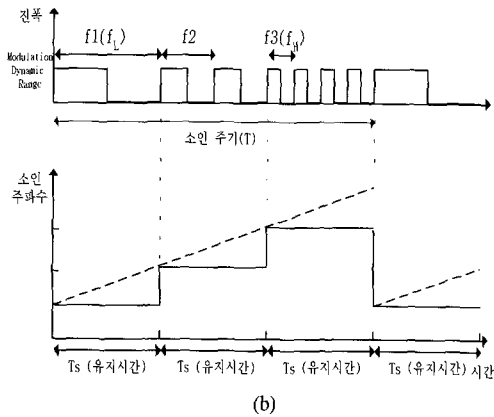


그림 7. SSR 기법 발생 형태 (a) 비선형 소인 형태 (b) 선형 소인 형태

PDP는 RGPO/I 기법과 함께 사용하여 재밍효과를 높이기 위한 출력감소/증가 기법이다. DRFM으로부터 RGPO/I 모니터 신호를 입력받아, 그림 9와 같이 모니터 신호에 동기를 맞추어 출력을 증가 또는 감소하도록 프로그래머블 감쇄기를 제어하는 감쇄량 제어 데이터를 발생한다.

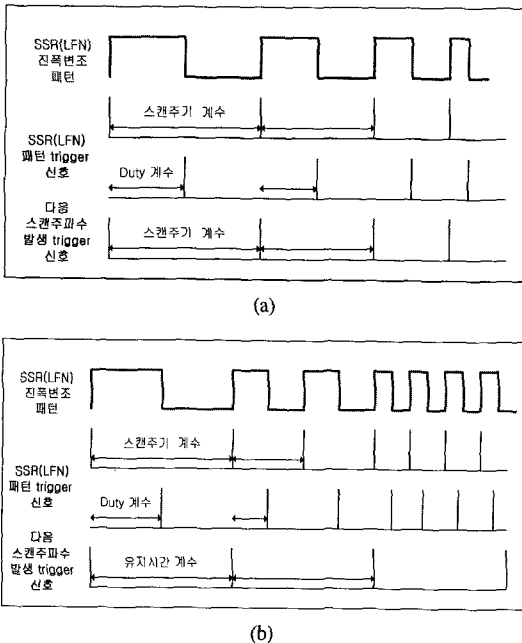


그림 8. SSR 패턴 발생 알고리즘 (a) 유지시간이 없는 경우 (b) 유지시간이 있는 경우

재밍신호 시뮬레이터는 실제 환경과 유사하게 공간 손실을 고려하여 거리기만의 지연시간에 비례하여 감쇄량이 자동 조절되도록 설계하였다.

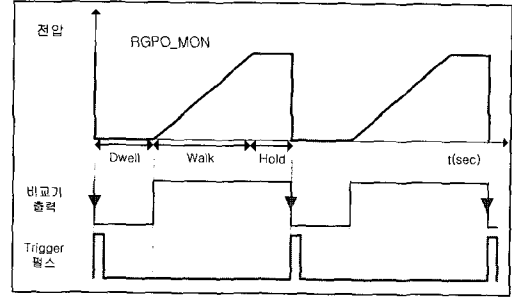


그림 9. PDP 패턴 발생 알고리즘

ICS, SSR 및 LFN 기법중에서 발생하고자하는 기법의 AM 변조 패턴과 PDP 기법의 AM 변조 패턴이 더해져 최종 프로그래머블 감쇄기로 공급될 데이터를 생성하여 출력한다. 식(3)은 프로그래머블 감쇄기에 적용된 감쇄량을 나타낸다^[9].

$$\text{공간감쇄율} = 32.44 + 20\text{Log}(F_{MHz} \cdot D_{km}) [dB] \quad (3)$$

3. 신호결합분배기

DRFM의 입력 주파수 대역폭으로 변환된 K 밴드의 레이더 신호를 기법제어기에서 입력받아 원래의 K 밴드로 레이더 신호를 주파수 상향 변환시켜 주고 주파수 매칭 대역의 고출력증폭기로 고주파신호를 결합·분배하는 기능을 수행한다. 또한 임펄스 기법을 구현하기 위해 DRFM이 신호를 출력할 때 기법제어기로부터 트리거 신호를 입력받아 신호결합분배기 내부의 편-다이오우드 스위치를 On 시킴으로써 잠음신호발생기의 잠음원을 제어한다.

DRFM, 기법제어기, 신호결합분배기, 제어컴퓨터, 잠음신호발생기 및 국부발진기로 구성된 재밍신호 시뮬레이터는 6개의 랙으로 구성된 하나의 콘솔형태로 제작하였다.

IV. 실험결과

설계 및 제작된 재밍신호 시뮬레이터의 유용성을 검증하기 위해 기반재밍기법 및 잠음재밍기법에 대한 발생능력 확인을 위한 시험장비 구성은 그림 10과 같다.

시험대상 레이더의 신호를 모사하는 레이더 신호 발생기는 1MHz의 주파수 발생 정확도를 가지며 시험대상 레이더의 기본 제원 및 EP 신호를 모사할 수 있다. 측정장비로는 주파수 분석기와 디지털 오실로스코프를 사용하였다.

그림 11, 12는 4MHz와 512MHz의 잠음 대역폭을 갖

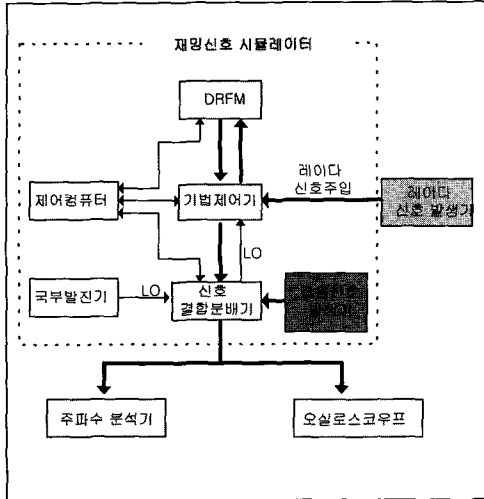


그림 10. 시험장비 구성

는 점 잡음과 광대역 잡음의 발생 결과이다. 그림 13은 16MHz의 잡음 대역폭으로 256MHz의 소인 대역폭을 200ms의 주기로 소인하는 점 소인 잡음의 결과이다. 그림 14는 20μs의 임펄스 폭을 가지며 8MHz의 잡음 대역폭을 갖는 임펄스 기법의 결과이다.

그림 15, 16은 10초 동안 75%의 속력으로 실제 표적으로부터 허위표적이 점점 멀어지는 RGPO와 점점 다가오는 RGPI 기법의 측정결과이다.

그림 17, 18은 각각 10초 동안 2.9KHz와 -1.9KHz의 도플러 주파수를 편향시키는 VGPO와 VGPI 기법의 결과이다.

그림 19는 10개의 허위표적 수를 갖는 MFT 기법발생 결과이다. 그림 20은 원추형 스캔에 대한 30dB의 스캔 진폭깊이를 갖는 ICS 기법의 결과이며,

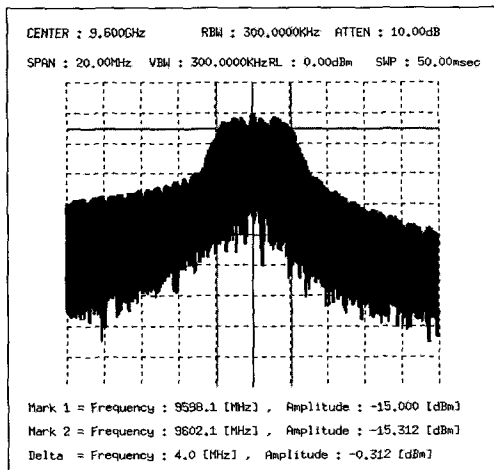


그림 11. 점잡음 발생결과(잡음대역폭=4MHz)

그림 21은 30dB의 스캔 진폭깊이와 50%의 사용률을 갖는 비선형 소인 형태의 SSR 기법 결과이며 그림 22는 1초의 유지시간을 갖는 선형 소인 형태의 SSR 기법 결과이다. 그림 23은 하한 주파수와 상한 주파수를 갖고 30dB의 스캔 진폭깊이와 50%의 사용률을 갖는 LFN 기법 결과이다.

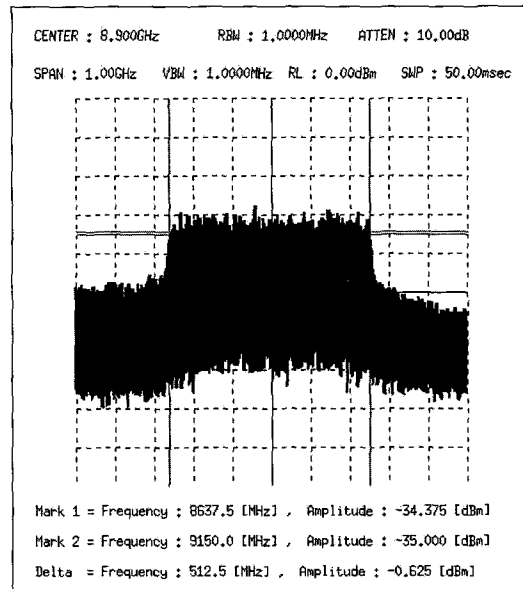
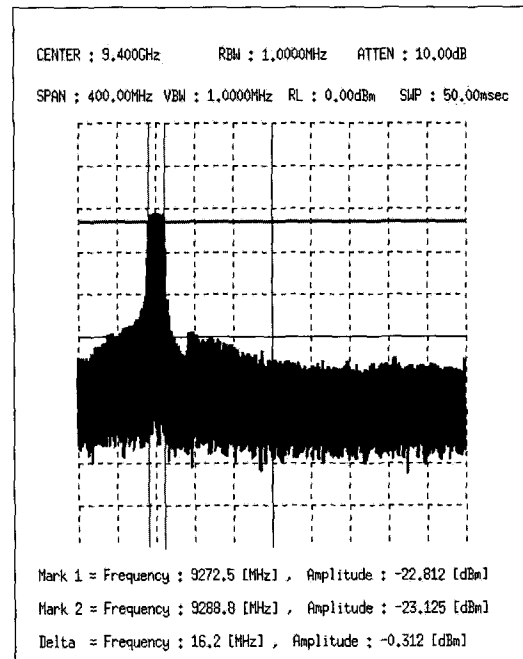
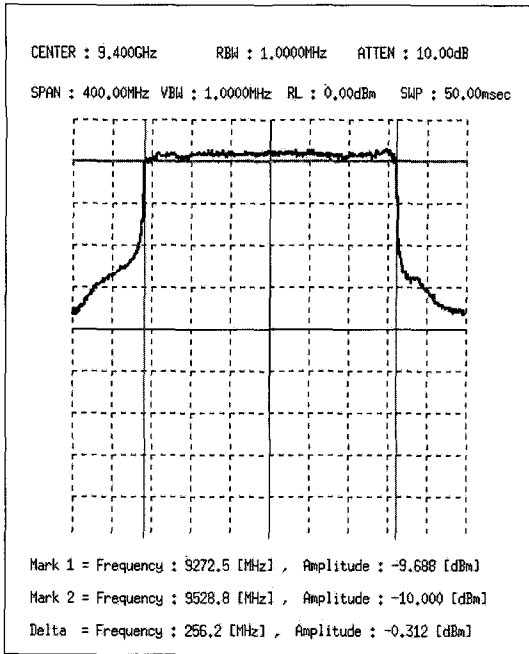


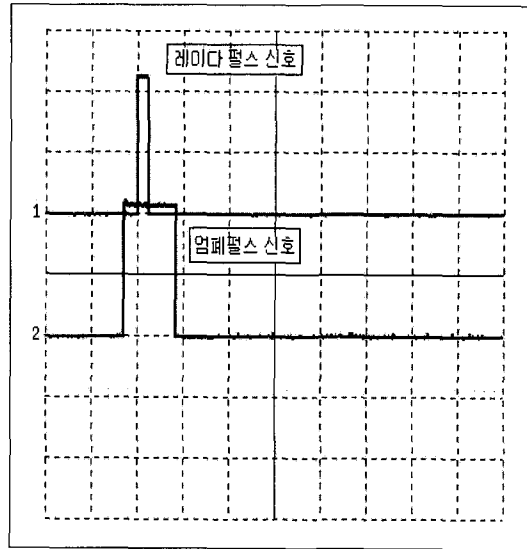
그림 12. 광대역 잡음 발생결과(잡음대역폭=512MHz)



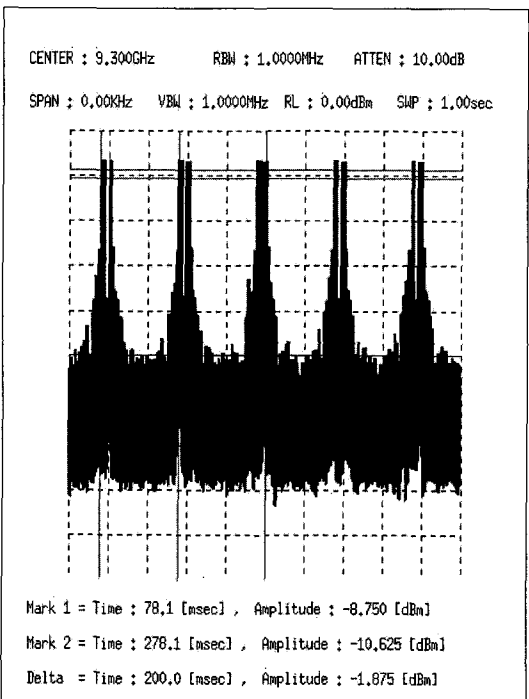
(a) 잡음대역폭(=16MHz)



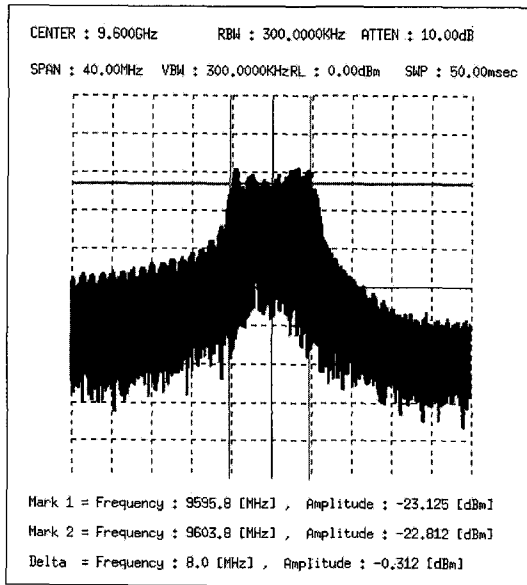
(b) 소인대역폭(=256MHz)



(a) 엄폐 펄스 발생결과(펄스 폭=20 μ s)



(c) 소인주기(200ms)



(b) 잡음신호 발생결과(잡음 대역폭=8MHz)

그림 14. 엄폐펄스 기법 발생결과

그림 13. 점 소인 잡음 발생결과

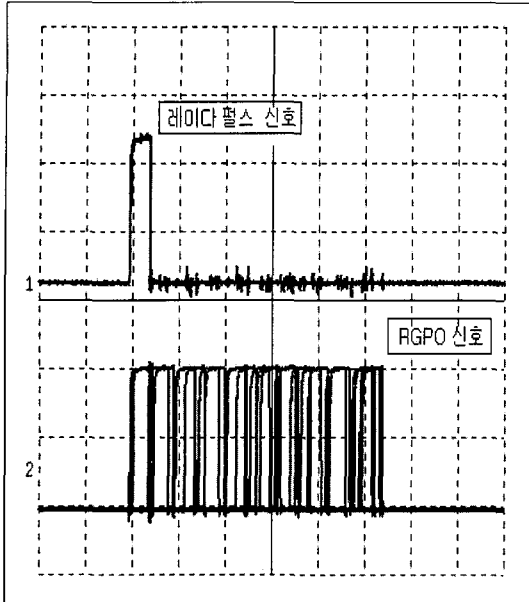


그림 15. 75 % 속력의 RGPO 발생결과

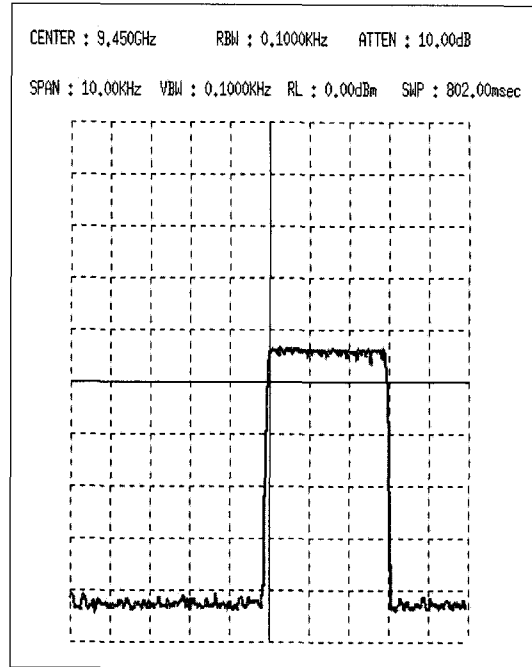


그림 17. 2.9kHz 주파수 편향 VGPO 발생결과

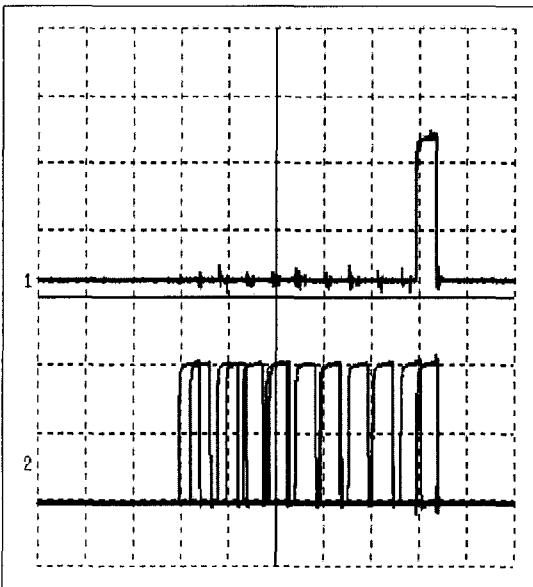


그림 16. 75 % 속력의 RGPI 발생결과

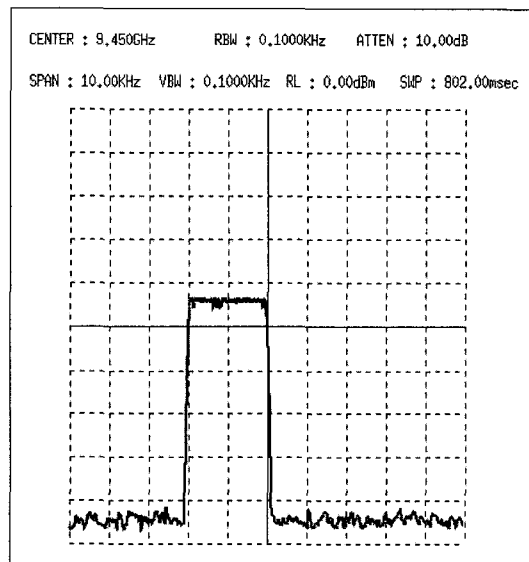


그림 18. -1.9kHz 주파수 편향 VGPI 발생결과

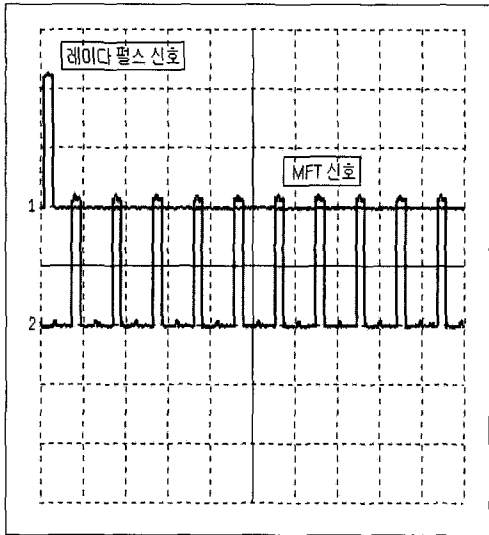


그림 19. 10개 허위표적의 MFT 발생결과

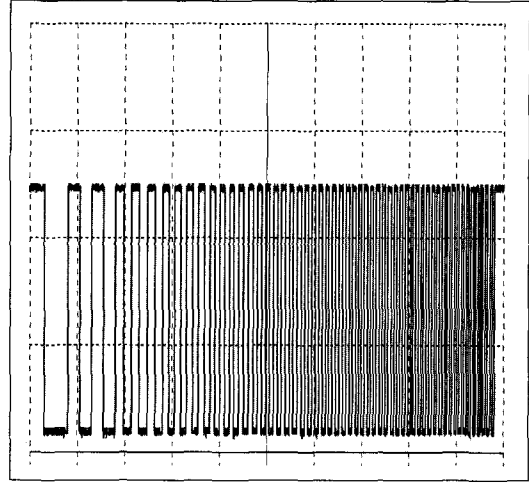


그림 22. 유지시간을 갖는 SSR 발생결과

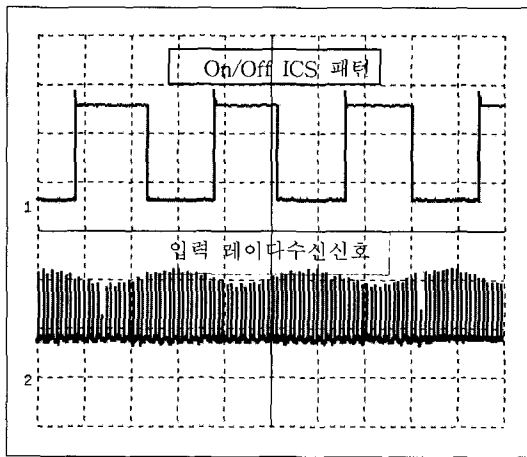


그림 20. ICS 패턴 발생 결과

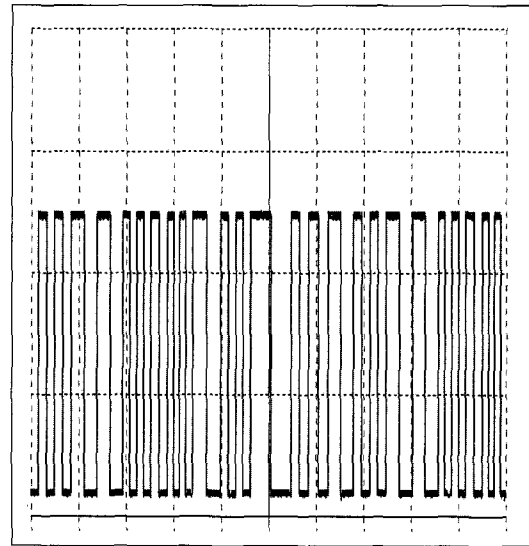


그림 23. LFN 발생 결과

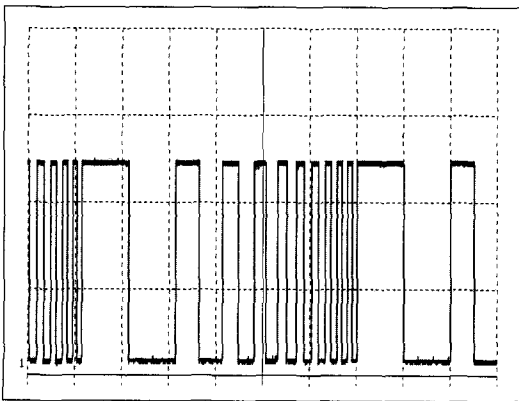


그림 21. 유지시간이 없는 SSR 발생결과

이상의 잡음 및 기만재밍 기법발생결과로부터 재밍신호 시뮬레이터의 기법 발생능력이 유효함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서 제안한 레이더 재밍신호 시뮬레이터는 레이더의 일반 운용모드뿐만 아니라 RF 가변 및 PRI 가변 등의 EP 기법에도 재밍이 가능하도록 설계하였다. 발생 가능한 재밍기법은 거리기만, 속도기만, 방위기만 및 다중허위표적의 기만재밍 기법과 점 잡음, 광대역 잡음, 점 소인 잡음, 엄폐펄스 형태

의 잡음재밍 기법을 단일 재밍 형태뿐만 아니라 복합 기반재밍 형태로 발생 가능하도록 설계하였다. 재밍신호 시뮬레이터는 제어컴퓨터, DRFM, 기법제어기, 신호결합 분배기, 국부발진기 및 잡음신호발생기로 구성하였으며, 제어컴퓨터는 자체 운용 프로그램을 내장하여 기법제어기, DRFM 및 신호결합 분배기를 제어하는 기능을 수행한다. DRFM은 거리기만, 속도기만 및 다중허위표적 재밍신호를 발생하며, 기법제어기는 ICS, SSR, LFN과 같은 방위 기반신호와 출력감소신호 및 DRFM으로부터 재밍신호를 입력받아 복합 재밍신호를 발생하도록 설계하였다. 신호결합 분배기는 광대역의 레이더 신호를 DRFM의 입력 주파수 대역폭으로 변환하여 재밍신호를 발생한 후 입력된 레이더 주파수로 변환하기 위해 국부발진기의 국부발진 주파수를 이용하여 주파수 변환 및 고주파 신호를 결합·분배하는 기능을 수행하도록 설계하였다. 이렇게 설계된 재밍신호 시뮬레이터의 재밍신호 발생능력을 계측장비 수준에서 확인함으로써 탐색 및 추적 레이더의 재밍신호 주입에 따른 EP 기법 신호 발생능력평가와 레이더 운용자 훈련을 위한 전자전 환경 제공 기능을 충분히 수행할 수 있을 것으로 판단한다.

참 고 문 헌

[1] 김봉석, "전자전 시뮬레이션 동향", 국방기술연구, vol. 4, 1995.
 [2] Joseph A. Boyd, Donald B. Harris, Donald D. King, H. W. Welch, Jr., *Electronic Countermeasures*, Peninsula Publishing, pp. 24-79, 1978.
 [3] D. Curtis Schleher, *Electronic Warfare in the Information Age*, Artech House, pp. 188-189, 1999.
 [4] HP 8791 Model 10/11/21 Frequency Agile Signal Simulators(FASS) Technical Data, HP, 1998.
 [5] Don Herskovitz, "Development of DRFM (Digital RF Memory) and DFD(Digital Frequency Discriminator)", *Journal of Electronic Defense*, pp. 57-61, Feb. 2000.
 [6] 한국전자과학회 정보전자연구회, 레이더 추적원리와 재밍기법 고찰, 한국전자과학회 정보전자연구회지, pp. 32, 2000. 9.
 [7] D. Curtis Schleher, *Introduction to Electronic*

Warfare, Artech House, pp. 145-151, 1997.
 [8] Filippo Neri, *Introduction to Electronic Defense Systems*, Artech House, pp. 370-385, 1991.
 [9] Dennis Roddy, John Coolen, *Electronic Communications*, Prentice-Hall, pp. 686, 1984.

최 성 린(Sung-lin Choi) 정회원



1982년 2월 : 단국대학교
 기계공학과 졸업
 1990년 8월 : 부산대학교
 기계공학과 석사
 1997년 3월~현재 : 부산대학교
 지능기계공학과 박사과정
 1982년 1월~현재 : 국방과학연
 구소 선임연구원.

<주관심 분야> 적응제어, 다중표적추적, 레이더 신호 처리

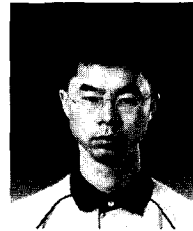
이 상 훈(Sang-hoon Lee) 정회원



1989년 2월 : 경북대학교
 전자공학과 졸업
 1991년 8월 : 경북대학교
 전자공학과 석사
 1991년 1월~현재 : 국방과학연
 구소 선임연구원.

<주관심 분야> 안테나 및 전파전파, 초고주파 회로 설계, 레이더 및 전자전 장비 시험평가

정 회 인(Hoi-in Jung) 정회원



1996년 2월 : 부산대학교
 전자공학과 졸업
 1998년 2월 : 부산대학교
 전자공학과 석사
 1998년 2월~현재 : 국방과학연
 구소 연구원

<주관심 분야> 레이더 신호처리, 음성 신호처리