

TESS(Tactical Engagement Simulation Software)를 활용한 모노펄스 방식의 미사일에 대한 재밍기법 연구

조제일, 이정훈, 안재민*

국방과학연구소, *충남대학교

jeil004@hotmail.com, ifrain@naver.com, *jmahn@cnu.ac.kr

A Study on the jamming technique for Monopulse missile using TESS(Tactical Engagement Simulation Software)

Jeil Jo, Junghoon Lee, Jamin Ahn*

Agency for Defense Development, *Chungnam National Univ.

요 약

본 논문은 모노펄스 방식의 미사일에 대해 전자전효과 분석 전문 툴인 TESS를 활용하여 기존의 모노펄스 방식에 대한 재밍 기법인 크로스 아이(Cross Eye) 재밍 기법이 아닌 복합 재밍 기법에 대한 재밍 효과를 분석하였다. 특히 전자전장비가 알 수 없는 미사일 내부 각도 서보 대역폭과 AGC 루프 대역폭에 따른 재밍 기법별 효과를 분석하였다. 미사일 내부 각도 및 AGC 서보 대역폭에 따라 거리기만 및 잡음, 잡음 + CD기법의 재밍 효과를 Miss Distance를 비교하여 분석하였으며, 시뮬레이션을 통하여 재밍에 강인하다고 알려진 모노펄스 방식의 미사일에 대해 크로스 아이 기법 이외의 복합재밍 기법도 효과적인 재밍 기법이 될 수 있음을 확인하였다.

I. 서 론

현대의 레이더 시스템에서 목표물의 각도를 추적하기 위해 모노펄스 방식을 널리 사용하고 있는데, 이 방식은 기존의 각도 추정방식에 비해 재밍 신호에 강인하다[1][2]. 모노펄스 방식에 대한 효과적인 재밍 기법은 모노펄스 레이더로 수신되는 전파면을 왜곡시켜 추정 오차를 발생시키는 크로스 아이 기법이 있으나, 구현이 매우 어렵다는 단점이 있다.

전자파를 이용하여 적 미사일이나 레이더를 교란하는 전자전장비인 재밍기는 상대 신호를 수신/분석하여 식별한 후 사전에 저장된 최적의 재밍 기법을 송신한다. 이때 미리 저장된 재밍 기법은 다양한 경로를 통하여 얻은 위협정보와 함께 실 위협을 구하여 최적의 재밍기법을 찾아낸다. 그러나 수많은 종류의 대상 위협을 모두 구하여 최적의 재밍 기법을 미리 찾아내기란 현실적으로 불가능하다. 또한 일반적으로 미사일 내부 특성에 따라 재밍 기법에 대한 재밍 효과가 달라진다[3].

이에 본 논문에서는 전자전 재밍 효과 분석 전문 소프트웨어인 TESS를 활용하여 재밍에 강인한 모노펄스 방식의 미사일 내부 특성, 그중에서 각도와 AGC 서보 대역폭에 따른 재밍 기법별 재밍 효과를 분석하고 크로스 아이 기법이 아닌 모노펄스 방식 미사일에 효과적인 복합 재밍 기법에 대해 분석하였다.

II. 본론

1. 모노펄스 방식의 레이더

모노펄스 시스템은 그 명칭에서 알 수 있듯이 한 개의 송신펄스로부터 각도 오차를 추정함으로써 펄스 간 진폭변화에 따른 영향을 받지 않는다. 모노펄스 레이더 중에서 가장 널리 쓰이는 진폭비교 방식은 다수 개의 안테나 및 급전 혼을 사용하여 각 안테나의 빔 지향각도가 공간상에서 편향되어 동시에 전송 및 수신되도록 한다. 각도 측정값은 공통된 탐지영역에 포함되어 있는 인접 빔의 수신신호 진폭에 대한 합 패턴(Σ)과 차 패턴

(Δ_{AZ} , Δ_{EL})으로부터 계산된다.

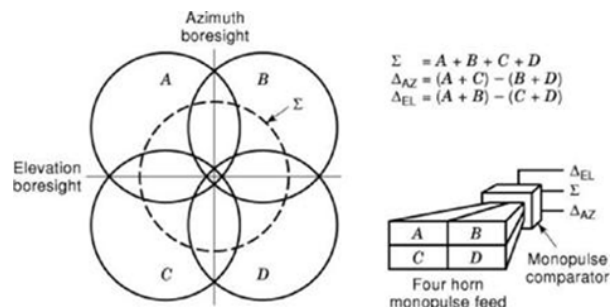


그림 1. 모노펄스 방식의 원리

2. 추적 레이더 내부 구조

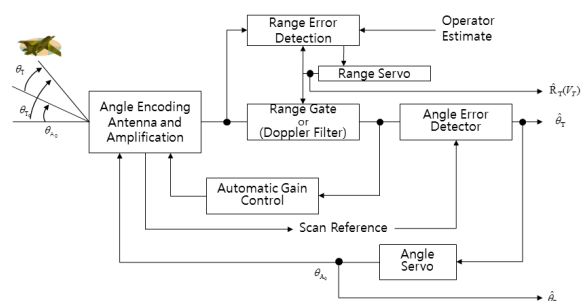


그림 2. 일반적인 추적 레이더 내부 구조

그림 2는 일반적인 추적 레이더 내부 구조를 나타낸 것이다. 추적 레이더는 목표물의 각도,거리 추적을 위해 각각에 대한 서보(servo)가 존재한다. 일반적으로 이들 서보는 저대역필터 특성을 가지고 있으며, 밴드폭에 따라 추적 응답특성이 달라진다[3][4]. TESS는 이러한 거리, 각도 서보와 함께 AGC 서보도 모델링되어 각 서보 밴드폭에 따른

재밍효과를 분석할 수 있다.

3. 재밍기법

본 논문에서 사용한 재밍기법은 디지털 고주파 기억장치(DRFM: Digital Radio Frequency Memory)를 이용하여 수신한 펄스를 저장하여 증폭 후 시간지연 후 재송신하는 거리기만 재밍 기법과 잡음재밍, 재밍 송신 신호를 일정 주기에서 듀티율을 낮추면서 on-off하는 CD(Count Down)방법을 사용하였다. CD 기법은 잡음 재밍 신호에 대해 적용하였으며, 적용된 기법의 개념은 그림과 같다.

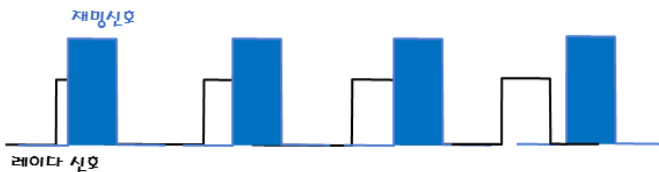


그림 3. 거리기만 재밍

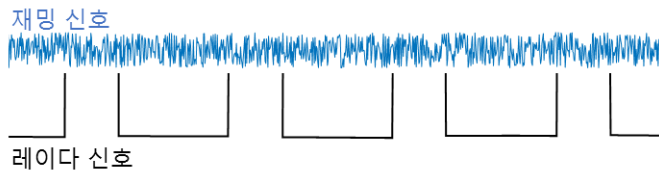


그림 4. 잡음 재밍

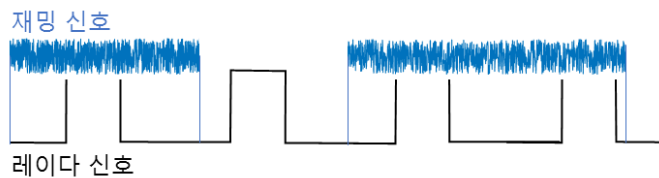


그림 5. 잡음+CD 재밍

4. 시뮬레이션 조건

본 논문에서는 재밍효과를 판단하기 위해 캐나다 TTI사의 TESS를 활용하여 지상에서 5km 떨어진 항공기를 향해 발사한 모노펄스 방식의 미사일의 내부 각도와 AGC 서보 대역폭에 따른 재밍 기법별 재밍 효과를 Miss Distance를 구하여 비교하였다. 특히, AGC 서보 대역폭은 알려진 범위의 최대, 최소값인 30Hz, 50Hz를 사용하였다[4]. 그 외 주요 레이더 신호 특성값은 다음과 같다.

변수	주파수	PRI	PW
설정값	9GHz	0.33μs	300ns

5. 시뮬레이션 결과 및 분석

1) 거리기만 과 잡음 재밍 재밍 시

거리기만과 잡음 재밍만을 사용하였을 때 레이더 내부 서보 대역폭과 상관없이 Miss Distance는 0으로 모노펄스 방식의 미사일에 대해 재밍 효과가 없음을 확인하였다.

2) 잡음+CD 기법으로 재밍 시

레이더 내부 각도 서보 대역폭을 1Hz에서 10Hz까지 1Hz 단위로 증가시키면서 각 서보 대역폭에 대해, CD 기법의 주기를 0.1~10Hz를 0.1Hz씩 가변하면서 Miss Distance를 분석하였다. 이때 CD 기법의 듀티율은 최대 90%, 최소 70%, 10%/sec로 가변하도록 설정하였다.

결과에서 보듯이 AGC 서보 대역폭과 각도 서보 대역폭에 상관없이 CD 주파수가 3Hz일 때 재밍이 가장 효과적인 것을 확인 할 수 있다.

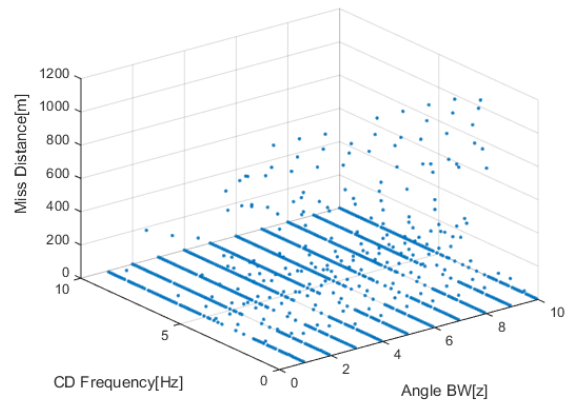


그림 6. AGC 서보 대역폭이 50Hz일 때 결과

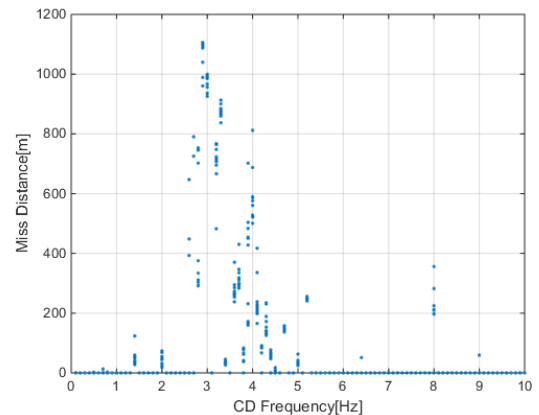


그림 7. AGC 서보 대역폭이 30Hz일 때 결과

(CD 주파수에 따른 Miss Distance만 도시)

III. 결론

본 논문에서는 TESS를 이용하여 모노펄스 방식의 미사일 내부 각도 및 AGC 루프 대역폭에 따른 재밍 기법별 효과를 Miss Distance로 비교하였다. 모노펄스 방식 미사일의 최적의 재밍 기법으로 알려진 크로스 아이 기법을 적용하지 않고도 잡음 재밍과 CD 기법을 동시에 활용한 복합 재밍 기법으로 미사일 내부 각도 루프 대역폭과 상관없이 재밍이 가능함을 알 수 있었다. 이는 구현이 어려운 크로스 아이 방식의 재밍을 사용하지 않더라도 기존 재밍을 활용할 수 있다는 점에서 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 향후 추가적으로 미사일 내부 구조와 재밍 기법의 상관관계에 대한 이론적 분석과 함께 실제 하드웨어를 통한 검증은 통해 본 논문에서 제안한 재밍 기법의 효용성을 확인한 후, 실제 재밍 시에도 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] S. M. Sherman, "Monopulse Principles and Techniques," Artech House, 1984.
- [2] 장연수, 이창훈, "단일 송신기 구조의 크로스 아이 기법," 한국군사과학기술학회지, Vol. 19, No. 5, pp. 598-605, 2016년 10월.
- [3] August Golden Jr. "Radar Electronic Warfare," AIAA Education Series, 1987.
- [4] Filippo Neri, "Introduction to Electronic Defense Systems," Artech House, 2001.