

위상배열 레이더 위협에 대한 전자전 대응능력 분석

전자전소프트웨어실

중사 최민준

중위(진) 신동인

발표 순서

The background of the slide is a faded, light blue image of a mobile missile launcher truck. The truck is positioned on the left side, angled towards the right. A missile is shown in the process of being launched from the truck's launcher, with a large plume of white smoke and fire at its base. The truck has multiple axles and a large cab. The overall scene is set in a hazy, outdoor environment with some distant hills visible.

연구 개요

연구 방법

연구 내용

질의 응답



연구 개요

연구 개요

KF-21 AESA 레이더 독자 개발 정조대왕함(SPY-1D), 천궁(MFR) PESA 레이더 사용

KF-21 AESA 레이더 개발 뉴스

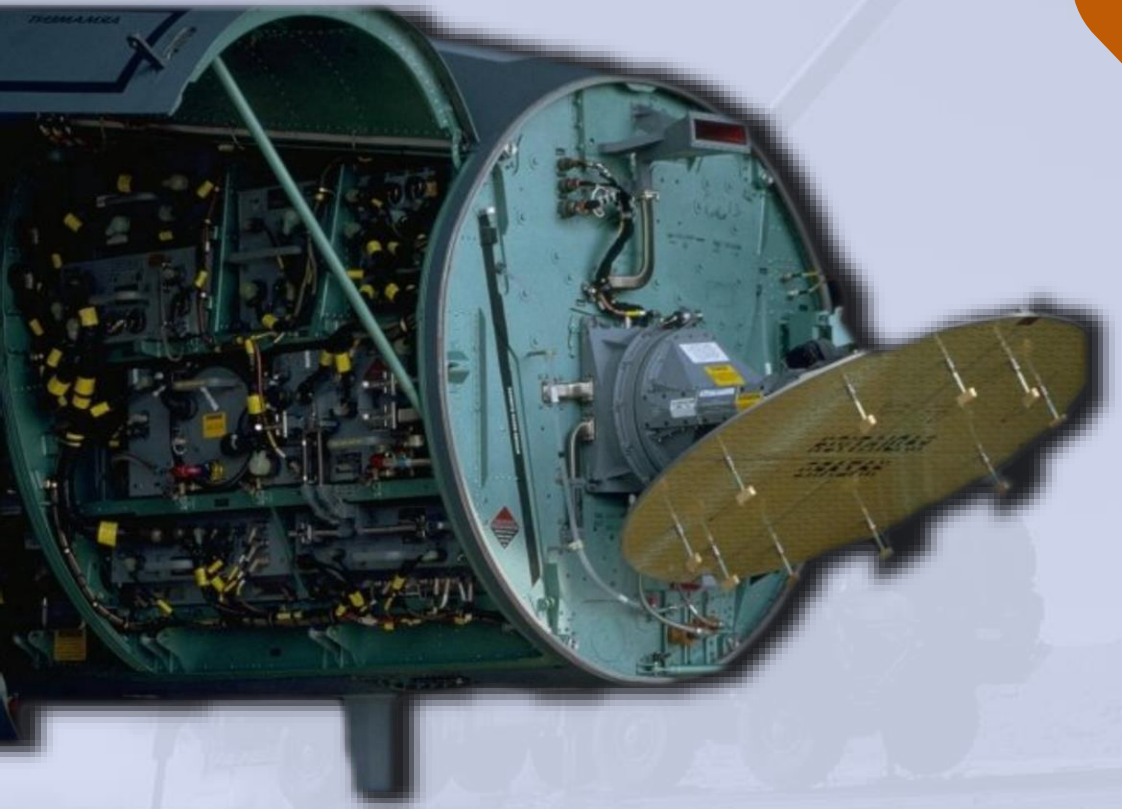


정조대왕함, 천궁 개발 뉴스



연구 개요

기계식 레이더의 문제점



01



기계식 주사 방식

레이더 주사 방향을 바꾸기 위해선
레이더가 바라보는 방향이 같이 이동

02



높은 RCS

레이더 구동 축으로 인한 높은 RCS 발생
적 레이더에 피탐 확률 상승

03

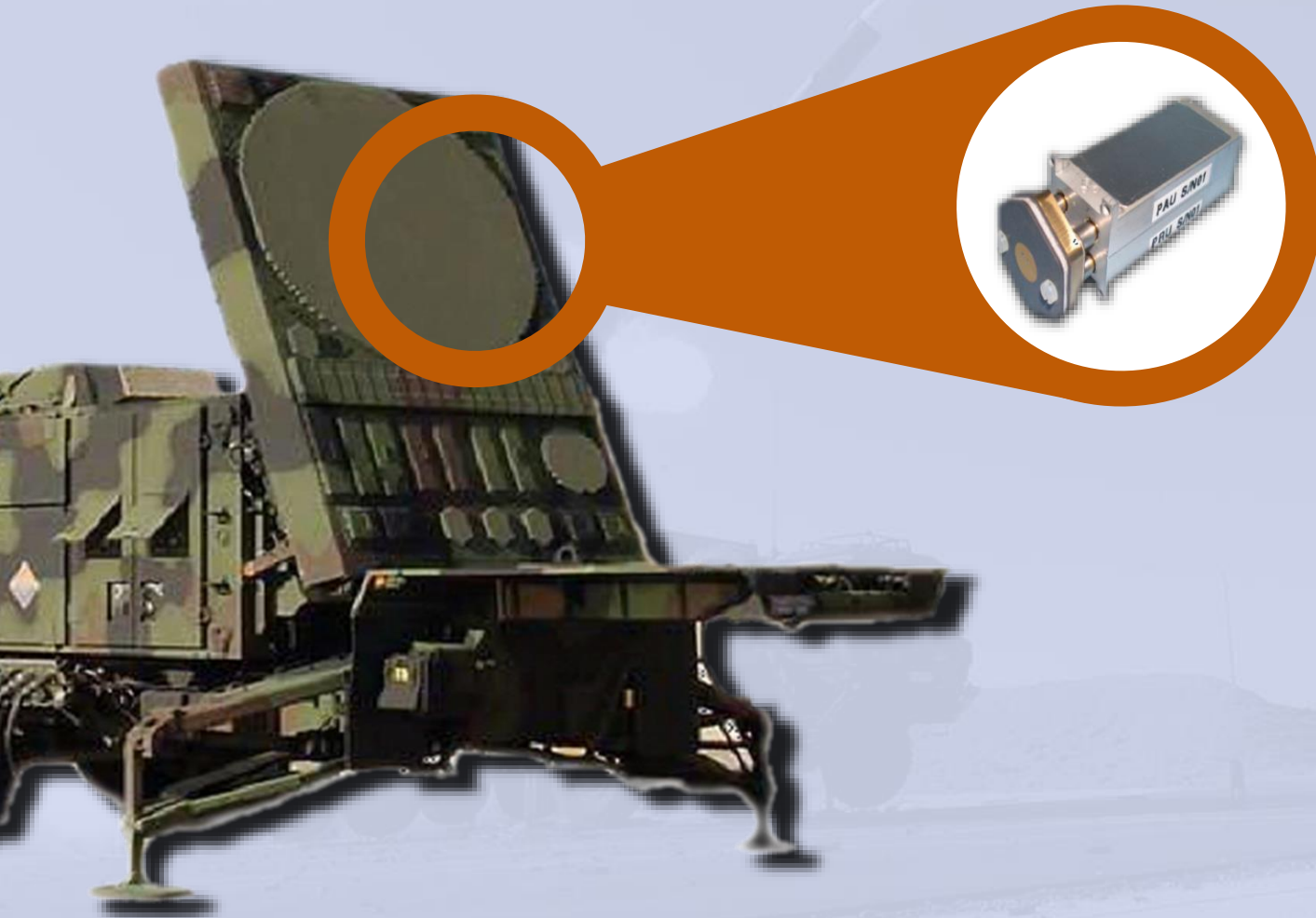


결함 발생 시 사용 불가

핵심 부품 결함 발생 시
단계적 성능 저하가 아닌 모든 기능 사용 불가

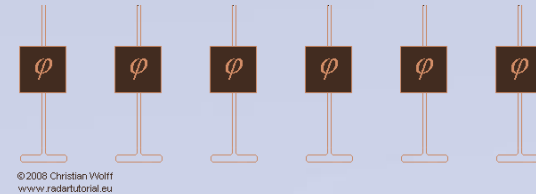
연구 개요

기계식 레이더의 단점을 보완하기 위해 위상배열 레이더 개발



수백 ~ 수천개의 송수신 모듈

각 송수신 모듈엔 위상변위기 장착
위상 변위를 통해 빔 송신 방향 변경 가능



연구 개요

위상배열 레이더의 장점



01



전자식 주사 방식

위상 변조를 통한 빔 조향 각도 변경 가능
기계식 레이더 90도 변경 시 0s -> 위상배열 레이더 : 0ms

02



낮은 RCS

상향 각도 설계 및 구동 축 제거로 RCS 저하
적 레이더에 피탐 확률 저조

03



단계적 성능 저하

송수신 모듈 결함 시에도 자체 보정을 통한
레이더 성능 및 기능 유지 가능



연구 방법

01



위상배열 레이더의 신호 특징

능동추적, 단일 펄스 등
전자전 대응이 어렵게 하는 특징 분석

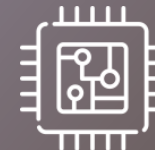
02



전자전 장비의 대응 여부

아날로그 기술 기반 전자전 장비의
위상배열 레이더 대응 능력 분석

03



차세대 전자전 장비 개발 동향

4차 산업혁명 기술 접목,
AESA 탑재 등 신기술 개발 현황

논문, 기술서적 분석 & 모의 시험

단일 펄스 LFM 파형에서 표적 속도 추정 방법

Target Velocity Estimation Method Using the Single-Pulse LFM Waveform

김태형 · 박준현 · 박준태 · 박성호 · 유성현 · 강연덕

Tae-Hyung Kim · June-Hyune Park · Joon-Tae Park · Sung-Ho Park · Seong-Hyun Ryu · Yeon-Duk Kang

요 약

펄스 레이더에서 LFM(linear frequency modulation) 파형은 펄스 압축 후에 좋은 도플러 내성과 낮은 부엽 레벨 특성 때문에 많이 사용된다. 반면에 좋은 도플러 내성 때문에 단일 펄스 LFM 파형으로 표적의 도플러 속도를 추출하기가 쉽지 않다. 단일 펄스의 송수신만으로 표적의 거리와 속도 탐지가 가능하려면 여러 임무를 수행해야 하는 다기능 레이더에서는 자원관리 측면에서 이점이 많다. 본 논문에서는 단일 펄스 LFM 파형으로 표적의 속도를 추정하는 방법을 제시한다. 제안한 방법은 LFM 파형의 펄스 압축에서 나타나는 거리-도플러 결합(range-Doppler coupling) 현상과 정합 필터(matched filter)와 신호의 도플러 주파수 불일치에 의한 SNR(signal to noise ratio) 손실 현상을 이용한다. 제안한 방법은 표적의 거리 탐지 후에 추가적인 두 번의 정합 필터링 처리 등을 통해 적은 계산량으로 표적의 속도를 추정할 수 있으며, 시뮬레이션을 통해 그 기능과 성능을 확인하였다.

Abstract

Linear frequency modulation(LFM) waveforms in pulsed radars are extensively used owing to their excellent Doppler tolerance and low side-lobe level characteristics after pulse compressions. On the contrary, it is difficult to determine target Doppler velocity from single-pulse LFM waveforms because of their excellent Doppler tolerance. If it is possible to detect the range and velocity of targets with only single-pulse transmission and reception, multi-function radars can gain advantages in terms of resource management. In this paper, we propose a method of estimating target velocity using single-pulse LFM waveforms. The proposed method uses range-Doppler coupling and signal to noise ratio loss effects due to Doppler frequency inconsistency between the matched filter and signal during pulse compressions. The proposed method can estimate the target velocity from a few computations through two additional matched filtering processes after the target range detection, and its function and performance are verified via simulations.

Key words: LFM Waveforms, Single-Pulse Doppler Estimation, Matched Filter, Pulse Compression, Range-Doppler Coupling

I. 서 론

여러 임무를 수행해야 하는 다기능 레이더에서 단일 펄스의 송수신만으로 표적의 거리와 속도 탐지가 가능하면 좋은 드웰(dwell) 시간으로 표적의 거리와 속도를 탐

지할 수 있기 때문에 효율적인 자원관리 측면에서 이점이 많다. 여러 개의 가간성(coherent) 펄스들을 이용한 속도 탐지는 도플러 분해능 및 클러터 제거 측면에서 유리하지만 좋은 드웰을 형성하기 힘들다. PCM(pulse code modulation) 파형을 이용해 단일 펄스로 거리와 속도를 탐

논문 분석

PHASED ARRAY ANTENNA HANDBOOK THIRD EDITION

ROBERT J. MAILLOUX

기술서적 분석



RWR MDF 개발/시험 장비 활용 모의 시험



연구 내용

01



위상배열 레이더의 신호 특징

능동추적, 단일 펄스 등
전자전 대응이 어렵게 하는 특징 분석

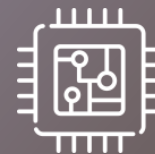
02



전자전 장비의 대응 여부

아날로그 기술 기반 전자전 장비의
위상배열 레이더 대응 능력 분석

03



차세대 전자전 장비 개발 동향

4차 산업혁명 기술 접목,
AESA 탑재 등 신기술 개발 현황

연구 내용

위상배열 레이더의 신호 특징

지속 추적, TWS

능동 추적

지속 펄스 송신

단일 펄스

고출력 신호 사용

LPI

인터리빙(Interleaving)이란?

01

사전적 정의

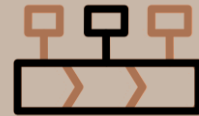
직물이나 베를 짤 때 날줄을 씨줄에 “끼운다”는 의미



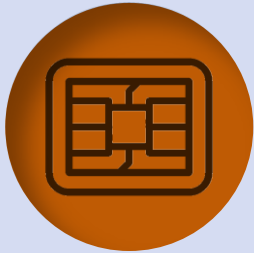
02

레이더에서의 정의

주어진 시간을 효율적으로 스케줄링하여 다양한 작업을 수행
상황인식, 표적 추적, 미사일 유도 등



능동 추적 - 개요



위상배열 레이더

- 인터리빙 활용 공대공 탐색, 지상 매핑 도중 필요 시 능동 추적 변경 후 목표 추적
- 전투기 : 00ms 마다 00ms / SAM : 000ms 마다 0ms

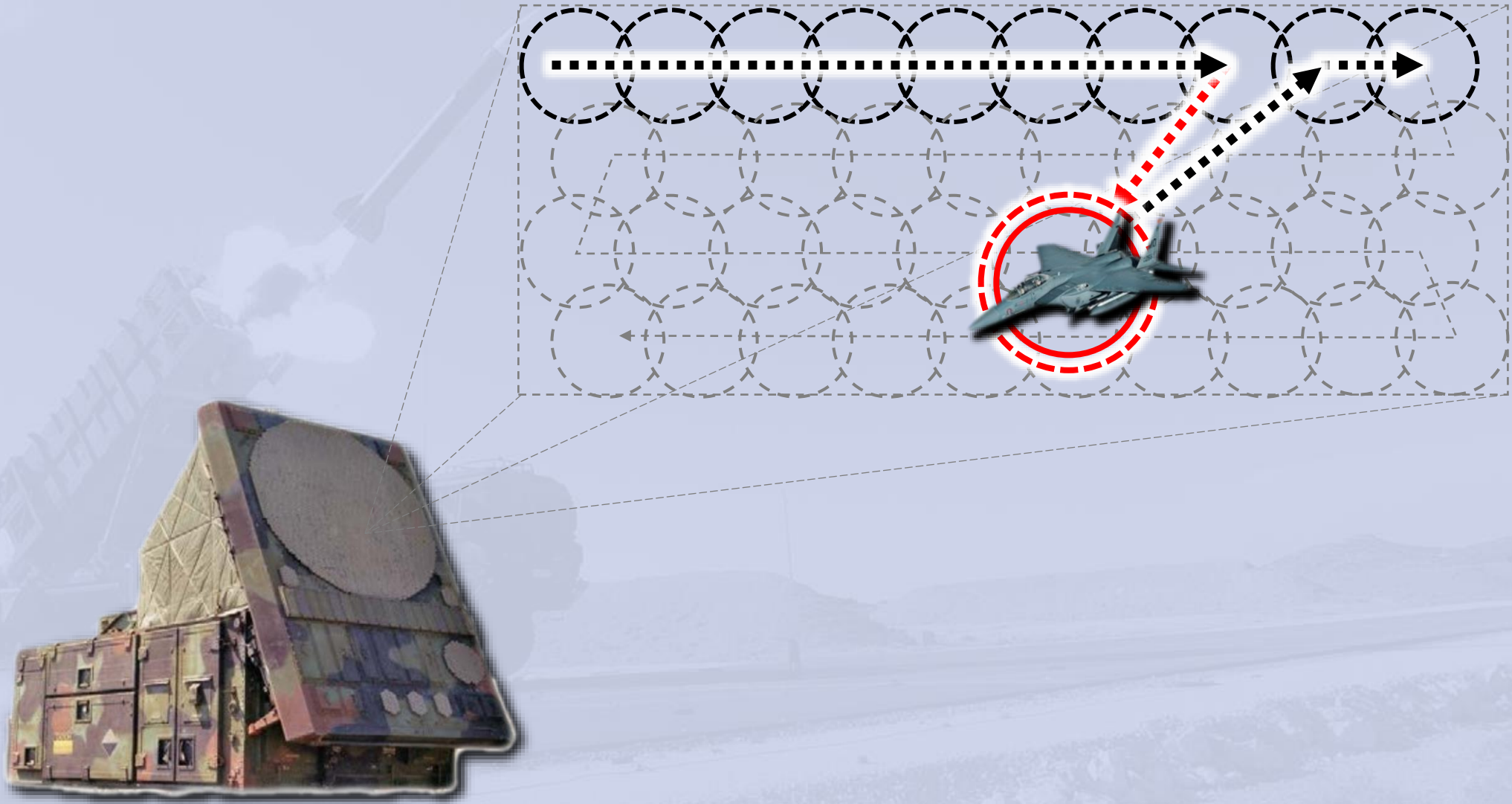


재래식 레이더

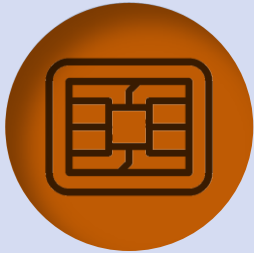
- 목표 추적 시 빔 지속 송신, 혹은 TWS 활용 00ms 마다 추적

연구 내용

이동 추적 - 예시



단일 펄스 - 개요



위상배열 레이더

- Dwell 시간 동안 단일 펄스로 목표 추적
- 목표와 거리에 따라 펄스 폭 조절



재래식 레이더

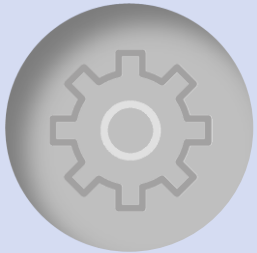
- 시간 구분 없이 펄스 지속 송신
- 목표와 거리에 따라 펄스 반복 주기 조절

LPI - 개요



위상배열 레이더

- 적 전자전 장비의 탐지를 어렵게 만들기 위해 LPI 기법 활용
- 주파수 스펙트럼 확산, 펄스내 변조 사용

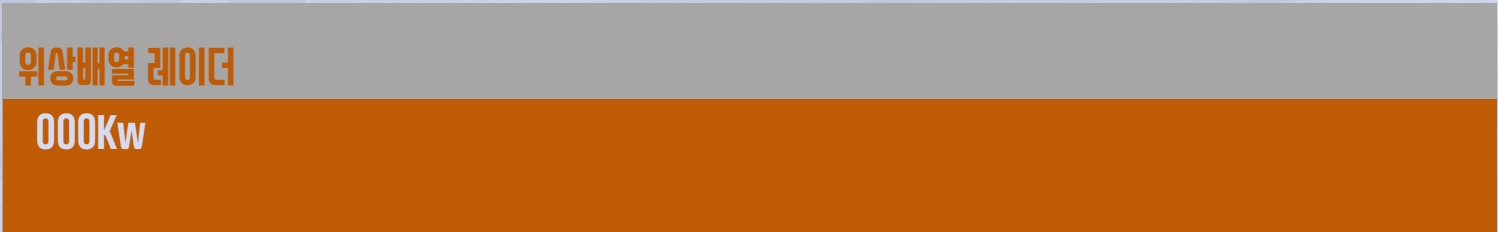
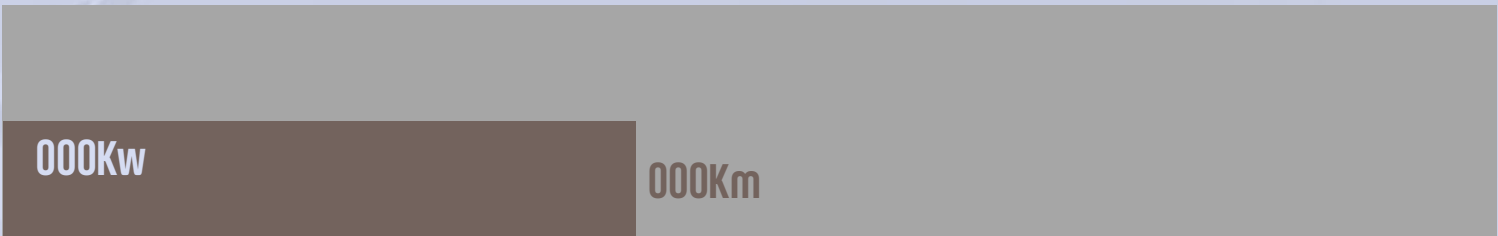


재래식 레이더

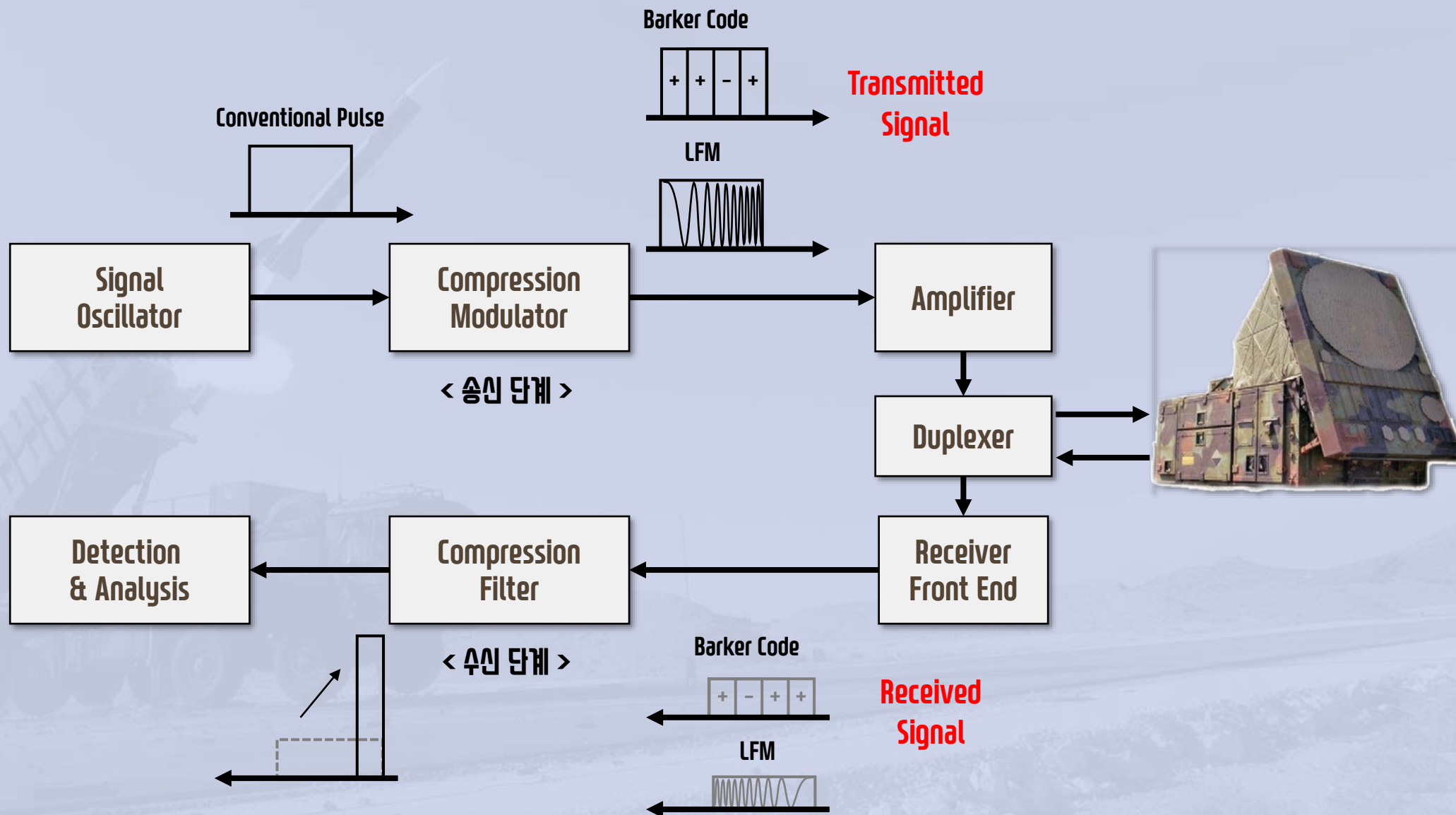
- 출력 제어 미수행으로 적 전자전 장비 탐지 가능

연구 내용

LPI - 예시



000Km



연구 내용

전자전 장비 개요



RWR(Radar Warning Receiver)



레이더가 방사하는 신호 수신
신호 정보와 MDF 비교
레이더 종류, 위치, 상태 식별
ES(Electronic Support)
슈퍼 헤테로다인 수신기 기반



Jammer



능동적 형태의 전자 공격
반사파 수신을 막는 잡음 재밍
레이더를 기만하는 기만 재밍



CMDS(Countermeasure Dispense System)

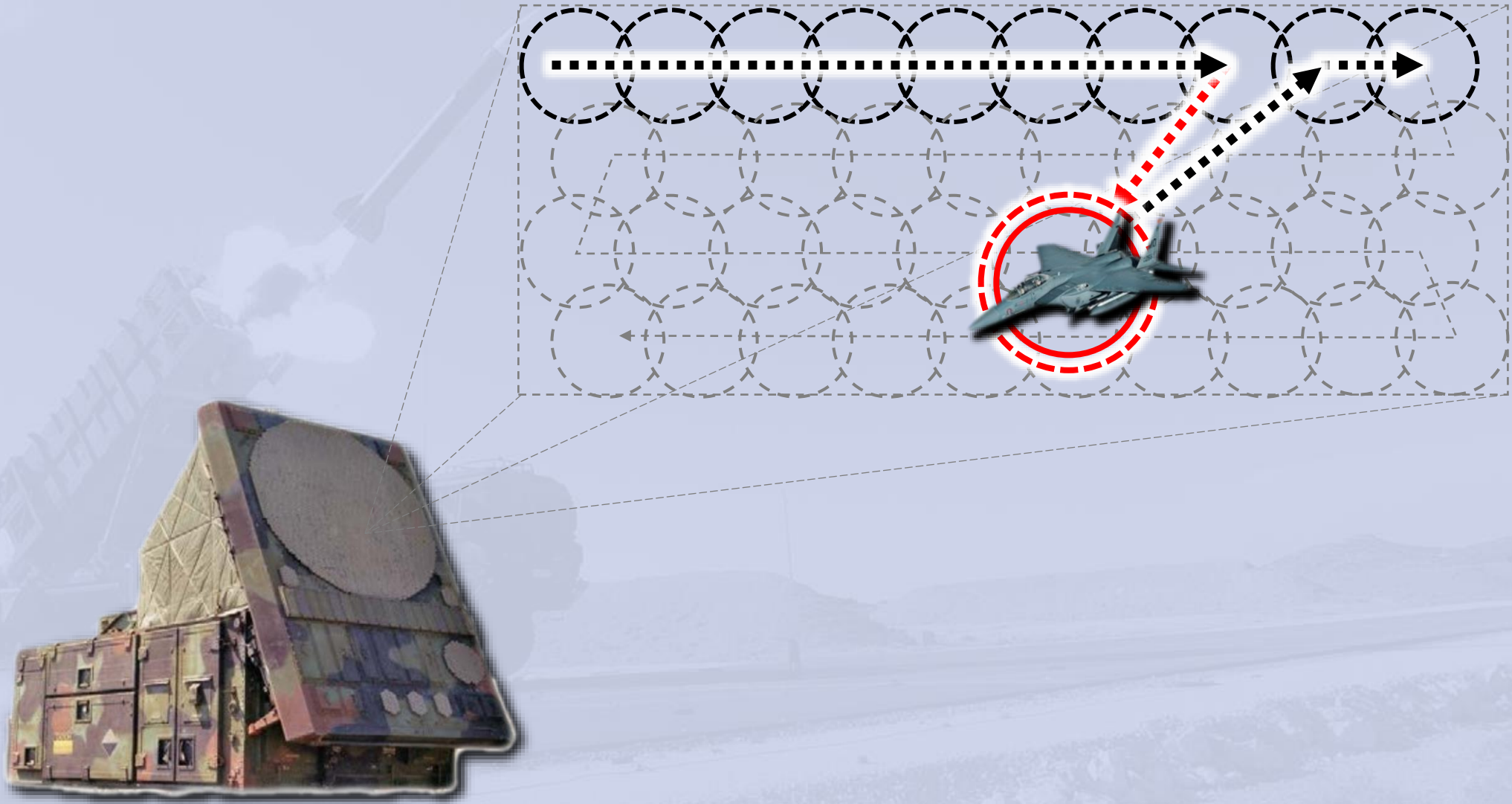


수동적 형태의 전자 공격
Chaff : 레이더 신호 반사 및 큰 RCS 생성
Flare : 고열 발화체로 열추적 미사일 기만

항공기 전자전

연구 내용

능동 추적에 대한 전자전 대응



능동 추적에 대한 전자전 대응 - RWR 대응



Search

능동 추적에 대한 전자전 대응 - RWR 대응 실험



Type 000

구축함 및 항공모함 탑재 화력 통제 레이더

- 0 밴드 AESA
- 최대 탐지 거리 : 약 000km

능동 추적에 대한 전자전 대응 - RWR 대응 실험

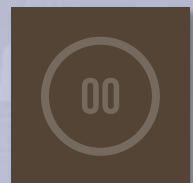
RWR 활용 대응 시험 결과



정상 시험



부분 시험

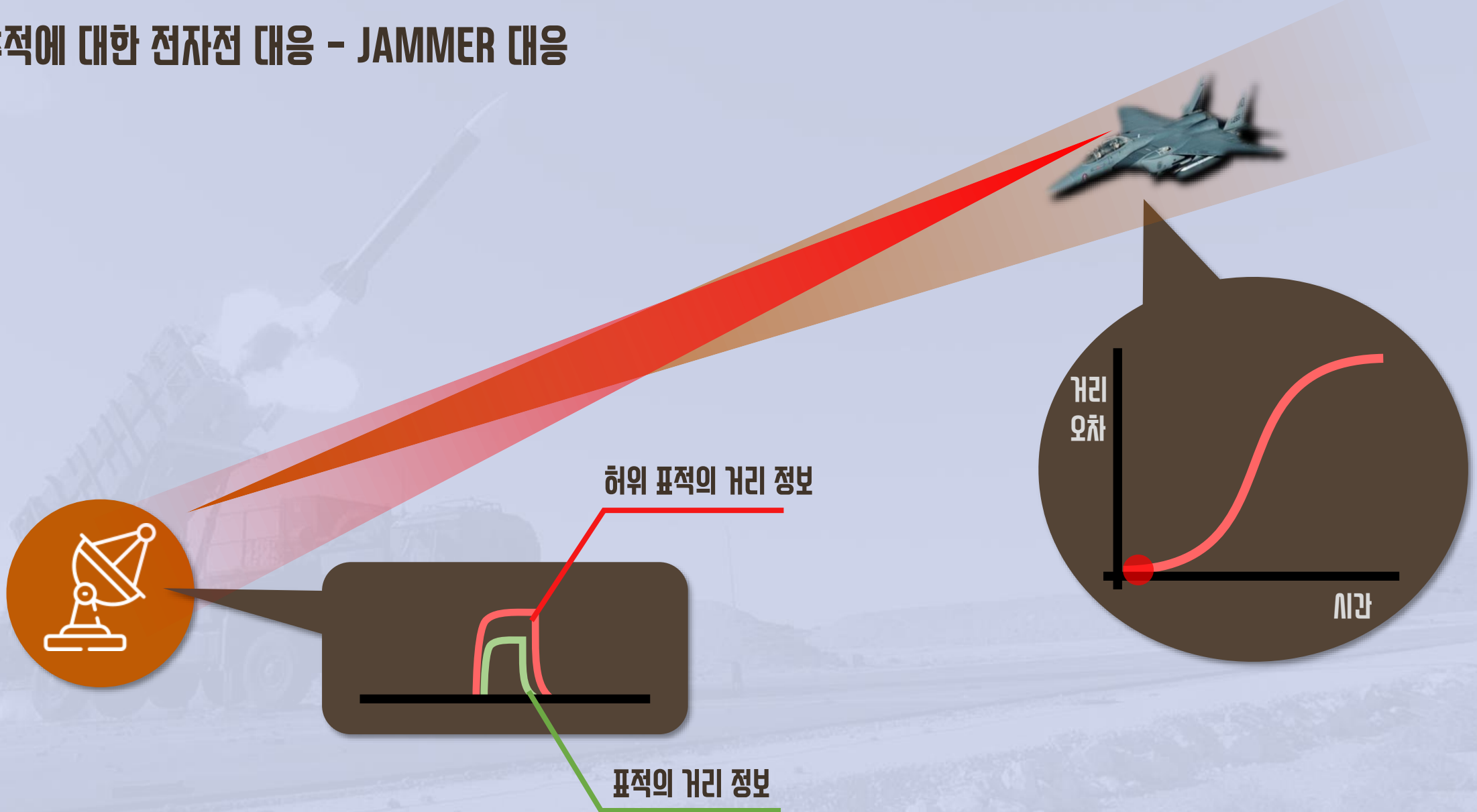


미 시험



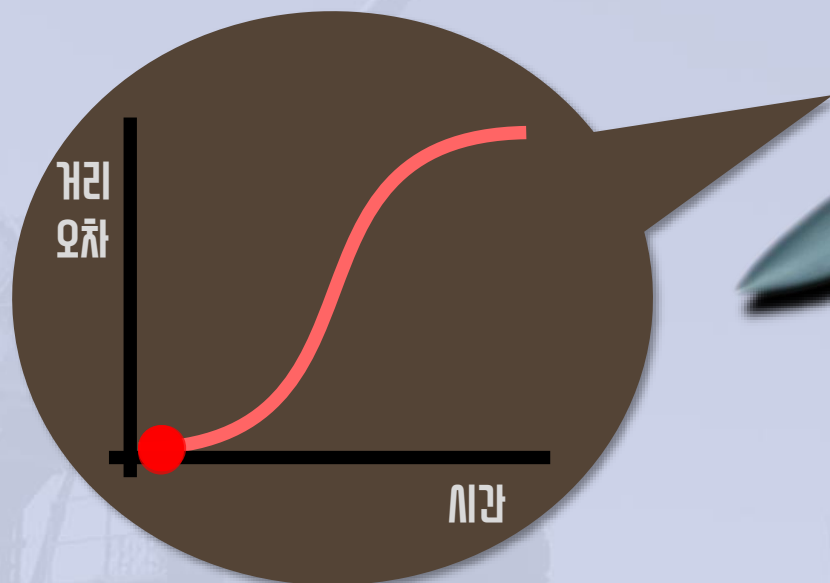
연구 내용

능동 추적에 대한 전자전 대응 - JAMMER 대응

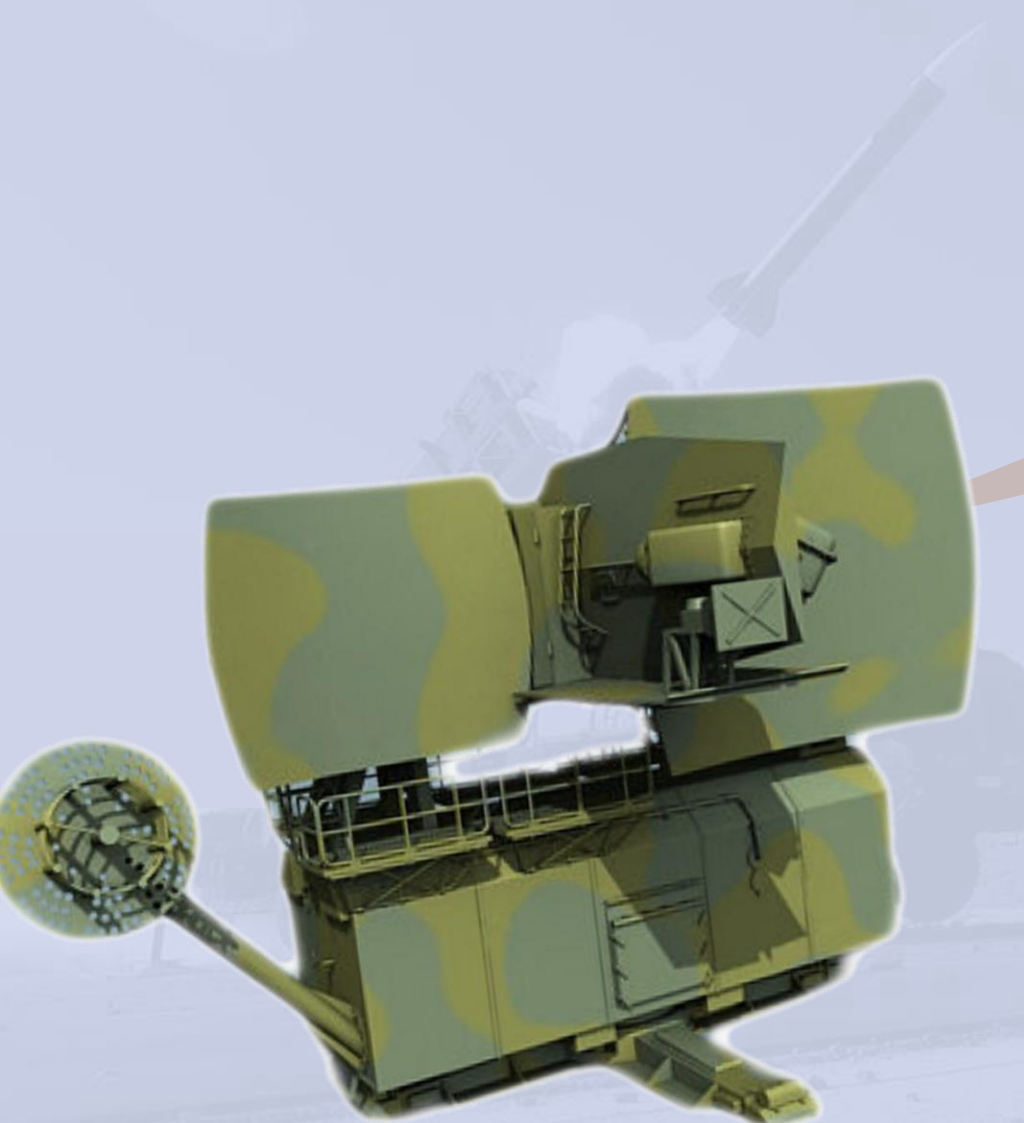


연구 내용

능동 추적에 대한 전자전 대응 - JAMMER 대응



단일 펄스 / LPI에 대한 전자전 대응 - 재래식 레이더와 비교



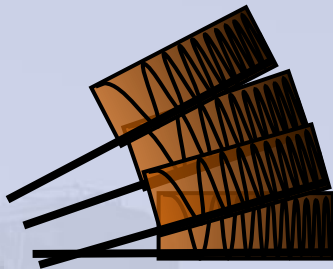
주파수	도착시간	펄스 폭	각도	세기
3000Mhz	0us	1us	0°	-15dBm
3000Mhz	10us	1us	0°	-14dBm
3000Mhz	20us	1us	0°	-16dBm
3000Mhz	30us	1us	0°	-12dBm



주파수 타입	주파수	펄스 반복 타입	펄스 반복 주기	펄스 폭	각도	세기
Stable	3000Mhz	Stable	10us	1us	0°	-15dBm

연구 내용

단일 펄스 / LPI에 대한 전자전 대응 - 신호 인식 가능 여부



주파수	도착시간	펄스 폭	각도	세기
3000Mhz	00s	120	0°	-45dBm



주파수 타입	주파수	펄스 반복 타입	펄스 반복 주기	펄스 폭	각도	세기
Stable	3000Mhz	????	????	120us	0°	-15dBm

위상배열 레이더에 대한 전자전 대응 종합

Active
Tracking

Single Pulse
&
LPI

RWR

간헐 시험

능동 추적 신호 수신 시 심별 시험 후
신호 미 수신 시 심별 미 시험으로
조종사 상황 인지 혼란 야기 가능

인지 불가

펄스 정보 일부 수집 혹은 정보 수집 불가로
PDW 생성 제한됨에 따라
MDF 비교 및 상황 인지 불가

JAMMER

간헐 방사, 효과 제한

능동 추적 신호 수신 시 DRFM 활용
기만 재밍 신호 송신하나 재밍 신호 송신 중
능동 추적 신호 미수신으로 방사 중단

대응 불가

RWR로부터 위협 정보 미 수신으로
MDF 비교 및 재밍 기법 생성 불가

CMDS

효과 제한

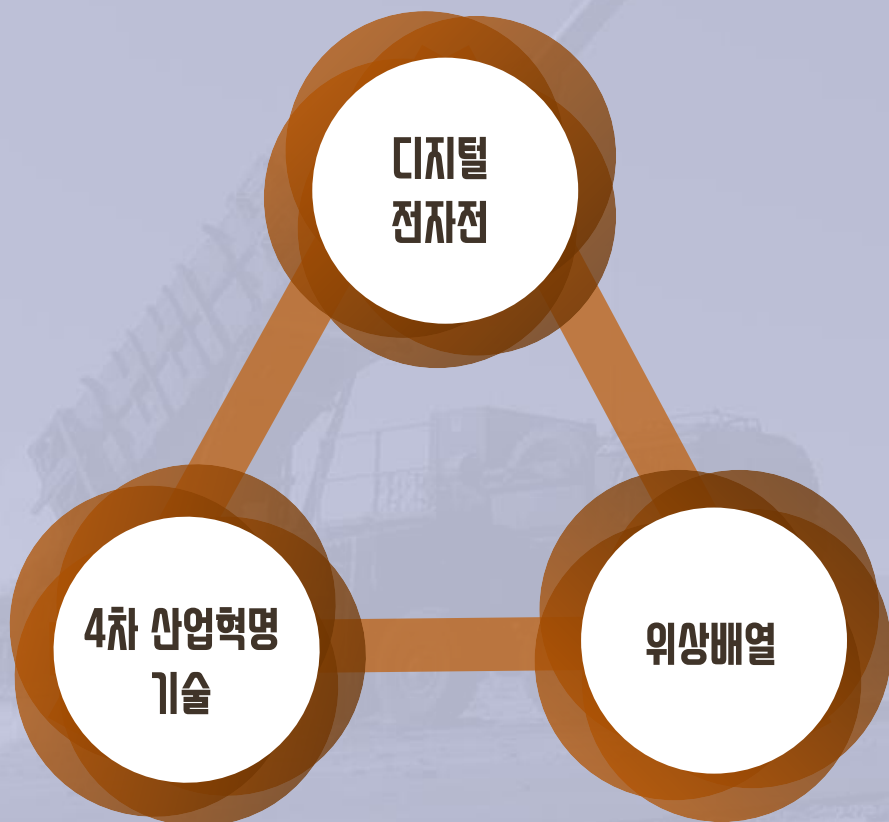
RWR이 능동 추적 신호 인지 시
Chaff 투발 가능하나 위상배열 레이더 특성 상
Chaff 필터링 가능하여 효과도 제한

대응 불가

RWR로부터 위협 정보 미 수신으로
MDF 비교 및 재밍 기법 생성 불가

위상배열 레이더 대응을 위한 전자전 장비 발전 방안

전자전 장비 內 대응 방안



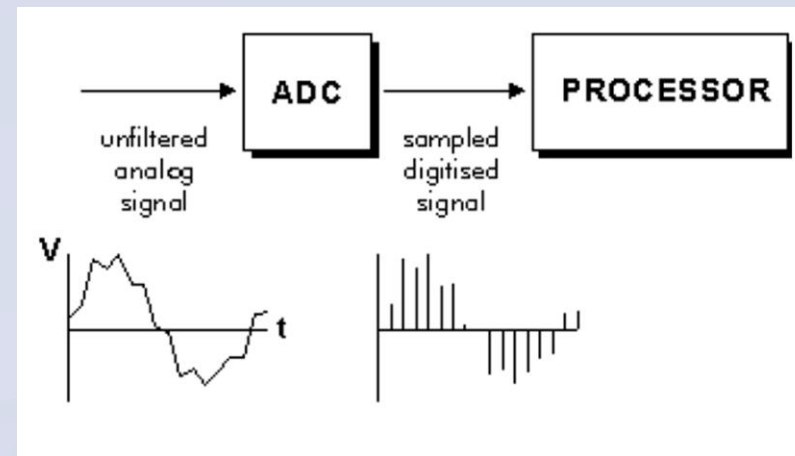
전자전 장비 外 대응 방안



위상배열 레이더 대응을 위한 전자전 장비 발전 방안 - 디지털 전자전

- 디지털 신호 처리 기반의 전자전 장비 -> 이산화 / 양자화 샘플링을 거쳐 아날로그 -> 디지털 변환
- 다양한 주파수 대역의 신호를 FFT(Fast Fourier Transform) 변환을 통해 효율적으로 필터링 가능
- 신호 처리 속도 향상, 수신 감도 향상
- 복소 신호 (I/Q) 분석 가능 -> 펄스 내 변조 기법 분석 가능
- AESA와 간섭 최소화

2017년 공군-국과연 정례 협의:
단일 펄스 수신을 통한 위협 인식 시스템 개발 요구



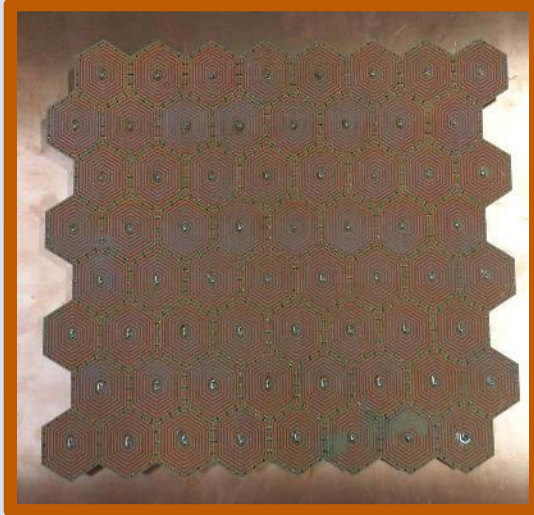
위상배열 레이더 대응을 위한 전자전 장비 발전 방안 - 4차 산업혁명 기술

- AI 기술 접목을 통한 위협 레이더 신호의 대용량 데이터 처리 가능, 인지 부담 최소화, 효율성 향상 가능
- 레이더에 대한 재밍 신호의 효과도 모니터링 및 효과가 저조할 경우 타 기법으로 변경
- 미상의 레이더 신호에 대한 딥 러닝 기반의 재밍 기법 대응
- 미상의 레이더 신호에 대한 CNN 기반의 신호 분류 및 위협 인식

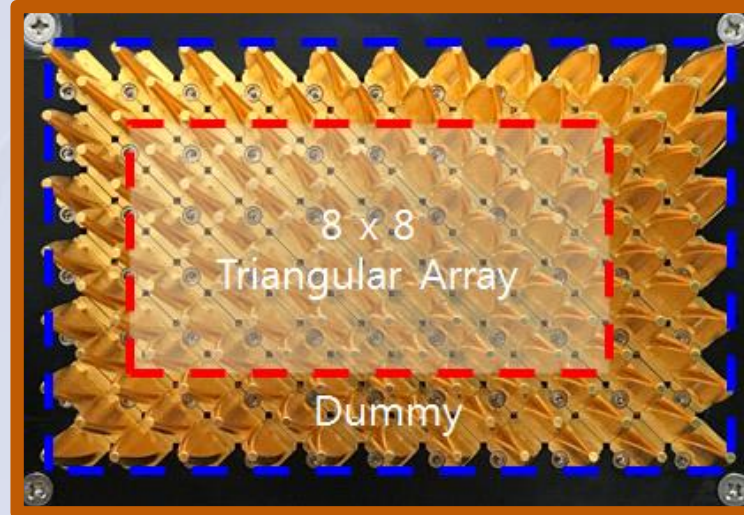
자료 출처 : Artificial intelligence aided electronic warfare systems—recent trends and evolving applications

딥 러닝 기반 미상 레이더 대응 재밍 알고리즘
자율적으로 결정된 대응기법의 운용효과도 설계
자율형/지능형 전자공격 기술 동향
CNN을 이용한 레이더 신호 자동 분류

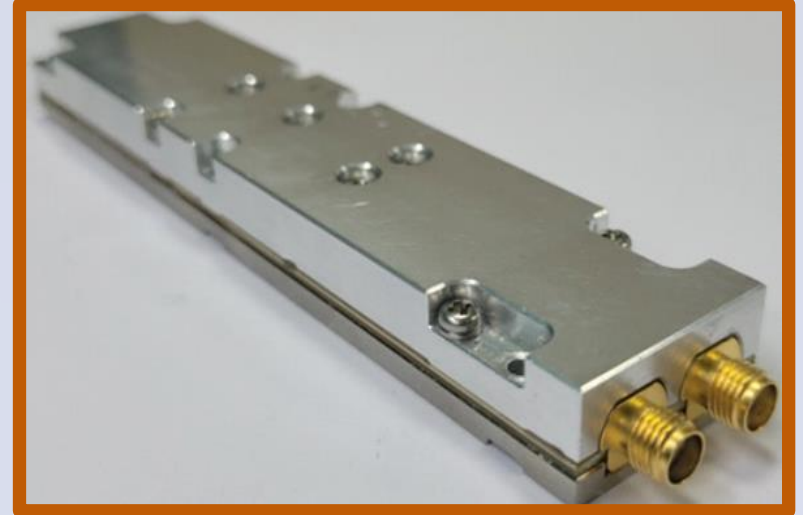
위상배열 레이더 대응을 위한 전자전 장비 발전 방안 - 위상배열



육각 위상배열 안테나



AESA 재머 시스템

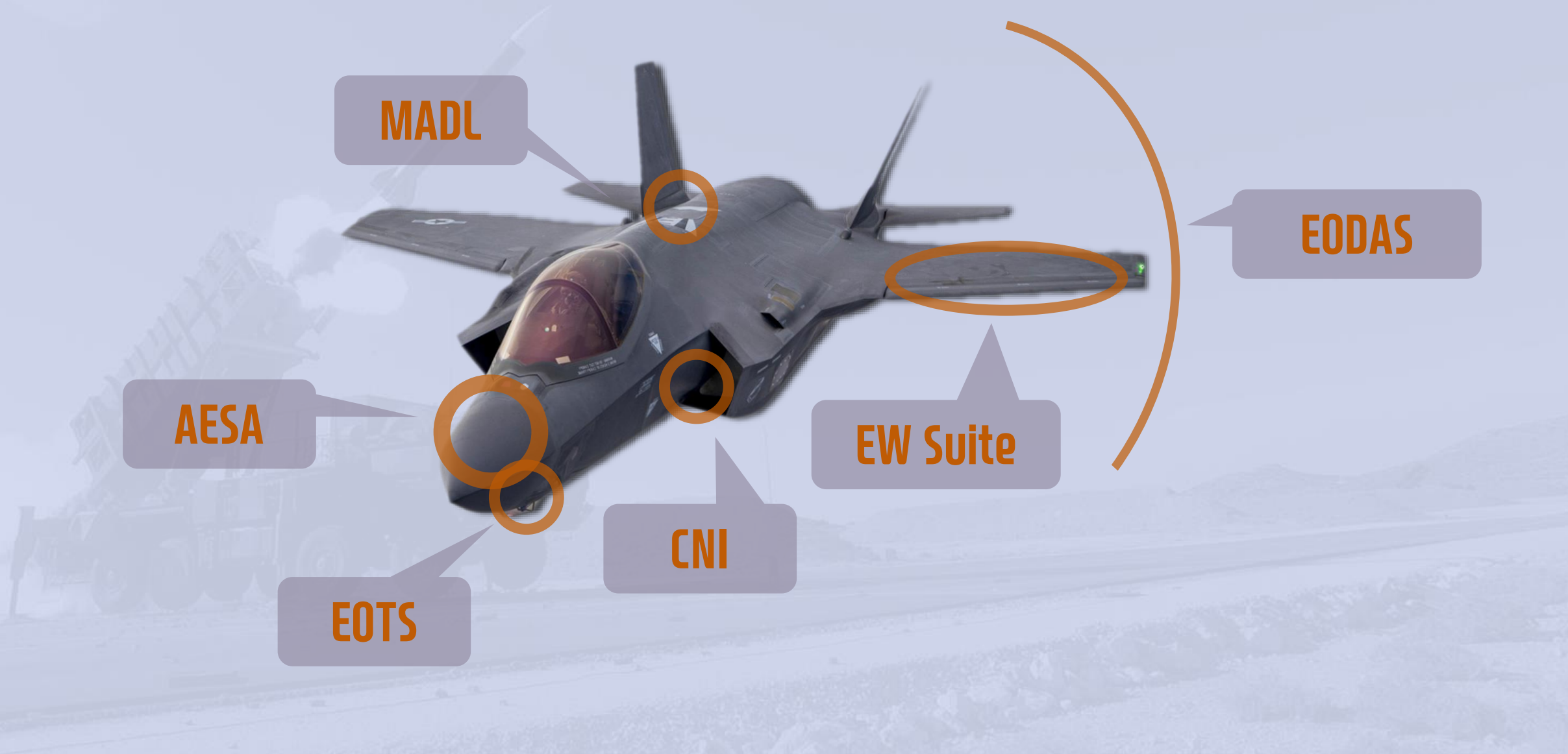


GaN 소자 기반 송수신 모듈

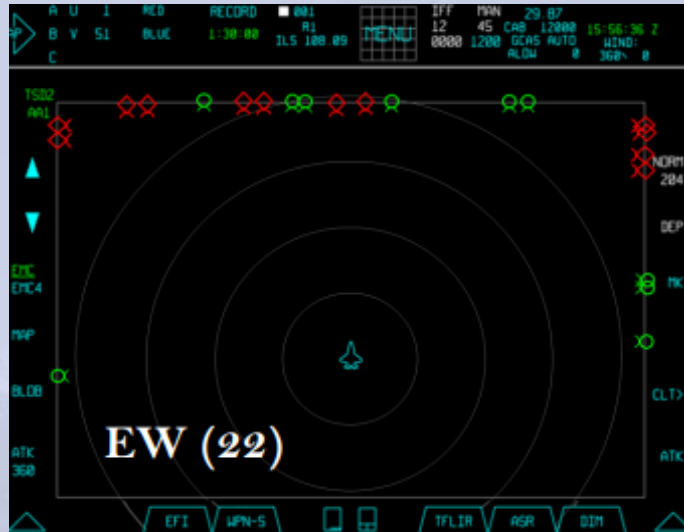
- 능동 위상배열 안테나 기술 적용을 통한 동시 재밍, 고출력, 낮은 부엽 세기, 넓은 방위/고각 대응
- 기술 개발이 JAMMER로 국한되어 전자전 장비 수신 감도 향상을 위한 기술 개발 추가 필요

연구 내용

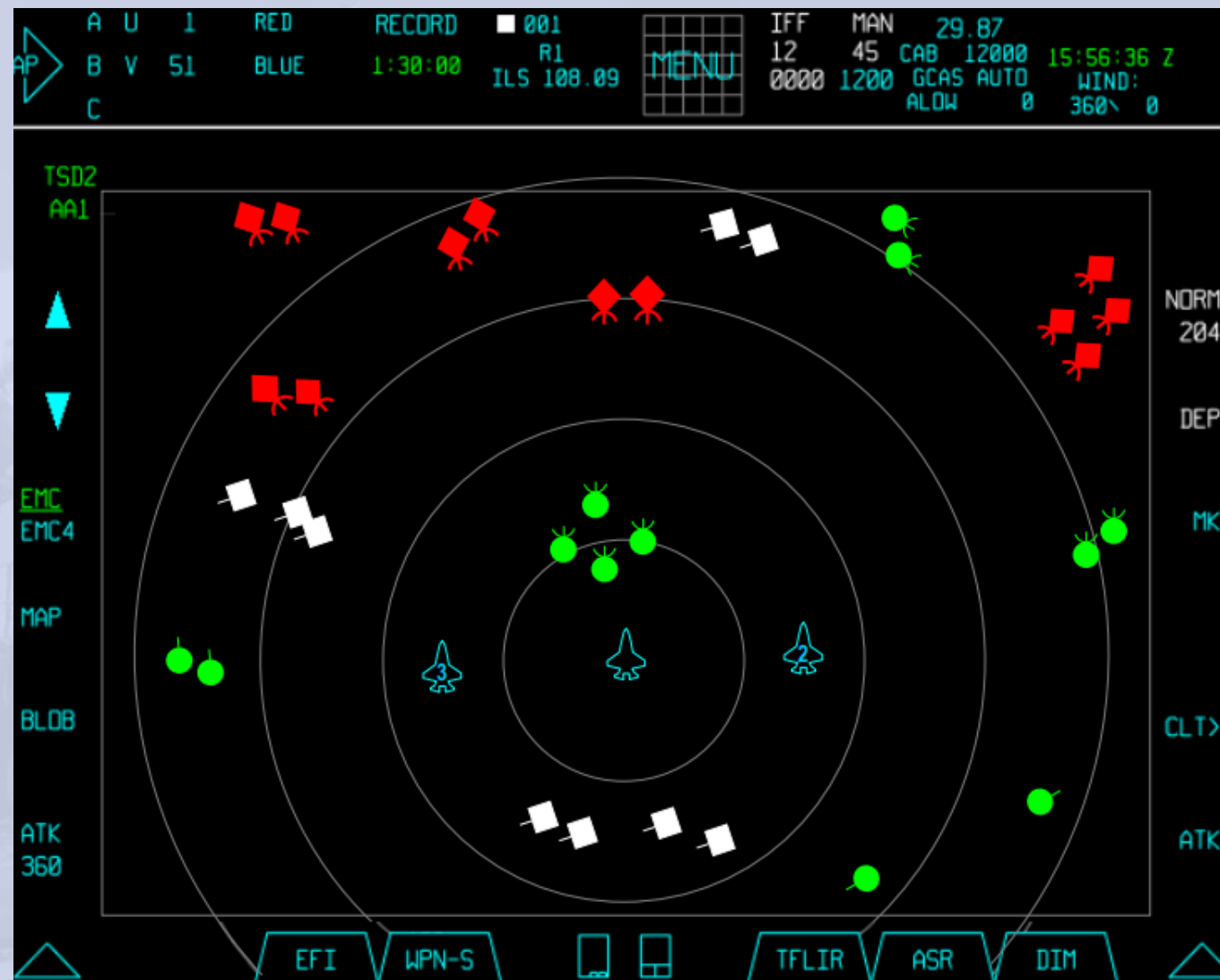
위상배열 레이더 대응을 위한 전자전 장비 발전 방안 - 센서 퓨전



위상배열 레이더 대응을 위한 전자전 장비 발전 방안 - 센서 퓨전



위상배열 레이더 대응을 위한 전자전 장비 발전 방안 - 센서 표전





질의 응답