

추적 유지 성능 개선을 위한 전투기 레이더 추적 파형 운용기법

Track-Beam Operation Strategy to Improve Track Maintenance Performance of Fighter AESA Radar

박 연 희

Yeonhee Park

요 약

AESA(active electronically scanned array) 레이더는 빔 기민성을 이용해 탐색 빔과 추적 빔을 독립적으로 운용할 수 있다는 장점이 있으나, 빔 조향에 따른 스캔 손실이 발생한다. 이러한 스캔손실은 Field-of-view(FOV)내에 운용자가 관심이 있는 표적이 비교적 근거리에서 존재하고 있음에도 불구하고, 레이더 보어사이트 대비 큰 각도에 위치하면 표적이 소실될 수 있는 문제를 발생시킨다. 본 논문에서는 추적 중인 표적에 대한 추적 유지성능을 표적 위치에 상관없이 균일하게 가질 수 있도록 표적의 각도 위치에 따른 스캔 손실을 보상한 추적 빔 운용 방식을 정리하고, 스캔 손실 보상을 목적으로 증가된 dwell time이 레이더 frame time에 어떤 영향을 미치는지, 나아가 레이더 시스템 측면에서 탐지성능에 대한 영향을 분석하였다. 또한 분석한 내용을 바탕으로 기존의 표적의 거리만을 고려한 파형 운용방식의 한계를 보완하기 위해 표적의 각도 위치를 함께 고려한 파형 운용 방식을 제안하였다.

Abstract

An active electronically scanned array radar is able to radiate the search beam and track beam more independently than a mechanically scanned array radar. However, as the scan angle increases, the detection performance degrades; as a result, the track-on target could be lost due to scan loss. To overcome the degradation of the tracking performance for off-boresight targets, the effective track-beam operation strategy is proposed to compensate for the scan loss by increasing the dwell time. Because this strategy increases the frame time, which affects the detection performance of the radar system, the detection and track maintenance performance are analyzed systematically.

Key words: AESA Radar, Radar Beam Operation, Track Maintenance Performance

I. 서 론

AESA(active electronically scanned array) 레이더는 Field-of-View(FOV) 내에서 탐색 빔과 추적 빔을 독립적으로 운용할 수 있어, 별도의 추적 빔으로 표적

을 추적하는 active tracking 방식으로 표적을 추적할 수 있다. 이는 탐색 스캔 간 획득 정보를 연관하여 표적을 추적하는 TWS(track-while-scan) 방식 대비 전투기 탑재 레이더의 추적 성능을 향상시켰으며 [1],[2], AESA 레이더의 성능을 최적화할 수 있는 파

국방과학연구소(Agency for Defense Development)

· Manuscript received January 13, 2021 ; Revised February 09, 2021 ; Accepted March 4, 2021. (ID No. 20210113-005)

· Corresponding Author: Yeonhee Park (e-mail: yhpak@add.re.kr)

형 설계 및 운용 방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^[3].

그러나 안테나 면을 물리적으로 조향하지 않고, 전자적으로 빔을 조향하여 방사하는 AESA 레이더의 특성상 빔 조향각도가 커질수록 스캔 손실이 증가하는 단점이 있으며, 이로 인해 FOV 내부에서 표적의 위치에 따라 탐색 또는 추적 성능이 균일하지 않게 나타날 수 있다^[4]. 빔 조향에 의한 스캔 손실은 dwell time을 증가시킴으로써 보상할 수 있으며^[5], dwell time 가변을 통해 전 탐색 영역에서 균일한 탐색 성능을 도출할 수 있도록 탐색 빔을 운용할 수 있다^[6]. 신규 표적의 탐색 역시 중요하지만, 추적 중인 표적은 운용자가 관심을 가지고 관찰하는 교전 가능성이 있는 대상이기 때문에 위치에 따라 표적이 소실되는 상황이 발생한다면 작전상의 문제가 될 수 있다. 그러므로 기 추적 중인 표적에 대해서도 표적의 위치에 상관없이 추적을 유지할 수 있도록 스캔 손실을 보상하여 충분한 SNR을 보장할 필요성이 제기된다.

그러나 추적 표적에 할당하는 dwell time을 증가시키게 되면 레이더의 frame time의 증가를 가져온다. 이는 누적탐지확률로 정의되는 레이더의 탐지 성능에 영향을 미치게 되므로 각 추적 표적에 대한 추적 성능을 고려함과 동시에 시스템 측면에서 레이더의 탐지성능을 함께 고려해 주어야 한다.

본 논문에서는 교전 대상 혹은 운용자가 관심을 가지고 있는 추적 표적이 보어사이트(boresight)에서 멀어지더라도 추적성능을 유지할 수 있도록 표적의 각도 위치에 따른 스캔 손실을 보상한 추적 빔 운용 방식을 제안하고, 스캔 손실 보상을 목적으로 증가된 dwell time이 레이더 frame time에 어떤 영향을 미치는지, 나아가 레이더 시스템 측면에서 탐지성능에 대한 영향을 분석하였다. 또한 분석을 바탕으로 기존의 표적의 거리만을 고려한 파형 운용방식의 한계를 보완하기 위해 표적의 각도 위치를 함께 고려한 파형 운용 방식을 제안하였다.

본 논문의 II장에서는 기존 추적 빔 운용 방식이 가지고 있는 스캔 손실 측면에서의 한계를 분석한

다. III장에서는 본 논문에서 다루고자 하는 추적유지성능을 정의하고, 스캔 손실을 보상한 추적 빔 운용 및 이로 인한 레이더 탐지성능 영향을 분석하였으며, 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 기존 추적파형 운용 방식 분석

2-1 기존 추적파형 운용 방식

전투기 탑재 레이더에서 운용하는 추적 파형은 일반적으로 표적의 거리에 따라 다른 dwell time을 가지도록 설계된다. 즉, 원거리의 표적에 대해서는 긴 dwell time을 할당하여 원거리로부터 획득되는 약한 세기의 신호를 보상할 수 있게 하고, 상대적으로 근거리의 표적에 대해서는 충분한 크기의 신호를 획득할 수 있으므로 상대적으로 짧은 dwell time을 할당한다^[7]. 표적의 거리에 따라 에너지를 효율적으로 할당하는 기존의 추적 파형 운용 방식은 표적의 거리를 고려한 차등설계를 통해 원거리 표적의 소실을 방지할 수 있는 이점이 있으나, 표적의 각도 위치에 대해서는 고려하지 않고 있다. 근거리의 표적일지라도 레이더 보어사이트에서 멀리 떨어져 있다면 스캔 손실로 인해 추적 소실의 위험이 있으므로 충분한 에너지를 할당할 필요가 있다.

본 논문에서는 성능 분석을 위하여 다음 표 1과 같이 표적의 거리에 따라 dwell time의 차등을 두는 기존 방식의 추적파형을 가정하도록 한다.

2-2 AESA 레이더의 스캔 손실 및 보상

본 논문에서는 FOV 내에 존재하는 추적 표적들의 고도는 동일하다 가정하며 방위각 방향으로의

표 1. 거리 별 차등만을 두는 기존 추적 파형의 예
Table 1. Example of conventional track waveform table.

Range	T_{Dwell}	Duty	PRI
≤ 20 NM	20 ms	15 %	40 μ s ~ 60 μ s
20 NM < R \leq 40 NM	40 ms		
40 NM <	60 ms		

스캔 손실만을 고려하기로 한다. 빔 조향각에 따른 Scan loss(1-way)는 간단하게 $\cos^{1.5} \theta$ 로 모델링할 수 있다^[8]. 그림 1에서 알 수 있듯이 빔 조향각이 커지면 안테나 보어사이트 대비 빔 폭은 넓어지고, 첨두치 이득이 작아진다. 이러한 스캔 손실의 영향으로 인해 안테나 보어사이트에서 멀어질수록 SNR이 감소하여 표적의 탐지 성능이 열화되는 것이다.

그림 1에서 확인할 수 있듯이 빔 조향에 따른 스캔 손실이 발생하며, 이를 고려하지 않는 기존의 추적 파형 운용방식을 그대로 사용할 경우, 스캔 손실로 인한 표적 소실이 우려된다. 이러한 스캔 손실은 dwell time을 증가시킴으로써 보상이 가능하다. 빔 조향각 별 발생하는 스캔 손실과 이를 보상하기 위해 필요한 dwell time을 분석한 결과는 그림 2와 같다. 일반적으로 전투기의 FOV는 $+60^\circ \sim -60^\circ$ 이므로 FOV 내에서 최대 발생할 수 있는 스캔 손실(1-way)은 4.5 dB이며, 2-way 스캔 손실 보상을 위해서는 dwell time을 약 8배 증가시켜야 FOV의 가장 자리에 위치한 표적의 추적성능을 유지할 수 있다.

III. 레이더 성능을 고려한 추적 빔 운용방식 제안

3-1 추적 유지 성능 정의

전투기 레이더 운용 시 표적으로부터의 반사신호

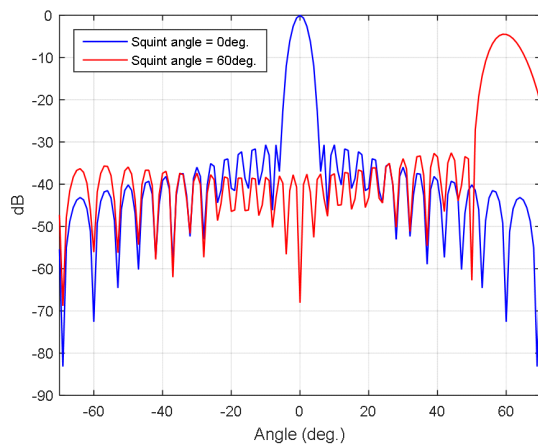


그림 1. 빔 조향에 따른 안테나 이득 감소
Fig. 1. Squint angle vs. antenna gain.

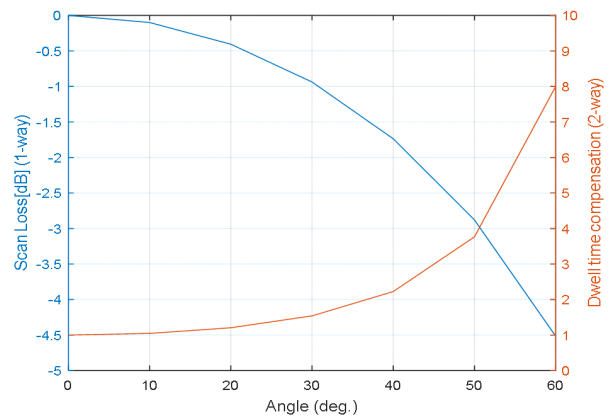


그림 2. 빔 조향에 따른 스캔 손실 및 보상 dwell time
Fig. 2. Squint angle vs. scan loss and dwell time compensation.

의 크기가 충분하지 않아 추적 빔에서의 탐지를 실패하더라도 바로 추적을 삭제하지 않는다. 추적 표적의 효율적이고 안정적인 관리를 위해 메모리 추적 과정을 거쳐 소실 표적의 재획득을 시도한다. 메모리 추적 과정 동안 레이더는 마지막으로 획득한 표적의 정보만을 이용해 표적 정보를 예측하며, 메모리 추적의 유지 조건은 최대 N개의 추적빔 할당 제한으로 정의될 수 있다. 즉, N회의 추적 빔을 할당하는 동안 추적이 재개시될 경우 정상 추적상태로 재진입하고, 조건 내에 추적이 재개되지 않을 경우 표적 심볼을 삭제한다. 이러한 메모리 추적 과정은 그림 3의 마코프 체인(Markov chain)으로 표현될 수 있다.

S_0 은 정상 추적 중인 상태를, S_1 에서 S_{N-1} 은 메모리 추적 중인 상태를, $S_{Discard}$ 는 메모리 추적에 실패

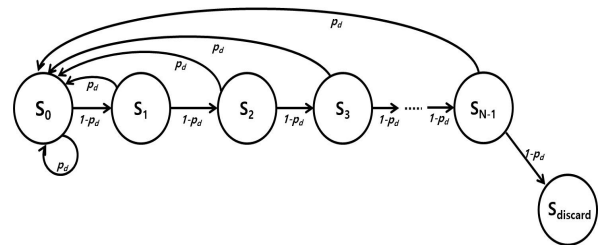


그림 3. 마코프 체인으로 표현한 메모리 추적 과정
Fig. 3. Memory track process using Markov chain model.

하여 표적이 삭제된 상태를 의미한다. S_0 에서 추적 빔에 의한 탐지가 성공한다면 S_0 를 유지할 것이고, 추적 빔에서 탐지 실패 시, 바로 트랙을 삭제하지 않고 S_1 에서 S_{N-1} 의 메모리 추적 단계로 진입할 것이다. 메모리 추적 단계에서 표적 탐지 시 다시 정상 추적 상태인 S_0 로 돌아가며, 메모리 추적 실패 시 해당 표적은 $S_{Discard}$ 로 버려질 것이다.

p_d 는 추적 빔에서의 단일 탐지확률을 의미하며, Swerling I 표적에 대해 다음과 같이 표현할 수 있다^[9].

$$p_d = \frac{1}{1 + SNR} \quad (1)$$

여기서 p_{fa} 는 오경보 확률, SNR은 추적 빔에서의 신호 대 잡음비이다.

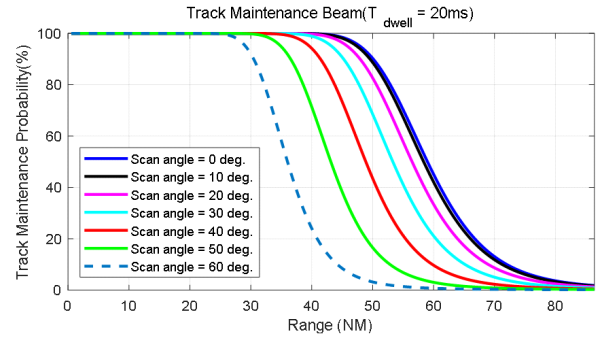
본 논문에서 정의하는 추적 유지 성능은 그림 3의 마코프 체인으로 나타난 메모리 추적 과정을 통해 소실된 표적을 재획득하는 과정을 포함한 추적 유지확률(P_{TM})을 의미하고, 메모리 추적 조건을 N 회의 추적 빔 할당으로 정의한다면 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$P_{TM} = p_d + p_d(1-p_d) + p_d(1-p_d)^2 + \dots + p_d(1-p_d)^{N-1} \\ = \sum_{k=1}^N p_d(1-p_d)^{k-1} \quad (2)$$

3.2 추적 유지 성능 분석

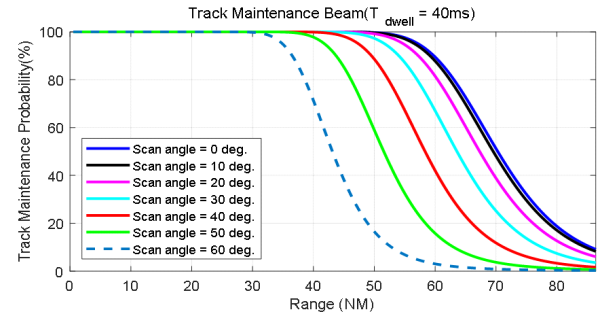
3.1절에서 정의한 추적유지확률을 표 1의 추적 파형에 대해 분석한 결과를 나타내면 그림 4와 같다. 이때 적용한 시스템 파라미터는 표 2와 같다. 여기서 f 는 송신 주파수, p_{fa} 는 오경보 확률, L_{tot} 는 시스템 전체 손실값이다.

메모리 추적을 통한 추적 유지의 기준을 추적 유지확률(P_{TM}) 90 %로 가정한다면, 레이더 보어사이트 대비 FOV 내 최대 조향각 60° 에서 추적 유지 거리가 약 60 %씩 열화됨을 확인할 수 있다. 이는 추적 중이던 표적이 레이더 보어사이트 FOV 가장자리를 향해 이동할수록 표적이 소실될 위험이 있다는 것을 의미하며, 이와 같은 상황에 대한 보완이 필요하다.



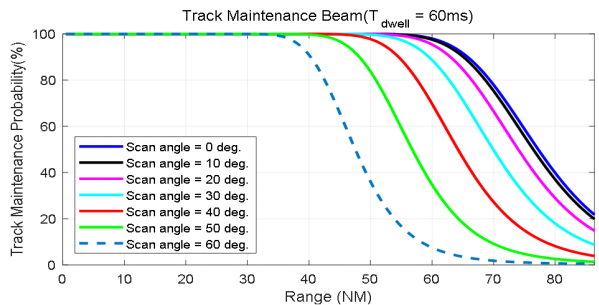
(a) $T_{dwell}=20$ ms 추적 파형의 추적 유지확률(P_{TM})

(a) $T_{dwell}=20$ ms maintenance probability



(b) $T_{dwell}=40$ ms 추적 파형의 추적 유지확률(P_{TM})

(b) $T_{dwell}=40$ ms maintenance probability



(c) $T_{dwell}=60$ ms 추적 파형의 추적 유지확률(P_{TM})

(c) $T_{dwell}=60$ ms maintenance probability

그림 4. 각 추적파형 별 추적 유지확률(P_{TM})

Fig. 4. Track maintenance probability.

2.2절에서 분석한 빔 조향에 따른 스캔 손실을 보상하기 위해 증가시켜야 하는 dwell time의 값을 표 1의 추적파형에 적용하여 개선한 경우와 기존 추적 파형을 사용한 경우의 추적 유지거리 성능을 비교

표 2. 시스템 파라미터

Table 2. System parameters.

Parameter	Value
EIRP	100 dBm
G/T	4 dB/k
RCS	2 m ²
f	10 GHz
P_{fa}	10 ⁻⁵
L_{tot}	10 dB

한 결과는 그림 5와 같다. 표 1의 기존 추적파형은 표적의 각도 위치에 따른 스캔 손실을 고려하지 않기 때문에 해당 파형을 그대로 사용할 경우 레이더 보어사이트로부터 각도가 커질수록 스캔 손실의 영향으로 인해 추적 유지확률 90 %를 보장하는 추적 유지거리가 감소한다. 그러나 표적의 각도 위치에 따라 발생하는 스캔 손실만큼 dwell time을 늘려 보상하게 되면 표적의 각도 위치가 보어사이트에서 멀어지더라도 추적 유지확률 90 %를 보장하는 추적 유지거리 성능이 일정함을 확인할 수 있다.

예를 들어, 표적이 거리 40 NM, 각도 60°에 위치하는 상황에서 기존 추적파형을 그대로 적용할 경우 표적의 거리만 고려하므로 40 NM에 해당하는 dwell time 40 ms의 추적 빔을 할당할 것이나, 각도

60°에서의 스캔 손실로 인해 추적 유지성능이 보장되지 못해 추적을 소실할 가능성이 있다. 하지만 dwell time을 늘려 각도 60°에서 발생하는 스캔 손실을 보상한다면 현 위치에서 추적을 유지할 수 있다. 이는 파형을 보완함으로써 AESA 레이더의 스캔 손실의 단점을 극복하고 전자적으로 빔을 조향할 수 있다는 이점을 활용한 active tracking 방식의 장점을 강화할 수 있음을 의미한다.

3.3 시스템 탐지성능 영향성

추적 파형의 dwell time을 증가시키는 방법으로 조향각에 의한 스캔 손실을 보상하여 표적의 각도 위치에 상관없이 추적 유지 성능을 유지할 수 있음을 3.2절에서 확인하였다. 이 방식은 각각의 추적 표적에 대한 성능을 개선하는 데에는 효과가 있지만 증가된 dwell time은 레이더가 지정된 탐색 영역을 한번 스캔하는 데 소요되는 시간인 frame time의 증가를 가져오고, frame time의 증가는 누적탐지확률로 정의되는 레이더 시스템의 최대 탐지거리 성능에 영향을 미치게 된다. Frame time(T_{frame})과 누적탐지확률(p_c) 간의 관계는 식 (3)~식 (5)와 같다 [9],[10].

$$p_c = 1 - \prod_{n=0}^N (1 - p_d) \quad (3)$$

$$N = \frac{R_{\max} - R}{\Delta R} \quad (4)$$

$$\Delta R = v \times T_{frame} \quad (5)$$

p_d 는 거리 R 에서의 단일 탐지확률, v 는 레이더와 표적 간의 접근속도이다.

그림 6~그림 8은 추적 표적의 개수 변화에 따른 frame time과 최대 탐지거리 성능을 나타낸 그래프이다. 본 논문에서 제안하고 있는 추적파형은 표적의 위치에 따라 dwell time에 차등을 두어 설계하므로 FOV 내에서 표적이 분포된 시나리오에 따라 다양한 경우의 분석이 가능하다. 본 논문에서는 각 추적파형 세트 별로 모든 표적이 FOV의 가장자리에

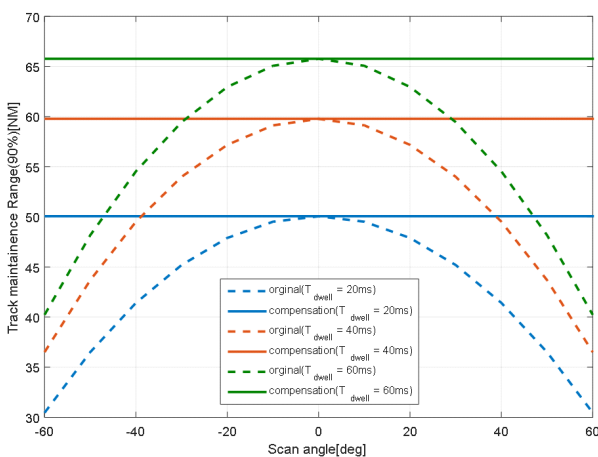
그림 5. 추적 유지거리($P_{TM}=90\%$)

Fig. 5. Track maintenance performance.

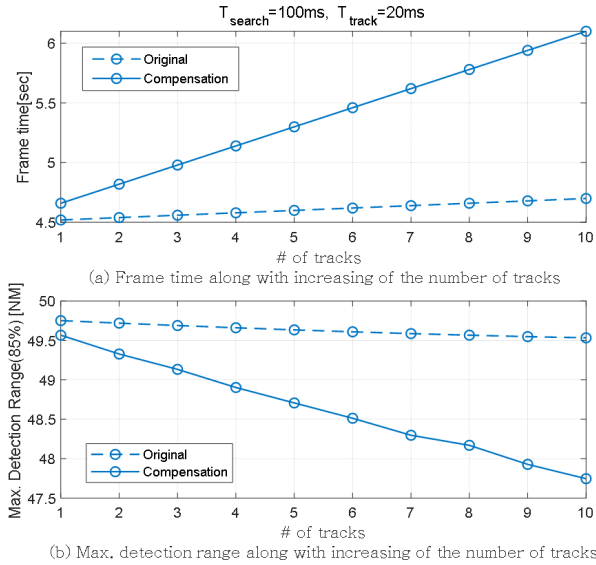


그림 6. Frame time과 최대탐지거리($p_d=90\%$)($T_{trackdwell}=20$ ms)
Fig. 6. Frame time & Max. detection range($p_d=90\%$)($T_{trackdwell}=20$ ms).

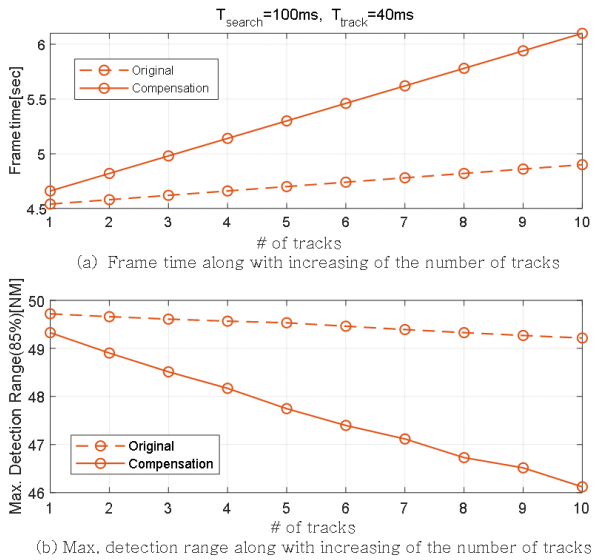


그림 7. Frame time과 최대탐지거리($p_d=90\%$)($T_{trackdwell}=40$ ms)
Fig. 7. Frame time & Max. detection range($p_d=90\%$)($T_{trackdwell}=40$ ms).

존재하는 극단적인 상황을 가정하여 frame time과 최대 탐지거리 성능의 변화를 관찰하기로 하며, 탐색영역은 방위각 $\pm 60^\circ$, 고각 1 Bar를 가정한다. 표적

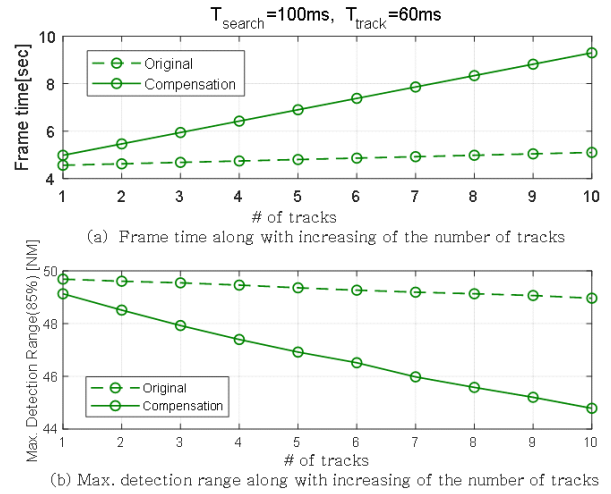


그림 8. Frame time과 최대탐지거리($p_d=90\%$)($T_{trackdwell}=60$ ms)
Fig. 8. Frame time & Max. detection range($p_d=90\%$)($T_{trackdwell}=60$ ms).

의 개수에 따른 frame time은 식 (6)과 같다.

$$T_{frame(org)} = N_{beams} \times T_{search} + \sum_{i=1}^{N_{tracks}} T_{track,i}$$

$$T_{frame(comp)} = N_{beams} \times T_{search} + \sum_{i=1}^{N_{tracks}} T_{track,i} \times k_{comp,i} \quad (6)$$

N_{beams} 는 탐색영역 내 탐색 빔의 개수, T_{search} 는 탐색 빔의 dwell time, $T_{track,i}$ 는 i 번째 추적 표적에 할당되는 추적 빔의 dwell time, 그림 2에서 분석한 $k_{comp,i}$ 는 스캔 손실을 보상하기 위해 필요한 dwell time 증가량을 의미한다. 일반적으로 탐색 빔의 dwell time은 추적 빔의 dwell time보다 길게 설정된다^[6].

그림 6~그림 8에 의하면 분석을 위해 설정한 시나리오 하에서 20 ms, 40 ms, 60 ms의 dwell time을 가지는 추적파형을 운용했을 때 추적 표적 10개인 상황의 경우, 각각 약 3 %, 6 %, 10 % 정도의 성능 열화가 발생함을 알 수 있다.

3.4 추적 파형 운용방식 제안

지금까지 레이다 FOV 내에서 표적의 각도 위치에 따라 발생하는 스캔 손실로 인한 추적 성능 저하 및 추적 파형의 dwell time을 증가시켜 성능을 보

완하는 방법에 대해 다루었다.

기존의 전투기 레이더에서 운용하는 추적 파형은 표적의 거리만을 고려해 dwell time의 차등을 두는 것이 일반적이었다. 이러한 방식을 통해 원거리 표적으로부터의 약한 세기 신호를 보상할 수 있었다. 그러나 전자적으로 빔을 조향하는 AESA 레이더의 경우, 빔 조향에 따른 스캔 손실이 발생하기 때문에 조향각에 따른 신호 세기의 열화를 추가적으로 고려해 파형을 운용해야 한다. 즉, AESA 레이더의 추적 운용방식에 적합하도록 표적의 거리와 각도 위치에 따른 신호세기 열화를 동시에 고려하여 dwell time 차등을 구체화한 새로운 추적 파형 운용 방식이 필요하다.

표 1의 기존 추적파형을 AESA 레이더에 적합하게 개선한 추적파형은 표 3과 같다. 그림 2에서 분석한 표적의 각도 위치에 따라 발생하는 스캔 손실을 그대로 보상하기 위한 dwell time 필요량을 적용해 추적 파형을 구체화할 경우 60°에 존재하는 표적에 할당하는 dwell time은 약 8배를 증가시켜야 하지만, 이는 레이더 자원 측면과 3-3절에서 분석한 레이더 시스템 탐지 성능 측면에서 부담이 될 가능성이 있으므로 본 절에서는 스캔 손실의 50 %만을 보상하도록 dwell time 증가량을 설정해 표 3과 같이 파형을 제시하였다.

예를 들어, 표적이 거리 30 NM, 각도 40°에 존재한다면, 표 1의 기존 파형을 운용할 경우, 표적 각도 위치에 상관없이 40 ms의 dwell time을 할당하지만, 개선된 파형을 운용한다면 40° 만큼의 스캔 손

표 3. 제안 추적 파형

Table 3. Modified track waveform table.

Range Angle	T_{Dwell}				Duty	PRI (μs)
	0°~10°	10°~30°	30°~45°	45°~60°		
≤20 NM	20 ms	24.8 ms	38 ms	56.6 ms	15 %	40~60
20 NM < R ≤ 40 NM	40 ms	49.6 ms	76 ms	113.2 ms		
40 NM <	60 ms	74.4 ms	114 ms	169.8 ms		

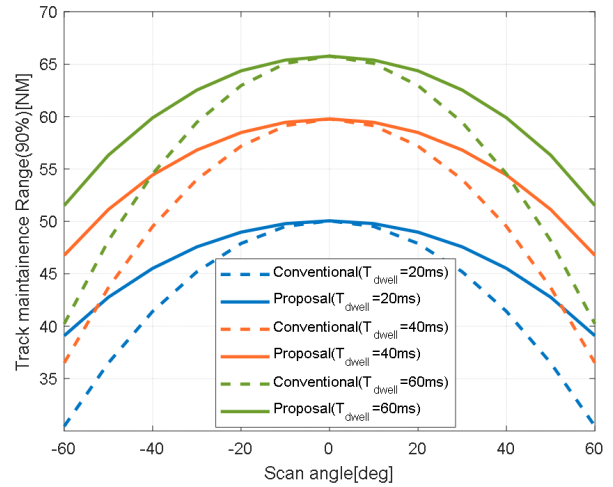


그림 9. 개선된 파형 적용 후 추적 유지 성능 변화

Fig. 9. Improvement of track maintenance performance in case of advanced track waveform strategy.

실까지 고려한 76 ms의 dwell time을 할당한다. 그림 9에서 표 3의 추적파형 운용 시 추적 유지거리 성능이 개선됨을 확인할 수 있다.

표 3의 제안 추적 파형은 표 2의 레이더 성능 하에서 스캔 손실 보상 정도를 50 %로 가정했을 경우의 예시이다. 실제 AESA 레이더 추적 파형을 설계할 때에는 레이더 운용 조건, 요구 규격 등을 고려해 3-3절에서 분석한 바와 같이 레이더의 전체적인 탐지 성능을 복합적으로 분석하여 추적 파형의 dwell time 보상 정도를 결정해야 한다.

본 제안 파형은 각도를 특정 구간으로 나누어 구간 내에서 고정된 dwell time 보상값을 적용한 것이며, 표적의 위치에 따라 필요한 보상 값을 실시간으로 계산하여 dwell time을 적응적으로 변경하는 방식의 추적 파형 운용 알고리즘에 대한 연구를 통해 최적의 추적 성능을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 교전 대상 혹은 운용자가 관심을 가지고 있는 추적 표적에 대한 추적 유지성능을 표적의 각도 위치에 상관없이 균일하게 가질 수 있도록 스캔 손실을 보상한 추적 빔 운용 방식을 정리

하였다. 그리고 스캔 손실 보상을 목적으로 증가된 dwell time이 레이다 frame time에 어떤 영향을 미치는지, 나아가 레이다 시스템 측면에서 탐지성능에 대한 영향을 분석하였다. 또한 분석한 내용을 바탕으로 기존의 표적의 거리만을 고려한 파형 운용방식의 한계를 보완하기 위해 표적의 거리뿐 아니라, 각도 위치를 함께 고려해 dwell time 차등을 구체화한 파형 운용 방식을 제안하였다.

표적 각도 위치에 따라 발생하는 스캔 손실만큼 dwell time을 증가시키는 방법으로 FOV내 각도 위치에 무관하게 추적 유지성능을 확보하여 FOV 가장자리에 위치하는 표적의 소실 위험을 줄일 수 있으나, 추적 표적 유지를 위해 증가된 dwell time으로 인해 레이다의 신규 표적 탐지성능에 영향이 다소 발생한다. 그렇기 때문에 실제 AESA 레이다 추적 파형을 설계할 때에는 레이다 운용 조건, 요구 규격 등을 고려해 레이다 시스템의 전체적인 탐지 성능과 기 추적 중인 표적에 대한 추적 성능을 복합적으로 분석하여 추적 파형의 dwell time 보상 정도를 결정해야 한다.

공중전 상황에서 교전을 대상으로 하는 표적을 놓치지 않고 안정적으로 유지하는 것은 전투기 레이다 운용에 있어 중요한 요구사항 중의 하나이다. 본 논문에서 다룬 내용을 전투기 탑재 AESA 레이다의 추적 빔 운용 방식에 적용하여 교전 능력 개선에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] W. Holpp, C. Worning, "New electronically scanned array radars for airborne applications," in *2007 Asia-Pacific Microwave Conference*, Bangkok, Dec. 2007, pp. 1-5.
- [2] R. Hendrix, "Aerospace system improvements enabled by modern phased array radar-2008," in *2008 IEEE Radar Conference*, Rome, May 2008, pp. 1-6.
- [3] P. J. Fielding, A. M. Kinghorn, "Waveform optimisation for efficient resource allocation in airborne AESA radar systems," in *IEEE Multifunction Radar and Sonar Sensor Management Techniques*, London, Nov. 2001, pp. 3/1-3/6.
- [4] J. M. Butler, "Tracking and control in multi-function radar," Ph.D. dissertation, University College London, London, 1998.
- [5] A. Alexopoulos, "Radar system considerations for phased array aperture design using conformal transformations on Riemannian manifolds," *IEEE Transactions on Aerospace and Propagation*, vol. 55, no. 8, pp. 2239-2246, Aug. 2007.
- [6] C. S. Ahn, J. E. Roh, and S. J. Kim, "A study on beam operation of an airborne AESA radar with uniform search performance in whole scan area," *The Journal of Korean Institute of Electronic Engineering and Science*, vol. 23, no. 6, pp. 740-747, Jun. 2012.
- [7] B. R. Mahafza, A. Z. Elsherbeni, *Simulations for Radar Systems Design*, New York, NY, Chapman & Hall/CRC Press Company, 2004.
- [8] D. P. Meyer, *Electronically Scanned Arrays*, Boca Raton, FL, CRC Press, 2012.
- [9] A. Alexopoulos, "Radar system considerations for phased array aperture design using conformal transformations on Riemannian manifolds," *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 8, pp. 2239-2246, Aug. 2007.
- [10] J. D. Mallet, L. E. Brennan, "Cumulative probability of detection for targets approaching a uniformly scanning search radar," in *Proceedings of the IEEE*, Apr. 1963, vol. 51, no. 4, pp. 596-601.

박 연 희 [국방과학연구소/연구원]

<https://orcid.org/0000-0002-6399-663X>



2014년 2월: 연세대학교 전기전자공학과
(공학사)

2016년 2월: 연세대학교 전기전자공학과
(공학석사)

2016년 2월~현재: 국방과학연구소 연구
원

[주 관심분야] AESA 레이더 체계설계, 항

공기 레이더