

## Design of a Tracking Filter for Preventing Miss-Tracking in Moving Target Tracking

Jeong-Seok Kim\*, Dae-Yeon Kim\*

\*Senior Researcher, Missile Research Institute, Agency for Defense Development, Daejeon, Korea

### [Abstract]

This paper proposes a tracking filter design method that rapidly removes false targets (miss-detections) in image-based moving object detection and tracking while maintaining stable tracking of the true target. The method continuously monitors the moving distance and direction of the target in consecutive frames to remove tracking gates with irregular trajectories or distances. By dynamically adjusting the gate's speed and expansion range based on slant range information, it achieves robust performance under varying distance conditions. Overlapping filters are resolved by retaining only the highest-reliability filter, and a variable threshold for final track selection, set according to the initial slant range, allows for more thorough validation at greater distances and faster confirmation at shorter distances. Experimental results on real IR and visible-light data demonstrate the effectiveness of the proposed algorithm in swiftly removing false targets while reliably tracking only the true target. Comparisons with existing PDA filters confirm a reduced false alarm rate and earlier target confirmation.

▶ **Key words:** Tracking Filter, Moving Target, Detection, Clutter, Filter Monitoring

### [요 약]

본 논문은 영상 기반 이동 물체 탐지·추적 과정에서 발생하는 거짓 객체를 신속히 제거하고, 참 객체만을 안정적으로 추적하기 위한 추적 필터 설계 기법을 제안한다. 제안 기법은 연속 프레임에서 이동 거리와 방향을 지속적으로 모니터링하여, 불규칙한 궤적이나 비현실적 이동 거리를 보이는 추적 게이트를 제거한다. 또한 추적 시작 거리 정보를 활용해 게이트 이동 속도와 확장 범위를 동적으로 조절함으로써 다양한 거리 환경에서도 강인한 성능을 보장한다. 또한 중첩된 게이트들은 신뢰도가 가장 높은 게이트만 남기도록 하여 간섭으로 인한 성능 저하를 방지하였다. 실제 다양한 적외선 영상을 가지고 실험한 결과, 복잡한 배경이나 센서 흔들림으로 인한 거짓 객체를 효과적으로 제거하면서 참 객체만을 안정적으로 추적함을 확인하였으며, 기존 PDA(Probabilistic Data Association) 필터 대비 거짓 경보 빈도를 줄이고 참 객체 확정을 앞당길 수 있음을 입증하였다.

▶ **주제어:** 추적 필터, 이동 표적, 탐지, 거짓 표적, 필터 동작 감시

- 
- First Author: Jeong-Seok Kim, Corresponding Author: Dae-Yeon Kim
  - \*Jeong-Seok Kim (bluesky@add.re.kr), Missile Research Institute, Agency for Defense Development
  - \*Dae-Yeon Kim (daeyeon@add.re.kr), Missile Research Institute, Agency for Defense Development
  - Received: 2025. 01. 06, Revised: 2025. 01. 20, Accepted: 2025. 01. 27.

## I. Introduction

영상 기반 이동 표적 탐지와 추적은 실시간으로 변화하는 이미지 스트림을 분석하여, 움직이는 객체의 위치나 속도, 이동방향 등을 파악하고 추적하는 기술이 핵심이다 [1, 2]. 이러한 기술은 무인 감시, 자율주행, 군사 감시체계 등 다양한 분야에서 필수 요소로 자리 잡고 있으며, 최근 센서 기술 및 컴퓨팅 성능의 발전으로 더욱 정교한 기법들이 연구되고 있다 [3-5].

일반적으로 이동 표적을 탐지하기 위해서는 영상의 각 프레임에서 배경과 움직이는 객체를 분리하고, 객체의 경계나 윤곽선, 움직임 벡터 등의 특징을 추출한 뒤, 추출된 정보를 바탕으로 위치 변화를 추적하게 된다 [6]. 그러나 실제 환경에서는 촬영된 영상에 복잡한 배경(클러터)이 존재하고, 표적과 유사한 형태를 지닌 거짓 표적(노이즈, 얼룩 등) 정보가 다수 포함될 수 있다. 특히 적외선(IR) 센서로 얻은 영상은 열원(熱源)과 같은 미약 신호도 함께 검출되므로, 참 표적과 거짓 표적을 효율적으로 구분하지 못할 경우 추적 성능이 심각하게 저하될 수 있다 [7].

이러한 문제를 해결하기 위해 기존에는 측정치(Detection)와 추적치(Estimation)를 연관시켜 근접도나 신호 세기를 기준으로 참 표적을 선택하는 NN(Nearest Neighbor) [2], Strongest Neighbor [3,4] 등의 방법이 제안되었다. 또한 확률적 데이터 연관 기법인 PDAF(Probabilistic Data Association Filter)는 매 시점의 여러 측정치 후보에 대해 게이트(Gate) 존재 확률을 계산함으로써, 클러터 환경에서도 비교적 안정적인 단일 표적 추적을 가능케 한다고 알려져 있다 [5,6,8,14]. 이 외에도 선형·가우시안 잡음 환경에서 최적 추정을 보장하는 칼만 필터(Kalman Filter) [7], 블록 매칭(Block Matching) [8], 옵티컬 플로우(Optical Flow) [9,10], KCF(Kernelized Correlation Filter) [11,12,16], 그리고 임계값 설정 없이 측정치의 연속성을 활용해 미약 신호를 탐지할 수 있는 파티클 필터(Particle Filter) [13,14,15] 등이 활발하게 연구되고 있다. 그러나 이러한 알고리즘만으로 여러 상황에서 참 표적을 완벽히 분리할 수 있는 것은 아니다. 다수의 후보 표적 중에서 거짓 표적을 민감하고도 신속하게 제거하지 못할 경우, 추적 게이트(Gate)가 잘못 형성되어 전체 시스템 성능이 떨어지거나, 심지어 전장 환경과 같은 고신뢰 요구 상황에서는 위험한 결과로 이어질 수 있다. 이를 방지하려면 영상 내 이동 물체의 실제 움직임 특성(크기 변화, 이동 방향, 속도 등)을 실시간으로 모니터링하여 거짓 표적을 잡는 추적 게이트를 조기에 삭제하고, 참 표적을 잡고

있는 게이트만 유지해야 한다 [2, 5].

또한 최근 딥러닝 기술은 객체 탐지 및 추적에서 혁신적인 성과를 보이고 있으며, 복잡한 환경에서도 높은 정확도를 제공한다. 그러나 이러한 딥러닝 모델은 대규모 연산 자원을 필요로 하며, GPU와 같은 고성능 하드웨어에서만 실시간 추적이 가능하다. 이에 따라 제한된 리소스를 갖춘 임베디드 시스템이나 저성능 하드웨어 환경에서는 딥러닝 기반 접근법을 적용하기 어려운 실정이다.

따라서 본 논문에서는 이동 표적의 이동 거리와 이동 방향을 실시간 모니터링하는 기법을 제안하여, 추적 필터가 설정한 임계값을 크게 초과하거나 불규칙한 움직임을 보일 경우 해당 필터를 즉시 제거함으로써 오폭착(Miss-Detection) 현상을 최소화한다. 또한 추적 시작 거리에 따라 필터가 이동할 수 있는 속도와 확장 크기를 동적으로 조절하여, 근거리·원거리 등 다양한 추적 시나리오에서 표적 크기 변화와 움직임 변동에 강인하게 대응할 수 있도록 설계하였다 [17,18]. 나아가 동일 표적 위에 중복 발생한 추적 필터 간에는 신뢰도를 평가하여 가장 높은 신뢰도를 지닌 게이트만 남기고 나머지를 삭제함으로써, 여러 게이트가 경쟁적으로 하나의 표적에 생성되어 추적 성능이 동반 하락하는 문제를 완화한다. 더불어 추적 시작 거리에 기반하여 최종 게이트 선택 기준값을 가변적으로 설정함으로써, 원거리부터 시작되는 탐지에서는 장시간 누적된 정보를 활용해 객체를 신중히 확정하고, 근거리에서 시작하는 탐지에서는 신속하게 추적 모드로 전환할 수 있도록 하였다.

## II. Tracking Filter Design to Prevent Miss-detection

본 논문에서 고려하는 이동 표적은 일반적으로 (1) 특정 속도 이하로 움직이고, (2) 일정한 이동 방향을 유지하며, (3) 영상 내 단 하나의 참 객체만 존재한다는 특성을 갖는다. 이러한 특성을 활용하여 오폭착(Miss-Detection) 게이트를 실시간으로 제거하고, 최종적으로 단일 참 객체만 남기는 4단계 알고리즘을 제안한다.

아래 그림 1과 같은 순서로 오폭착 방지 추적 필터가 수행된다. 먼저, 차영상 기반으로 검출된 이동 객체 후보 각각에 대해 추적 게이트를 생성한 뒤, 각 게이트의 중심점 거리를 비교하여 중첩 여부를 검사한다. 만약 여러 게이트가 하나의 객체에 겹쳐 있으면, 신뢰도가 가장 낮은 게이트를 우선 제거하여 한 객체에 다수의 게이트가 달라붙는

문제를 완화한다. 이후 게이트가 이동 객체의 특성을 충족하는지, 즉 일정한 방향으로 움직이고 임계값 이하의 이동 거리를 유지하는지를 살핀다. 불규칙한 방향 변화나 급격한 이동을 보이는 게이트는 거짓 객체를 추적 중이라고 간주하여 제거한다. 정상 범위 내에서 움직이는 게이트는 시간이 지날수록 신뢰도가 상승하며, 최종 임계값을 넘으면 참 객체로 확정된다. 이때 그림 2와 같이 참 객체로 확정된 게이트를 제외한 다른 게이트는 비활성화하여 단일 객체만을 추적하게 된다.

또한, 추적 시작 거리에 따라 게이트가 이동할 수 있는 범위와 확장 크기를 동적으로 조절한다. 예를 들어 원거리에서는 픽셀 이동량이 적으므로 게이트의 이동 범위를 좁게 설정하되, 놓친 객체를 재탐지할 수 있도록 필요 시 게이트 크기를 확장한다. 반면, 근거리에서는 게이트의 이동 범위를 넓혀 빠르게 움직이는 객체도 놓치지 않도록 하여 오탐지(거짓 객체) 때문에 발생할 수 있는 혼선을 최소화한다.

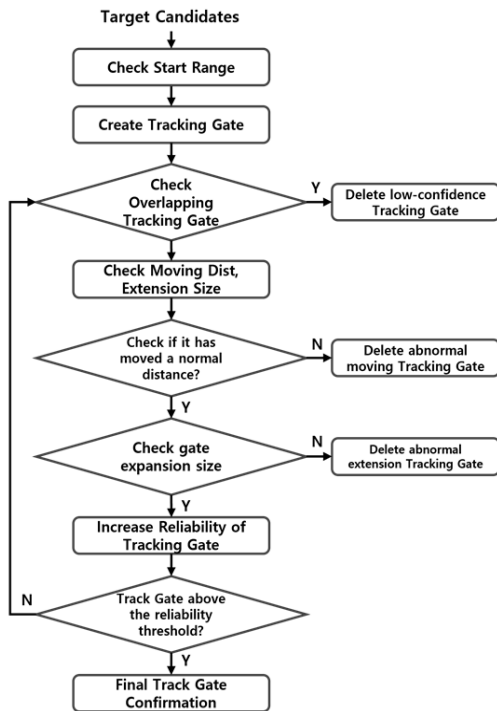


Fig. 1. Tracking Filter Flowchart to Avoid Miss-Detection

정리하자면, 이동 객체가 가지는 3가지 특성을 적극적으로 활용하여 (1) 이동 거리·방향을 통해 게이트 유지·삭제를 결정하고, (2) 추적 시작 거리에 맞춰 게이트 이동 속도·확장 크기를 조절하며, (3) 중첩 게이트를 신뢰도 관리로 제거하고, (4) 최종 추적 게이트 선택 기준값을 가변적

으로 설정함으로써, 복잡한 배경이나 노이즈가 많은 환경에서도 거짓 객체의 게이트를 신속히 제거하고 단일 참 객체만 안정적으로 추적할 수 있도록 하였다.

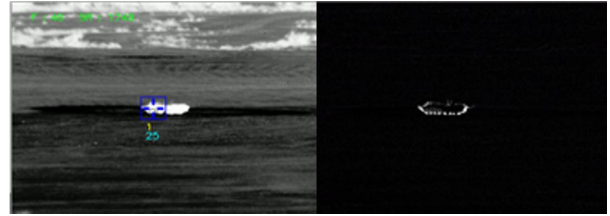


Fig. 2. Detection/Difference Imaging for Moving Target

### III. Function to Prevent Miss-detection of Moving Targets

#### 1. Monitoring Tracking Filter Movement for Gate Management

추적 필터의 이동 거리 및 이동 방향 감시를 통한 게이트 유지/삭제 기능은 이동 객체가 특정 속도 이하로 움직이는 특성을 기반으로 설계되었다. 이를 통해 현재 프레임과 이전 프레임 간 이동 거리와 이동 방향을 분석하여 추적 게이트들을 관리한다.

본 연구에서는 그림 3과 같이 프레임마다 측정되는 이동 거리  $\{d_2, d_3, \dots, d_T\}$ 의 누적값 및 평균값을 추적 알고리즘에 적용하여, 시간 경과에 따른 객체의 이동 특성을 정량적으로 평가한다. 우선, 프레임  $t$ 에서의 이동거리  $d_t$ 는 이전 프레임  $(x_{t-1}, y_{t-1})$ 와 현재 프레임  $(x_t, y_t)$ 간 유클리드 거리로 정의된다:

$$d_t = \sqrt{((x_t - x_{t-1})^2 + (y_t - y_{t-1})^2)}, \quad t = 2, 3, \dots, T$$

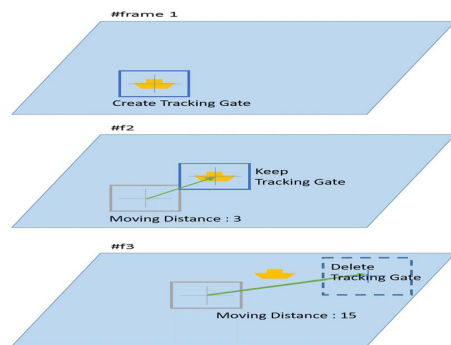


Fig. 3. Removal of gate by monitoring the movement of the tracking gate

이때, 2번째 프레임부터  $T$ 번째 프레임까지의 누적 이동 거리  $S_T$ 는 아래 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며, 이는 시간 축이 진행됨에 따라 실시간으로 갱신된다.

$$S_T = \sum_{t=2}^T d_t \quad (1)$$

또한, 식(1)을 기반으로 평균 이동 거리  $\bar{d}_T$ 는 프레임 간 거리의 총합을  $(T-1)$ 로 나눈 형태로, 식(2)와 같이 정의된다.

$$\bar{d}_T = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T d_t \quad (2)$$

이 두 지표( $S_T, \bar{d}_T$ )을 이용하여, 특정 시점까지 얼마나 움직였는지, 그리고 평균적으로 어느 정도의 이동이 발생했는지를 동적으로 평가할 수 있다.

이동거리 제한 임계값은 이동 객체의 최대 속도( $V$ )와 영상획득율( $F$ ), 추적 시작 거리( $R$ ), 시야각( $IFov$ )를 고려하여 식 (3)과 같이 구해진다.

$$md_{thr} = \frac{V_{(m/s)}}{F_{(hz)} \cdot R_{(m)} \cdot IFov_{(rad)}} + \alpha \quad (3)$$

추적 게이트의 평균 이동거리( $\bar{d}_T$ )가 이동거리 제한 임계값( $md_{thr}$ )보다 크면 게이트를 삭제하고, 이동거리 제한 임계값 보다 작으면 게이트를 보존하도록 하였다.

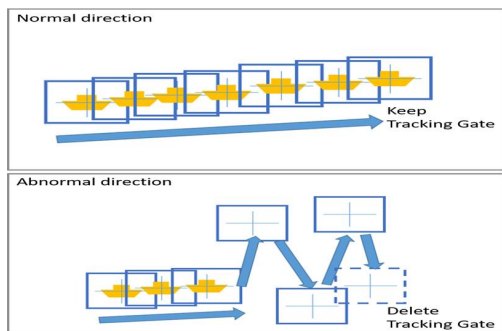


Fig. 4. Removal of gate by monitoring direction of the tracking gate

또한 영상획득률이 50hz 이상인 시스템에서 연속적인 프레임에서의 이동 객체는 일정한 방향으로 움직일 것이다. 수 프레임동안 일정한 방향으로 추적 필터가 움직이고 있으면, 위 그림 4와 같이 필터를 유지하고, 필터가 일정

한 방향이 아닌 다양한 방향으로 움직였다면 필터를 삭제하도록 설계하였다. 필터의  $(x,y)$  좌표를 이용하여 이전 필터의 좌표와 현재 필터의 좌표의 차를 구함으로써 매 프레임 이동 방향을 계산한다.  $x$ 좌표의 이동량을  $\Delta x$ ,  $y$ 좌표의 이동량을  $\Delta y$ 이라 할 때 양의 방향으로 움직이면  $\Delta x$ 은 양수가 나오고, 음의 방향으로 움직이면  $\Delta x$ 는 음수가 나온다. 연속 프레임을 감시하여 일정한 방향으로 게이트가 움직이면, 게이트를 보존하고, 불규칙한 움직임을 보이면 거짓 객체로 판단하여 게이트를 제거하도록 설계하였다. 이를 통해 안정적인 이동 특성을 유지하며, 오탐지 가능성을 최소화할 수 있다.

## 2. Adjusting Filter Speed and Expansion by Tracking Distance

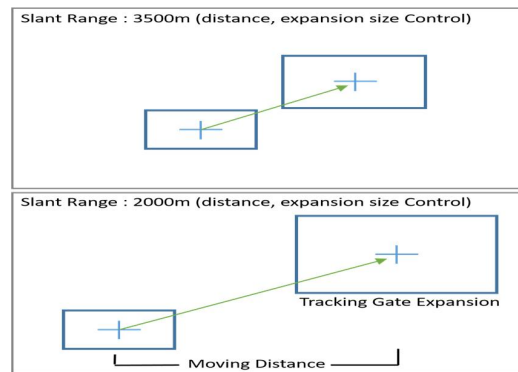


Fig. 5. Tracking gate Moving distance and expansion size adjustment using Slant Range

2번째 단계는 추적하고자 하는 객체와의 추적 시작 거리에 따라 추적 필터의 이동 속도와 확장 크기를 동적으로 조정함으로써, 다양한 거리 조건에서 안정적인 추적 성능을 확보하고 오탐지를 줄이도록 설계하였다. 그림 5와 같이 원거리(약 3500m 이상)에서는 객체의 픽셀 이동량이 적으므로 최대 이동 거리를 짧게 제한하고, 필요 시 필터 크기를 확장하여 포착했다 놓친 객체를 재탐지 할 수 있도록 보조한다. 반면 근거리(약 2000m 이내)에서는 객체의 픽셀 이동량이 크므로 이동 가능 범위를 넓히고 필터 자체도 빠르게 확장해 빠른 움직임이나 불규칙한 궤적을 보이는 객체를 놓치지 않도록 하였다.

결과적으로 원거리에서는 좁은 영역 내에서 효율적으로 탐지·추적을 집중할 수 있고, 근거리에서는 넓은 탐지 범위를 활용해 객체 탐지 성공률을 높일 수 있다. 이를 통해 다양한 거리 시나리오에서도 일관된 추적 성능을 유지하면서 오추적 가능성을 효과적으로 낮출 수 있음을 확인하였다.

### 3. Managing Overlapping Gates and Reliability

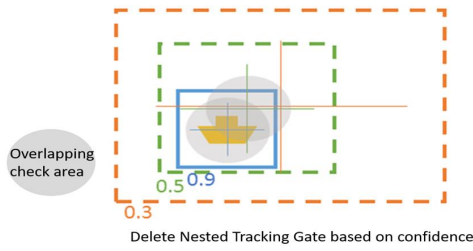


Fig. 6. Remove nested tracking gate

실제 관측 환경에서 객체가 근접하거나 영상 흔들림이 발생할 경우, 동일 객체 위에 여러 추적 필터가 중첩되어 형성될 수 있다. 이때 모든 필터가 경쟁적으로 동일 신호에 접근함으로써, 필터 간 신뢰도가 일제히 하락하는 현상이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해, 그림 6과 같이 매 프레임마다 필터 중심점( $x_i, y_i$ )에 대한 사이 거리( $d_{ij}$ )를 구하고 아래 식 (4)와 같이 중첩 임계값( $T_{overlap}$ ) 이내에 있는지 판별한다. 중첩 시 신뢰도가 가장 높은 필터 이외의 나머지는 즉시 삭제하도록 설계하였다.

$$d_{ij} < T_{overlap} \quad (4)$$

이 방식은 중첩 필터가 장기간 공존하면서 신뢰도가 집단적으로 낮아지는 상황을 효과적으로 차단한다. 또한, 잔여 필터가 단일 객체를 집중적으로 추적하게 함으로써 전체적인 추적 성능을 향상시키고, 불필요한 리소스 소모도 줄일 수 있다. 실제 실험에서도, 이러한 중첩 해소 과정을 통해 오탐지 필터가 초기에 제거되어 안정적인 추적이 가능함을 확인하였다.

### 4. Setting Final Gate Criteria by Tracking Distance

네 번째 단계는 그림 7과 같이 추적 시작 거리(Track Range)에 따라 최종 추적 게이트를 결정하는 기준 값(SV)을 동적으로 조정하는 것이다. 근거리에서 추적이 시작될 경우에는 사용할 수 있는 프레임 수가 제한적이므로 빠른 결정이 필요하다. 원거리에서는 많은 프레임 데이터를 활용하여 신중한 검증을 거친 뒤 최종 게이트를 확정하도록 설계하였다.

식 (5)와 같이 시작 거리 정보를 활용해 최종 게이트 선택 기준 값(SV)을 설정하고, 해당 기준 값 이상에 도달한 게이트를 최종 확정 게이트로 지정하며 나머지 필터는 즉시 삭제한다.

$$SV = \frac{Track\ Range}{200} + \alpha (TR \geq 1000) \quad (5)$$

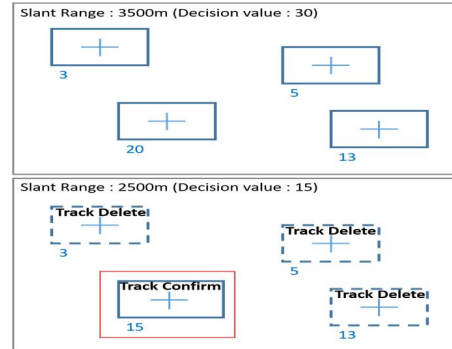


Fig. 7. Determination of final tracking gate according to Track range

원거리에서는 객체가 작고 신호가 미약할 수 있으므로 기준값을 높게 설정해 충분한 누적 정보를 확인한 뒤 확정하도록 하였으며, 근거리에서는 객체 크기와 신호 세기가 크기 때문에 기준값을 낮추어 빠른 확정이 가능하도록 설계하였다. 이러한 가변 기준 방식은 짧은 거리에서 불필요하게 높은 임계값 때문에 객체를 확정하지 못하는 문제를 방지하고, 원거리 추적에서는 충분한 관찰을 통해 오탐지 가능성을 줄여 단일 객체를 안정적으로 추적할 수 있게 한다.

## IV. Experiments

개발된 오폭착 방지 알고리즘의 성능을 검증하기 위해, 오폭착 방지 기술을 적용한 PDA 필터와 기존 PDA 필터를 대상으로 15개 이동·정지 객체 영상 실험을 실시하였다 (그림 8). 실험에 사용한 15개의 DB는 드론/헬기에 중적 외선 적외선 카메라를 장착하고, 지상 차량을 직접 촬영한 영상이다. 12개의 DB는 이동 차량을 촬영한 것이고, 9, 12, 13번 3개의 DB는 정지된 차량을 촬영한 것이다.

실험에서는 연속 프레임 상에서 추적 게이트의 이상 움직임·이동 방향, 탐지 후보군의 크기와 이동 속도 등을 실시간 모니터링하여, 오탐지 게이트를 얼마나 신속하게 제거할 수 있는지 확인하였고, 기존 PDA 필터 대비 탐지·추적 성능이 어느 정도 향상되는지도 평가하였다.

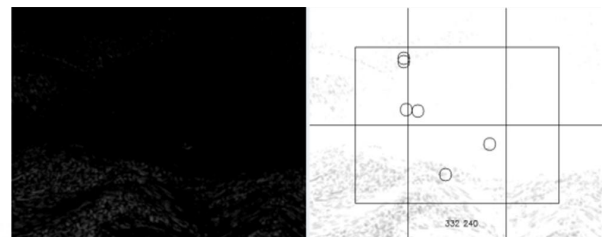


Fig. 8. Difference Images of IR Datasets

### 1. Deleting Gates by Tracking Movement

아래 그림 9 에 나타난 사례처럼, 클러터(복잡한 배경)에서 생성된 추적 게이트는 정상 이동 객체 게이트와 달리 이상 움직임이나 불규칙한 이동 방향을 보이기 쉬운데, 본 연구에서는 이러한 특징을 활용해 클러터 기반 추적 게이트를 실시간으로 제거할 수 있는지 확인하였다.

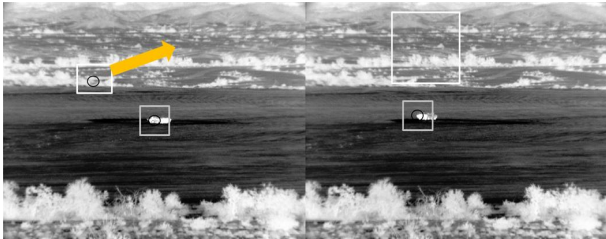


Fig. 9. Tracking gate moving distance monitoring

표 1과 같이 서로 다른 시나리오를 가진 15개 영상(DB)을 이용한 실험에서, 영상마다 거짓 객체로 인한 오탐지(Miss-Detection) 횟수(평균 15.6회), 자연 소멸로 인한 게이트 삭제 횟수(Remove Track), 이동 거리·방향 임계치 초과로 인한 게이트 삭제 횟수 (Remove Track(Movement)), 중첩 발생 시 제거된 게이트 수(Remove Nested Track), 최종 객체 확정애 사용된 프레임 수(Frame Count), 그리고 최초 탐지 후 최종 객체 결정까지 이동 거리(Distance to Complete Tracking)를 기록하였다. 그 결과, 이동 거리·방향 감시 기능을 통해 평균 2개의 오탐지 게이트를 추가로 제거할 수 있었으며, 특히 카메라 흔들림이 심한 5번·6번 DB에서는 전체 오탐지 추적 게이트 중 약 36%를 제거하여 오탐지를 효과적으로 줄일 수 있음을 확인하였다.

### 2. Removing Filters in Overlapping Cases

아래 그림 10은 여러 추적 필터가 동일 객체에 중첩되는 상황에서, 신뢰도가 낮은 필터를 실시간 제거하는 과정을 나타낸다.

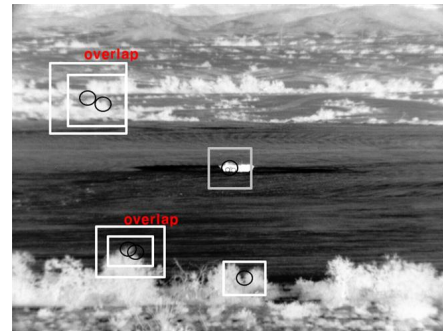


Fig. 10. Monitoring nested tracking gates

그림 11와 같이 총 15개 DB 영상을 분석하여 오탐지 추적 게이트와 중첩된 추적 게이트의 발생 빈도를 확인한 결과, 전체 오탐지 게이트의 30.77%가 중첩 게이트로 파악되었다. 중첩된 게이트를 제거했을 때, 최종 객체를 결정하기 까지 필요한 프레임 수를 최대 48프레임 줄일 수 있었으며, 이로써 표적 추적 속도가 향상되었다. 특히 복잡한 배경이나 노이즈가 많은 영상에서 다수의 필터가 한 표적 주변에 몰리는 상황에서도, 중첩 게이트 제거를 통해 불필요한 게이트가 빠르게 정리되었음을 확인할 수 있었다.

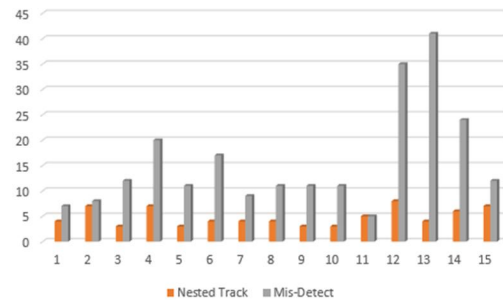


Fig. 11. Comparison of nested track gate and miss-detected track gate

Table 1. Moving/Stop Target Tracking Test Results

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Confirm Target	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	X	X	0	0
Miss-Detection	7	8	12	20	11	17	9	11	11	11	5	35	41	24	12
remove Track (no signal)	1	0	7	8	4	8	4	4	8	6	0	20	31	12	4
remove Track (Movement)	3	2	3	6	4	5	2	3	1	2	0	7	6	6	3
remove Nested Track	4	7	3	7	3	4	4	4	3	3	5	8	4	6	7
Frame Count	185	141	335	416	385	326	202	215	452	204	83	200	344	616	185
Distance to Complete Tracking(m)	1826	1685	1315	1500	889	998	575	630	2500	1301	474	2500	2500	1093	1193

### 3. Comparison with the Existing PDA Filter

15개의 객체 영상 DB(이동·정지 객체 포함)를 대상으로, 기존 PDA 필터와 본 논문에서 제안하는 추적 알고리즘의 탐지율과 오탐지율을 비교하였다. 아래 표 2와 같이, 기존 PDA 필터는 평균 탐지율이 53.33%였으나 제안하는 알고리즘은 80%를 달성하여 약 26.67% 향상된 성능을 보였다. 특히, 정지 객체를 제외한 12개 DB에서는 제안 알고리즘이 100% 탐지율을 기록하여 기존 PDA 필터 대비 우수함을 입증하였다. 한편, 오탐지율 측면에서도 제안 알고리즘은 15개 DB 모두에서 0%를 유지한 반면, 기존 PDA 필터는 26.66%의 오탐지율이 관찰되었다. 이는 복잡한 지형에서 발생하는 강한 신호(클러터)에 기존 PDA 필터의 추적 게이트가 고착되거나 이리저리 옮겨 다니는 문제를 제대로 억제하지 못했기 때문으로 해석된다. 반면, 제안 알고리즘은 실시간으로 클러터 신호를 제거하고, 이동 객체에만 추적 게이트를 집중시킴으로써 정확한 추적 성능을 확보하였고, PDA 필터보다 1.3배 더 빠르게 객체를 확정 할 수 있었다.

Table 2. Comparison of detection rate and miss-detection rate by algorithm

	Original PDAF	Ours ALG
Detection Rate	53.33%	80%
Miss-Detection Rate	26.66%	0%
Average frames to completion	x1.3	285

## V. Conclusions

본 논문에서는 이동 객체 추적 과정에서 발생하는 오폭착(Miss-detection) 문제를 효과적으로 해결하기 위해, 거짓 객체를 신속히 제거하고 단일 참 객체만을 안정적으로 추적할 수 있는 추적 필터를 제안하였다. 실제 IR 영상 데이터를 활용한 실험을 통해, 제안 기법이 다양한 환경에서 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

실험 결과, 제안된 추적 필터는 오탐지된 추적 게이트의 최대 36%를 실시간으로 제거하고, 약 30.77%의 중첩 게이트도 신뢰도 분석을 통해 효과적으로 제거하여 전체 게이트 신뢰도의 하락을 방지하였다. 이를 통해 약 48프레임 더 빠르게 최종 객체를 결정할 수 있음을 확인하였다. 또한 추적 시작 거리에 따라 최종 객체 확정 기준값을 동적으로 조절함으로써, 근거리 추적에서는 원거리 대비 56% 적은 영상 프레임만으로도 높은 정확도로 객체를 확정 할 수 있었다.

기존 PDA 필터와의 비교 실험에서는 제안하는 필터의 탐지율이 26.7% 더 높게 나타나, 복잡한 배경에서도 안정적인 추적 성능을 확보함을 입증하였다. 향후에는 보다 다양한 영상 DB를 활용하여 알고리즘의 성능을 정밀 검증하고, 실제 신호처리에 탑재하여 실시간성과 실효성을 추가로 확인할 계획이다.

## REFERENCES

- [1] JeongSeok Kim et al, "Image Stabilization and Target Detection Method to Detect Moving Target", Korea Software Congress, December 2021
- [2] YeongHeon Jeong et al, "Selection of Signal Strength and Detection Threshold for Optimal Tracking with Nearest Neighbor Filter", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea SC, Vol. 37 Issue 3, pp. 1-8, May 2000
- [3] YeongHeon Jeong et al, "Target Tracking Using Image Features in Cluttered Environment", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 49 Issue 10, pp. 209-216, October 2012
- [4] X.R. Li, Xiaorong Zhi, "PSNF: A refined strongest neighbor filter for tracking in clutter", Proceedings of 35th IEEE Conference on Decision and Control, kobe, Japan, DOI: 10.1109/CDC.1996.577670
- [5] YaakovBar-Shalom et al, "Tracking in a cluttered environment with probabilistic data association", Automatica, Volume 11, Issue 5, pp. 451-460, September 1975, DOI: 10.1016/0005-1098(75)90061-7
- [6] Sujin Kim, Young-Hun Jung, Jaewung Kang, Joohong Yoon, "Multiple Target Tracking using Target Feature Information" Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 19, No. 5, pp. 890-900, May 2016
- [7] Hitesh A Patel, Darshak G Thakore, "Moving object tracking using kalman filter", International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol. 2, Issue. 4, pp. 326-332, April 2013
- [8] YoungWook Sohn et al, "Block-based Motion Vector Smoothing for Nonrigid Moving Objects", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea SP, Vol. 44 Issue 6, pp. 47-53, November 2007
- [9] SungMin Kim et al, "The Study of Pre-processing Algorithm for Improving Efficiency of Optical Flow Method on Ultrasound Image", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea SC, Vol. 47 Issue 5, pp. 24-32, September 2010
- [10] Berthold K.P.Horn, Brian G.Schunck, "Determining Optical Flow", The journal of Artificial Intelligence, Vol. 17 Issues 1-3, pp. 185-203, August 1981, DOI: 10.1016/0004-3702(81)90024-2

- [11] KaYoung Park, "Scalable Re-detection for Correlation Filter in Visual Tracking", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 25 Issue 7, pp. 57-64, July 2020
- [12] João F. Henriques et al, "High-Speed tracking with kernelized correlation filters", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 37, Issue 3, pp. 583-596, August 2014, DOI: 10.1109/TPAMI.2014.2345390
- [13] SunGu Sun, ByungLae Cho, "Small Target Detection in Infrared Images Using Particle Filter Track-Before-Detection", The Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 14 No. 9, pp. 37-43, September 2016
- [14] TaekLyul Song, "Multi-target Tracking Filters and Data Association: A Survey", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 20 Issue 3, pp. 313-322, March 2014
- [15] Keunho Yun et al, "Robust Location Tracking Using a Double Layered Particle Filter", Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, vol 33, no. 12, pp. 1022-1030, December 2006.
- [16] Young-Giu Jung et al. "Small/Fast Moving Target Tracking base on Correlation Filter in Clutter Environment", The Institute of Internet, Broadband and Communication, Vol. 19, Issue 4, pp.93-98, January 2019.
- [17] Jeong-Seok Kim et al. "Design of Real-Time Tracking Filter Function for False Target Elimination", Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference, January 2023.
- [18] Jeong-Seok Kim et al, "Tracking Filter Design to Prevent Mis-Detection during Tracking Moving Target", Proceedings of the Korea Information Science Society Conference, December 2022.

## Authors



Jeong-Seok Kim received the B.S. and M.S. degrees in Computer Science and Engineering from Chungnam National University, Korea, in 2011 and 2013, respectively. He has been pursuing a Ph.D. degree in the School of

Computing at KAIST, Korea, since 2022. Since 2013, he has been a senior researcher at the Agency for Defense Development (ADD), Korea. His research interests include detection/tracking algorithm development and DNN model compression.



Dae-Yeon Kim received the B.S. and M.S. degrees in Electronics from Kyung Hee University, Korea, in 2006 and 2008, respectively, and the Ph.D. degree from the University of Electro-Communications, Tokyo,

Japan, in 2013. Since 2013, he has been with the Agency for Defense Development (ADD), Korea. His research interests include gimbal modeling and control.