

## 가상환경 기반 적외선 영상 표적 추적 기법의 성능 검증

김태윤<sup>1\*</sup>, 박찬국<sup>2</sup>서울대학교 지능형우주항공시스템/자동화시스템공동연구소<sup>1</sup>서울대학교 항공우주공학과/자동화시스템공동연구소<sup>2</sup>

## Performance Evaluation of Infrared Target Tracking Methods in Virtual Environments

Tae Yoon Kim<sup>1\*</sup>, Chan Gook Park<sup>2</sup>

**Key Words** : Infrared Target Tracking(적외선 표적 추적), Siamese Network(쌍 네트워크), Virtual Environment(가상환경)

## 서론

적외선 영상은 RGB 카메라가 동작하지 못하는 상황에서도 열신호를 수신할 수 있어 야간 감시, 항공 및 방산 분야 등에서 필수적인 역할을 수행한다. 하지만 기본적으로 낮은 해상도와 희미한 텍스처로 인해 표적의 경계 및 세부 구조가 제대로 표현되지 않는 문제가 있다. 기존 연구는 저해상도 영상에서 직접 특징을 학습하거나 초해상화 기법을 통해 해상도를 개선한 이후 특징을 추출하고자 하였으나, 후자의 경우 영상의 크기가 증가하여 네트워크의 연산량 증가로 인해 실시간 응용에 한계가 있었다. 이에 본 연구에서는, 초해상화를 통해 입력 영상의 고주파 정보를 복원한 후, 복원된 정보를 효과적으로 후단 네트워크에 전달하기 위해 다운샘플링 기법을 추가로 활용한다.

이와 함께, 기존 적외선 데이터셋이 갖는 한계를 보완하기 위해 Unity 기반의 가상환경에서 다양한 조건을 반영한 데이터셋을 생성하여 전이학습에 활용하고, 구체적인 목표 상황에서의 성능을 평가하여 분석한다.

## 본론

본 연구에서는 초해상화와 SiamRPN을 결합한 적외선 영상 기반 표적 추적 네트워크를 개발하고, Unity 기반의 가상환경을 활용하여 다양한 조건에서 학습 및 검증을 수행하였다. 이를 통해 네트워크의 강건성을 향상시키고 실시간 운용 가능성을 평가하였다.

## SuperResolution + SiamRPN

저해상도 적외선 영상에서 초해상화를 활용하면 경계나 텍스처와 같은 세부 정보를 복원하여 실시간 추적에 정밀도를 높일 수 있다. 하지만 영상 크기의

증가로 인해 후단 네트워크의 연산량 증가로 인해 실시간 활용이 어려워지는 문제가 있다. 따라서 초해상화 이후 다운샘플링을 통해 영상의 크기를 유지하면서도 고주파 정보를 강조하는 방식을 활용하였다. 통합된 네트워크의 구조는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

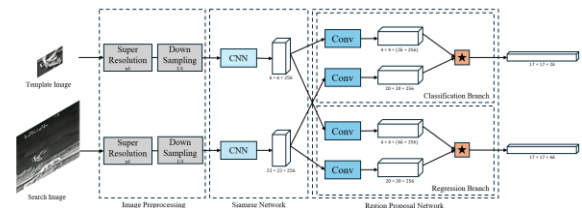


Fig. 1. Structure of SRD-SiamRPN

## 가상환경 프레임워크

기존 적외선 영상 데이터셋은 제한적인 환경에서 수집된 경우가 많아, 다양한 조건에서의 일반화 성능이 RGB 데이터셋 대비 상대적으로 부족하다. 본 연구에서는 Unity 엔진을 통해 조명, 기상, 배경, 기동 등을 자유롭게 시뮬레이션 할 수 있는 가상환경을 구축하고, 이를 통해 적외선 영상 데이터셋 구축을 자동화하였다.

가상환경에서는 객체의 형상을 시점 기준에서 정확하게 파악할 수 있으므로, 영상과 함께 정확한 어노테이션을 획득할 수 있다. 이를 통해 네트워크가 환경에 의존하지 않고 표적의 정보에 집중하도록 학습을 안정화시킬 수 있다.

본 연구에서는 ImageNet 기반 사전학습 모델을 기반으로, LSOTB-TIR 데이터셋과 가상환경에서 생성된 적외선 영상 데이터셋을 추가로 학습하여 네트워크의 강건성을 확보하였다.

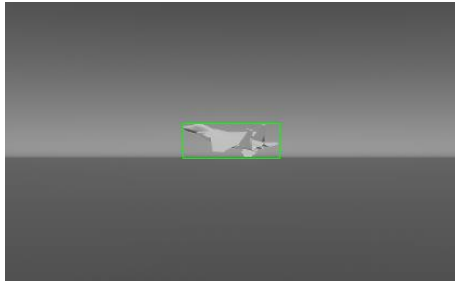


Fig. 2. Generated Tracking Dataset

## 시 물 레 이 셴 결 과

실험은 i9-12900KF와 RTX 4090에서 진행되었으며, 다양한 시나리오(빠른 기동, 밝기 불균일, 모션 블러 등)를 포함한 평가용 데이터셋을 통해 제안 기법의 성능을 확인하였다.

평가 결과, 복원된 고해상도 영상의 고주파 특징을 통해 기존 기법으로는 표적을 놓치던 시나리오에서도 개선된 기법은 정상적으로 추적을 수행하는 모습을 확인할 수 있었다. 동시에, 다운 샘플링 없이 초해상화만 진행하는 기법 대비 더 높은 속도로 연산을 수행할 수 있었다.

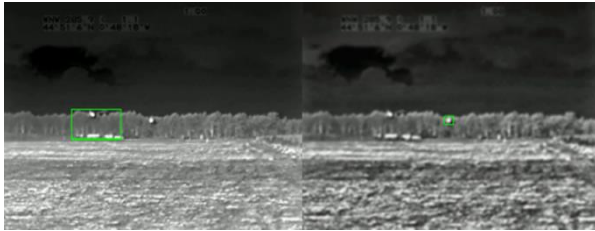


Fig. 3. Preprocessed Input Video

Method	Laplacian Variance	Wavelet Energy	BRISQUE	NIQE
Base	20.53	196159	58.42	17.27
SR+DS	72.15	225404	56.32	15.09

Fig. 4. Image Quality Metrics Comparison

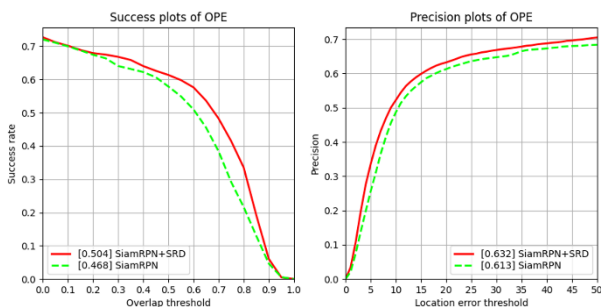


Fig. 5. OPE Success &amp; Precision Plots

## 결 론

본 연구는 초해상화와 다운샘플링을 결합한 표적 추적 기법이 적외선 영상의 고주파 특징 복원을 통한 추적 성능 향상과 연산 효율성 유지에 효과적임을 확인하였다. 또한, Unity 기반 가상환경을 통해 다양한 실제 조건을 모사한 데이터셋을 생성하고 이를 전이학습에 활용함으로써, 네트워크의 강건성을 향상시켰다. 제안 기법은 항공 및 방산 분야와 같이 실시간 처리가 중요한 응용 분야에서 높은 추적 성능을 제공할 수 있음을 시사한다.

## 후 기

이 연구는 인공지능 비행제어 특화연구실 프로그램의 일환으로 국방과학연구소와 방위사업청의 지원으로 수행되었음(UD230014SD).

## 참고문헌

- 1) Li, B., Yan, J., Wu, W., Zhu, Z., and Hu, X., "High Performance Visual Tracking with Siamese Region Proposal Network," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2018, pp. 8971-8980.
- 2) Wang, X., Yu, K., Wu, S., Gu, J., Liu, Y., Dong, C., Loy, C. C., Qiao, Y., and Tang, X., "ESRGAN: Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks," Proceedings of the European Conference on Computer Vision Workshops (ECCVW), 2018, pp. 1-12.
- 3) Haris, M., Shakhnarovich, G., and Ukita, N., "Deep Back-Projection Networks for Super-Resolution," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2018, pp. 1664-1673.
- 4) Xiong, R., Zhang, S., Zhang, Y., and Zhang, M., "SPECTER: A Tracker with Super-Resolution Siamese Network Reconstruction and Multi-Scale Feature Extraction for Thermal Infrared Pedestrian Tracking," Proceedings of the 7th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI), 2024, pp. 1-10.