

# 딥러닝 기반 전차 조준선 정렬 시스템

## Deep Learning Based Tank Aiming line Alignment System

정규빈\*, 박재효\*\*, 석종원\*

Gyu-Been Jeong\*, Jae-Hyo Park\*\*, Jong-Won Seok\*

### Abstract

The existing aiming inspection use foreign-made aiming inspection equipment. However, the quantity is insufficient and the difficult to maintain. So it takes a lot of time to inspect the target. This system can reduces the time of aiming inspection and be maintained and distributed smoothly because it is a domestic product. In this paper, we develop a system that can detect targets and monitor shooting results through a target detection deep learning model. The system is capable of real-time detection of targets and has significantly increased the identification rate through several preprocessing of distant targets. In addition, a graphical user interface is configured to facilitate user camera manipulation and storage and management of training result data. Therefore the system can replace the currently used aiming inspection equipment and non-fire training.

### 요약

기존의 조준 감사는 외국에서 수입한 조준 검사기계를 사용하는 실정이다. 하지만 그 수량이 매우 부족해서 조준 감사에 많은 시간이 소요되고 유지보수가 어렵다. 때문에 시스템을 국산화 시켜 조준 감사시간을 줄이고 유지보수와 보급을 원활하게 하는 것이 목적이다. 본 논문에서는 표적 탐지 딥러닝 모델을 통해 표적을 탐지하고 사격 결과에 대한 모니터링이 가능한 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 표적의 실시간 탐지가 가능하고 먼 표적에 대한 여러 전처리를 통해 식별률을 크게 상승시켰다. 또한 사용자 인터페이스를 구성하여 사용자의 카메라 조작과 훈련결과 데이터의 저장 및 관리를 용이하게 하였다. 이 시스템으로 현재 사용되고 있는 조준 검사기재와 비사격 훈련을 대체할 수 있다.

*Key words : Tank, Aiming Inspection, Deep Learning, Target Detection, Computer Vision*

### 1. 서론

조준 감사는 전차 사격시 조준경과 포신이 같은 선상에 놓일 수 있게 조준선을 정렬하는 것을 말하는데 일정한 주기를 기준으로 실시하거나 사격횟수에 따라 실시하기도 한다. 이 때 사용하는 장비를

‘조준 검사기재’라고 한다. 현재의 조준 검사기재는 외국에서 수입해오는 수입산으로 전차포에 부착 운용한다. 검사기재에 부착되어 있는 스크프를 통해 표적의 위치를 인지하고 전차장의 수신호에 따른 포수의 포신 이동으로 조준 감사를 실시한다. 하지만 수입산 장비이기 때문에 보급이 원활하지

\* Dept. of Information and Communication Engineering, Changwon National University

\*\* Army Consolidated Maintenance Depot

★ Corresponding author

E-mail : [jwseok@changwon.ac.kr](mailto:jwseok@changwon.ac.kr), Tel : +82-55-213-3836

※ Acknowledgment

“This research is financially supported by Changwon National University in 2021~2022.”

Manuscript received May. 12, 2021; revised Jun. 16, 2021; accepted Jun. 22, 2021.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

못해 각 부대별 수량이 절대적으로 부족하고 유지 관리 보수 또한 어려운 실정이다. 이 뿐 아니라 사람에서 사람으로 명령이 하달되기 때문에 조준 감사에 많은 시간이 필요하고 이 또한 조작자의 숙련도에 따라 상이하다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 인공지능 기반 전자 조준선 정렬 시스템을 개발하였다. 인공지능을 통해 전방의 표적을 탐지하여 위치를 파악하고 카메라가 비추는 화면을 통해 조준선을 정렬 할 수 있다. 이 모든 과정은 포수 한사람만으로 가능하여 시간을 단축시킬 수 있고 비사격 훈련시 명중여부를 판단하여 훈련결과를 기록하고 데이터베이스에 저장·관리할 수 있다. 이어지는 장에서는 이와 같은 딥러닝 진차 조준선 정렬 시스템의 시스템 구조와 시스템 설계, 그리고 실제 구성에 있어 필요한 세부사항을 기술할 것이다.

## II. 진차 조준선 시스템

### 1. 시스템 구조

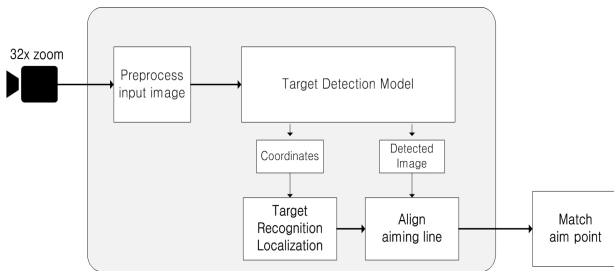


Fig. 1. Block diagram of system.  
그림 1. 시스템 블록도

시스템의 구조는 표적을 촬영하고 표시하는 하드웨어와 표적의 위치와 종류를 탐지하고 사용자에게 그 정보를 전달하는 소프트웨어로 구성된다. 하드웨어는 32배율의 카메라, 카메라를 진차 포구에 고정시키기 위한 하우징, 통제용 컴퓨터로 구성되어 있으며 카메라에 실시간으로 들어오는 영상을 컴퓨터의 디스플레이에 출력한다. 컴퓨터는 GPU가 없는 듀얼 코어의 CPU 환경이다. 소프트웨어는 들어온 영상에서 표적을 탐지하고 위치와 종류에 대한 정보를 통제용 컴퓨터 화면을 통해 전달한다.

사용자는 수집된 정보를 바탕으로 포구의 조준선을 수정·정렬한다. 조준선 정렬 후 사격까지 완료하면 결과에 대한 정보를 데이터베이스에 저장한다. 저장된 훈련 결과는 사용자 인터페이스를 통해서 확인할 수 있다.

### 2. 시스템 설계



Fig. 2. Examples of targets for shooting training.  
그림 2. 사격훈련을 위한 표적의 예

시스템의 목적은 그림 2와 같이 흑백이 교차되는 격자모양의 표적과 진차 형태의 표적을 높은 성능으로 식별하는 것이다. 하지만 준비된 데이터를 아무 처리 없이 학습데이터로서 사용하면 높은 성능을 기대하기 힘들다. 따라서 다음과 같은 데이터의 사전처리 작업이 필요하다.

#### 가. 전처리

기존의 데이터로 주어진 이미지들을 학습 데이터로 곧장 사용하기에는 다음과 같은 두가지 문제점이 있다.



Fig. 3. An example of a target at the line of sight of a tank.  
그림 3. 진차 조준선에서 보여지는 표적의 예

#### (1) 매우 큰 사진의 크기

보통 YOLO 모델의 입력은 너비 높이 416×416인데 제공된 데이터 이미지의 크기는 그림 3과 같이 4320×2880의 고해상도 이미지이다. 때문에 원본 이미지를 입력으로 사용하게 되면 전체 이미지가 입력 크기만큼 줄어들고 표적의 크기 또한 작아진다. 게다가 큰 이미지를 작은 이미지로 재구성하는 서브 샘플링 과정에서 필연적으로 정보의 손실이 일

어난다. 따라서 앞서 말했듯이 모델의 입력으로 적용하기에 한계가 있는 것이다.

(2) 부족한 데이터 셋

전차 조준선 정렬과 같은 특수한 문제는 전차 사격장이라는 제한된 장소에서만 얻을 수 있는 데이터이기 때문에 데이터를 획득하는 것이 쉽지 않다. 실제로 초기 이미지의 수는 96으로 보통 딥러닝 모델을 활용한 이미지 처리에 수천 수만장의 이미지 데이터가 사용되는 것과 비교하면 현저히 부족한 양이다.

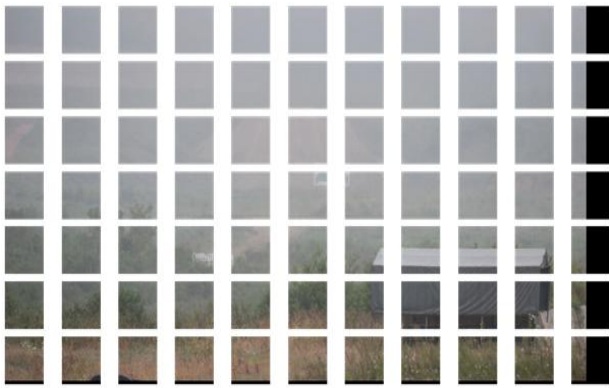


Fig. 4. Patched images.

그림 4. 일정한 크기로 잘린 패치의 예

그래서 이 두가지 문제점을 해결하기 위해 하나의 큰 이미지를 정해진 크기의 여러 작은 패치(patch)들로 나누고 그 중 표적이 있는 패치만을 데이터로 사용하여 데이터를 확장하였다.

우선 각 이미지마다 표적의 위치와 크기에 대한 정보를 수집하기 위해서 주석(annotation) 도구를 사용한다. 여기서 주석 도구는 사용자가 그리는 경계 상자(bounding box)의 좌상단 좌표와 우하단 좌표를 도출해주는 역할을 한다. 그런 다음 각 이미지들을 지정한 크기의 패치로 자르는데 이 때 크기가 작을수록 많은 패치를 만들고 크기가 클수록 적은 패치를 만든다. 그림 4가 일정한 크기로 잘린 패치들이다.

그런 다음 앞서 수집했던 표적의 경계 상자 좌표를 바탕으로 사각형의 다각형(Polygon) 객체를 만들고 모든 패치에 대해서 표적 객체와의 IoA(Intersection of Area)를 계산한다. IoA는 전체 집합에서 교집합의 비율을 계산하는 방법으로 식(1)과 같다. IoA는 [0,1]의 실수값이며 0이면 겹치는 곳이 존재하지 않

는 것을 의미하고 1이면 완전히 겹친다는 것을 의미한다. 따라서 IoA가 설정한 임계점 이상의 값일 경우에 표적이 있는 패치로 판단한다. 본 논문에서는 임계점을 0.7로 두어 표적이 있는 패치만으로 학습 데이터를 재구성하였다.

$$IoA(Intersection\ of\ Area) = \frac{A \cap B}{B} \text{ (if } A \subset B \text{)} \quad (1)$$

전체 원본 데이터에 대해 다음과 같은 과정을 다양한 크기의 패치로 진행한다. 여러 크기의 패치로 진행하는 이유는 표적의 크기가 다양한 데이터가 많을수록 학습에 유리하기 때문이다. 패치의 크기는 [416,618,820,1024]의 크기로 각각 진행하였고 결과적으로 처음의 96개 데이터를 922개의 데이터로 확장시켰다. 추가로 새로 만들어진 922개의 데이터에 각각 명암, 뒤집기(flip), 날씨 잡음을 추가한 데이터를 생성했다. 그래서 데이터 셋은 총 4개의 다른 세트로 각각 훈련을 진행하였다.

나. 모델

이 시스템에서 사용하는 딥러닝 모델은 YOLO(You Only Look Once)[1][2][3]로 높은 성능을 가지는 객체 탐지 모델이다. 하지만 YOLO는 파라미터 수가 많은 무거운 모델이기 때문에 GPU가 없는 환경에서는 실시간 처리가 힘들다. 따라서 시스템의 실시간 처리를 위해 YOLOv3-tiny 모델을 사용한다. tiny 모델은 층의 개수와 파라미터 수가 상대적으로 적은 가벼운 모델이다. 하지만 딥러닝 모델은 파라미터 수에 따라 성능에 차이가 나고 tiny 모델은 파라미터 수가 적은 만큼 상대적으로 성능이 낮다. 실제 필드에서 표적과 전차 사이의 거리는 약 1.2km로 매우 멀고 전체 이미지의 크기에 비해 표적의

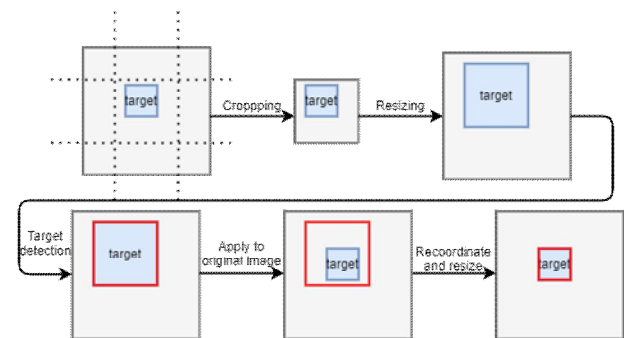


Fig. 5. Diagram of image processing.

그림 5. 이미지 처리 블록도

크기가 매우 작다. 때문에 일반적인 방법으로 표적을 탐지하는 것은 힘들다. 따라서 모델이 영상 안의 표적을 판단하기 전에 적절한 처리를 적용한다.

(1) 이미지 Cropping

우선 전체 이미지의 크기를 줄이기 위해서 이미지의 상하좌우를 1/4씩 자른다(cropping). 그럼 결과적으로 이미지의 크기가 원본 이미지의 반으로 축소되고 상대적으로 표적이 이미지에서 차지하는 부분이 커진다.

(2) 이미지 Resizing

잘린 이미지를 원본 이미지의 해상도로 resizing 한다. 그럼 전체 이미지의 크기는 원본 이미지와 같아지지만 표적의 크기는 2배로 커진다. 따라서 resizing한 이미지를 입력으로 사용하면 모델의 표적 탐지 성능이 크게 향상된다. 실험실에서 약 200m 떨어진 거리에 있는 표적을 탐지하는 환경에서 원본 이미지에 비해 2배의 성능 향상을 보였다.

(3) Bounding box 조정

성능은 개선되었지만 표적이 커진만큼 bounding box의 크기도 커지고 resizing하는 과정에서 좌표도 달라진다. 사용자가 보는 화면은 원본 이미지의 화면이기 때문에 표적의 위치와 다른 곳에 다른 크기의 bounding box는 부적절하다. 따라서 box의 크기를 1/2로 줄이고 좌표의 적절한 수정이 필요하다.

우선 전체 이미지의 중심 좌표와 bounding box의 중심 좌표 사이의 오차를 계산한다. 그리고 계산된 오차를 box의 좌상단 좌표와 우하단 좌표에 더해 좌표를 수정한다. 마지막으로 box의 크기를 반으로 줄이기 위해서 box의 넓이와 높이의 1/4만큼 더하고 빼준다. 자세한 수식은 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 loss_x &= \{(center_x - center_x\ of\ box)/2\} \\
 loss_y &= \{(center_y - center_y\ of\ box)/2\} \\
 \text{Coordinate of box} &= \\
 &= \{ \{(left_b + loss_x + width_b/4), (top_b + loss_y + height_b/4)\}, \\
 &= \{ (right_b + loss_x - width_b/4), (bottom_b + loss_y - height_b/4) \} \}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서  $left_b$ 와  $top_b$ 는 각각 bounding box의 좌상단의 x, y 좌표,  $right_b$ 와  $bottom_b$ 는 각각 우하단의 x, y 좌표를 뜻하고  $width_b$ 와  $height_b$ 는 box의 넓이와 높이를 뜻한다.

다. 인터페이스



Fig. 6. Initial screen of GUI. 그림 6. GUI 초기 화면

사용자의 편리한 시스템 사용을 위해서 PyQt[4]를 활용해 GUI(Graphical User Interface)를 구성하였다. 최초 GUI의 시작은 그림 6과 같이 전차번호와 운용병의 이름 입력을 통해 진행된다. 전차번호와 운용병의 이름은 추후 훈련결과 저장에 위해서 꼭 필요한 데이터이다. 두 데이터 입력 후 접속을 진행하면 전체 메인 화면이 나타나고 메인 화면은 총 두 가지 tab으로 구성되어 있다. 첫 번째 tab은 카메라 조작부터 분석, 저장, 종료까지 조준감사에 필요한 모든 기능들이 집합되어 있다. 사용하는 때에 따라서 조준감사와 사격모드로 나누고 조준감사에서는 실시간 표적탐지가 가능하고 사격에서는 실시간 표적탐지를 하지 않고 많은 프레임을 받아드려 화면전환이 부드럽게 하였다. 두 번째 tab은 지금까지의 훈련결과가 저장된 데이터베이스로 가장 최근 훈련결과부터 순서대로 정렬되어 있다. 훈련결과와 피드백을 위해서 운용병의 이름으로 검색이 가능한 검색창을 두었고 일정 개수 이상이면 페이지를 넘겨서 탐색할 수 있게 개발하였다. 또한 저장된 훈련결과 이미지를 더블클릭으로 확인할 수 있다.

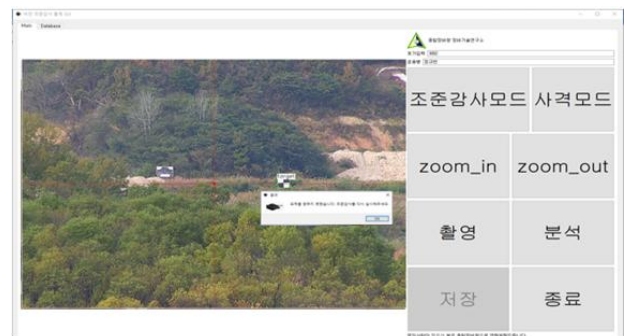


Fig. 7. GUI for camera manipulation and result storage. 그림 7. 카메라 조작과 결과 저장을 위한 GUI

호기	날짜	운용병
123	2020-11-14 16:30:17	정규빈
123	2020-11-14 16:16:57	정규빈
123	2020-11-14 16:15:39	정규빈
123	2020-11-14 16:14:18	정규빈
123	2020-11-12 23:36:59	조재규
123	2020-11-12 23:36:27	신용영
123	2020-11-10 14:08:06	정규빈
123	2020-11-10 14:06:36	정규빈
123	2020-11-10 00:45:20	정규빈
123	2020-11-10 00:40:59	정규빈

Fig. 8. Database for shooting record.  
그림 8. 사격기록을 위한 데이터베이스

라. 실험

Table 1. Training results.

표 1. 훈련결과

Method	Loss
패치 데이터	0.2075
명암 조절 패치 데이터	0.1699
좌우 반전 패치 데이터	0.2044
날씨 잡음 추가 패치 데이터	0.2592

표 1은 앞서 말했던 총 4개의 데이터세트에 대한 훈련결과로 Loss는 validation loss를 의미한다. 4개의 데이터 세트 중 명암을 조절한 데이터의 성능이 가장 좋고 비, 눈, 안개와 같은 날씨 잡음을 추가한 데이터의 성능이 가장 떨어진다. 따라서 명암 조절 데이터로 학습한 모델을 선택하고 앞의 여러 처리를 거쳐 테스트하였다.

마. 시험평가 및 결과 고찰



Fig. 9. Result in real field.  
그림 9. 실제 필드에서의 식별결과

시스템의 성능 시험 평가를 위해서 주변 환경이 맑은 상황에서 1.2km 바깥의 실제 전차에 카메라를 부착하고 실험을 진행하였다.

장착된 상태에서 시스템의 화면을 통해 표적을 식별하고 조준감사를 진행하였다. 기존의 조준감사는 약 17분의 시간이 소요되는 반면 전차 조준선 정렬 시스템은 평균 약 2~3분의 시간이 소요되는 것을 알 수 있었다. 딥러닝 모델의 표적 식별 정확도는 95% 이상으로 높은 성능을 보였으며 box의 크기와 좌표 또한 실제 표적과 큰 오차가 존재하지 않았다. 실제로 모든 데이터가 사격장의 환경에서 습득한 것이기 때문에 연구실에서의 실험보다 더 나은 표적 식별률을 보였다.

III. 결론

최근들어 인공지능에 대한 관심이 많아지고 여러 산업에서 다양하게 활용되고 있다. 사람이 반복적으로 하던 일을 인공지능이 대체하면서 그 시간과 비용이 줄어들게 된다. 기존의 조준감사기계를 이용한 조준감사 또한 두 사람이 하는 반복적인 작업이다. 따라서 사람이기 때문에 발생하는 에러를 줄이고 시간과 비용을 줄일 수 있는 대체 장비의 개발이 필요하고, 수입산 기제로 인한 제한적인 수량을 개선해야 한다.

본 논문에서는 인공지능 기반의 전차 조준선 정렬 시스템을 개발하여 높은 정확도로 표적을 탐지하고 조준선을 정렬할 수 있게 하였다. 이 시스템은 타겟 탐지 딥러닝 모델을 통해 실시간으로 표적을 탐지하고 표적의 위치와 크기를 도출할 수 있다. 도출된 정보를 바탕으로 조준감사를 실시하고 훈련을 진행할 수 있다. 사격의 명중여부를 인공지능이 판단하여 결과를 저장한다. 모든 훈련결과를 데이터베이스에 기록·저장되고 언제든지 훈련결과를 확인할 수 있다.

이러한 전차 조준선 정렬 시스템의 개발로 수입산 조준감사기계를 대체하여 제한적인 수량문제를 극복할 수 있고 두 사람이 해야하는 일을 한 사람으로 줄일 수 있으며 조준감사를 실시할 때 소요되는 시간을 대폭 축소할 수 있다.

## References

- [1] Redmon, J., & Farhadi, “YOLO9000: better, faster, stronger,” *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp.7263–7271, 2017.  
DOI: 10.1109/CVPR.2017.690
- [2] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, “You only look once: Unified, real-time object detection,” *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* pp. 779–788, 2016.
- [3] Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. *arXiv* preprint arXiv: 804.02767.
- [4] Siahaan, V., & Sianipar, R. H. “LEARNING PyQt5: A Step by Step Tutorial to Develop MySQL-ased Applications,” *SPARTA PUBLISHING*, 2019.

### Jong-Won Seok (Member)



1995 : MS degree in Electronics Engineering, Kyungpook National University.

1999 : Ph.D degree in Electronics Engineering, Kyungpook National University.

2004~ : Professor, Changwon National University.

## BIOGRAPHY

### Gyu-Been Jeong (Member)



2020 : BS degree in Dept. of Information & Communication Engineering, Changwon National University.

2020~ : MS degree in Dept. of Information & Communication Engineering, Changwon National University.

### Jae-Hyo Park (Member)



2009 : MS degree in Dept. of Information & Communication Engineering, Changwon National University.

2012 : Ph.D degree in Computer Engineering, Changwon National University.

2004~ : Navigation Communication researcher, Army Consolidated Maintenance Depot.