

Deep Learning 기반 3D CT 영상 내 휴대수하물 위험물 검출 알고리즘 연구

정희영, 최회길, 조남현*

인천국제공항공사

heeyoung.chung@airport.kr, hoikil@airport.kr, *t99ending@airport.kr

A Study on Deep Learning based Object Detection Algorithm in 3D CT Security Baggage Scanning System

Chung Heeyoung, Choi Hoi Kil, Cho Nam-Hyun*

Incheon International Airport Corporation

요약

공항 등의 보안시설에서 X-ray 보안검색장비를 이용한 휴대수하물 내 위험물 판독에 Deep Learning 기반 Object Detection 알고리즘 적용이 활발하게 이뤄지고 있으나, 물체의 중첩이나 가려짐 발생 시 탐지 성능 저하가 발생하는 문제점이 있다. 이에 CT (Computed Tomography) 보안검색장비를 이용한 3D 영상을 활용하여 이 문제를 해결하고자 하는 노력이 진행되고 있다. 3D 영상을 활용한 위험물 자동검출을 위해서는 3D Object Detection 알고리즘 적용이 필요하다. 본 연구에서는 3D Object Detection 알고리즘을 검토하여 CT 보안검색장비에 적합한 알고리즘과 학습용 Dataset 구축 방법을 제시하고자 한다.

I. 서론

공항 등의 주요 보안시설에서는 X-ray 보안검색장비를 이용한 휴대수하물 내 위험물 검색이 이뤄지고 있다. 휴대수하물 보안검색은 단시간 내에 정확하게 수행되어야 하는 프로세스로 숙련된 보안검색요원이 필요하다. 일반 Camera 영상과 달리 휴대수하물 검색을 위한 X-ray 영상의 경우 그림 1에서처럼 다수의 물체가 중첩되어 보인다. 물체의 중첩으로 인한 오탐지/미탐지를 해결하기 위해 무기물, 유기물 등 물체의 속성에 따라 다른 색으로 표현하기도 하는 등 각각의 물체 구별에 초점을 맞춰왔다.

입체적으로 보이도록 CT (Computed Tomography)를 이용한 검색장비 개발이 활발하게 이뤄지고 있다. 3D CT 장비를 이용한 휴대수하물 검색의 경우 보안검색요원의 육안을 통한 위험물 판독에도 도움을 줄 뿐만 아니라 2D 영상 정보 이외에 Depth 등의 부가적인 정보를 제공하기 때문에 3D Object Detection을 통해서 위험물 검출 정확도를 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 기존 보안검색용 X-ray 영상에서 위험물 검출 시 성능 저하의 원인이 되는 중첩된 위험물 검출을 위해 3D CT 영상에서 Deep Learning 기반의 위험물 검출 방법에 관하여 기술하였다.

II. 본론

휴대수하물 보안검색의 경우, X-ray 판독 화면을 보고 짧은 시간(대략 10초 이내)에 위험물 존재 여부를 판단해야 한다. 투시 영상 특성상 다양한 물체가 여러 층으로 중첩되어 있기 때문에 판독 또는 판단에 어려움이 발생한다. 검출 정확도를 높이기 위해서 여러 가지 방안이 도입되고 있다. 예를 들어 물질의 속성에 따라 X-ray 흡수량이 다르다는 점을 이용해서 대비 되는 색으로 표시하기도 하고(유기물/무기물 구분), 흑백 영상 등 다양한 영상 모드를 제공하고 있다. 또한 양방향(수직, 수평)의 판독 영상을 제공하고 있다.

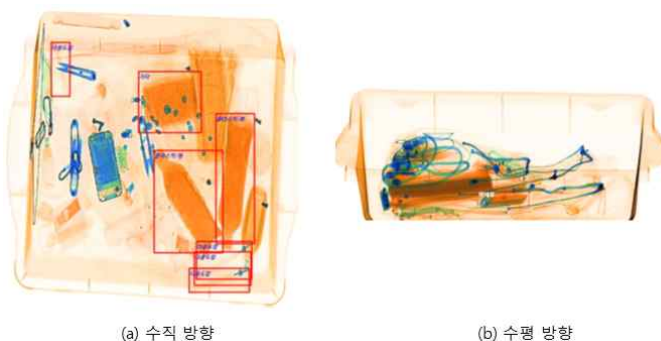


그림 1. 휴대수하물 내 위험물 검출 X-ray 영상

최근 Deep Learning 기반 Object Detection의 정확도 향상으로 휴대수하물의 위험물 검색에도 AI 기술 도입이 본격화 되고 있다. 보안검색 장비의 X-ray 영상은 투시영상으로 PASCAL VOC[1] Dataset 등 일반 Object Detection을 위한 학습용 영상과는 달리 물체 중첩 특성을 갖는다. 이런 특성으로 AI 기반의 X-ray 영상 내 위험물 검출 성능은 일반 영상 기반의 Object Detection 성능에 못 미치고 있다. 이러한 휴대수하물 내 물체 중첩으로 인한 검출 오류를 해결하기 위해 휴대수하물 내 물체들이

판독 장비의 다양한 기능에도 불구하고, 검출 정확도는 보안검색요원의 숙련도에 의존하게 된다. 이를 극복하기 위하여 Deep Learning 기반의 Object Detection 기술 도입이 활발하게 이루어지고 있다. 인천국제공항 (2020년 12월, LG CNS 소프트온넷)과 김포공항 (2020년 10월, 님노이드) 등에 이미 도입이 되어서 사용되고 있다. 미리 학습된 위험물에 대해서는 90% 이상의 높은 검출 성공률을 보이나, 위험물이 중첩이 되어 있거나 학습이 되지 않은 일반적이지 않은 기내 반입금지 물품 등에 대해서는 정확성을 담보할 수 없는 상황이다.

따라서, 판독 영상의 중첩으로 인한 문제점을 해결하기 위해서 3D 영상 획득이 가능한 CT 장비 도입이 추진되고 있다. 여러 방향에서 동시에 촬영된 다수의 영상을 이용하여 휴대수하물을 3D 영상으로 재구성하고, 필요시 영상 회전을 통해 다양한 각도에서 정밀 검색이 가능하다. 휴대수하물을 개봉하지 않고도 개봉 검색을 시행한 효과로 보안검색요원의 위험물 판독 정확도 향상에 도움을 준다. 3D CT를 사용할 경우 2D 영상의 Depth, 3D Bounding Box 등의 부가정보를 이용하여 3D Object Detection을 이용한 위험물 자동검출도 적용할 수 있다.

3D CT 영상은 복수의 단층 촬영이 이뤄지기 때문에 중첩된 물체를 모두 확인할 수 있어, 3D Object Detection 알고리즘을 적용하기 용이하다. 3D Object Detection 알고리즘의 경우 Lidar 등 Active Sensor를 이용한 Point Cloud 기반 [2]방식과 2D 영상을 이용한 Monocular Image 기반 [3]방식으로 나눌 수 있다. 본 연구의 경우 2D 영상과 3D Reconstruction 정보를 이용한 Monocular Image 기반 방식을 적용하고자 한다. 3D Object Detection은 자율주행 알고리즘 등 거리환경에서 자동차, 사람 등을 검출하는데 많이 사용되어 그 목적에 맞게 발전해 왔다. 휴대수하물의 경우 좁은 공간에 다수 물체의 중첩으로 기존 거리 환경에서의 3D Object Detection을 직접 적용하기 어렵다. 또한 X-ray 영상의 특성이나 위험물의 특성들을 고려할 때 공개된 Object Detection용 Dataset을 사용할 수 없어 학습 Dataset도 목적에 맞게 새롭게 구축해야 한다. Dataset 구축 시 2D 영상뿐만 아니라 검출해야 하는 물체의 3D Model 등의 부가정보 구축도 함께 이뤄져야 한다.

기존 알고리즘의 성능 비교에 사용하고 있는 KITTI 3D[4] Dataset은 휴대수하물의 위험물 검출 환경과 상이하기 때문에 최고 성능의 알고리즘을 선택하기 보다는 휴대수하물 내 위험물 검출에 가장 적합한 알고리즘을 찾는 것이 중요하다. 위험물 검출 알고리즘으로 위치, 종류, 그리고 6D Pose (rotation and translation)을 동시에 검출하는 Deep Learning 기반 알고리즘을 적용하고자 한다. 하나의 Deep Learning 알고리즘으로 필요한 정보를 한꺼번에 검출할 수 있다는 장점이 있지만, Object의 중첩 발생 시 성능저하 문제가 있다. 중첩 문제 해결을 위해 Segmentation 알고리즘을 적용하여 2D 영상과 3D Model 사이 대응점의 오류를 최소화 하기도 하고[5], Synthetic Dataset만을 이용해서 학습하기도 한다[6]. 위험물 검출 시 3D CT 영상을 이용하여도 휴대수하물 특성상 물체의 중첩과 가려짐은 피할 수 없다. 문제 해결을 위해서 가려진 Object 검출에도 좋은 성능을 보이는 DeepIM[7]을 이용하여 위험물을 검출하고자 한다. DeepIM 알고리즘의 경우 Deep Learning으로 추정된 6D Pose와 입력 데이터의 반복적인 비교를 통해서 정확도를 높여가는 방식을 채택했고, 가려진 물체 검출에도 좋은 성능을 보여준다.

향후 CT 보안검색장비를 이용하여 학습에 필요한 Dataset을 구축하고 DeepIM 등의 Deep Learning을 이용한 Monocular Image 기반 3D Object Detection 알고리즘을 적용하여 휴대수하물 내 위험물 검출 알고리즘을 확정하고자 한다.

III. 결론 및 향후 연구 방향

보안시설에서 사용 중인 X-ray 보안검색장비를 이용한 휴대수하물 내 위험물 판독에 Deep Learning 기반 Object Detection 알고리즘 적용이 활발하게 이뤄지고 있다. 주요한 성능저하 요인으로는 가려짐과 물체의

중첩을 들 수 있다. CT 장비로 획득한 3D 영상은 보안검색요원의 육안 판독 및 자동화된 알고리즘의 정확도를 향상시킬 수 있다.

3D 영상을 활용한 위험물 자동검출을 위해서는 Deep Learning 기반 3D Object Detection을 적용해야 한다. 본 연구에서는 3D Object Detection 알고리즘을 검토하여 보안검색장비 환경에 적합한 Monocular Image 기반 3D Object Detection 알고리즘을 제시했다. 특히 가려진 물체 검출에 좋은 성능을 보이는 알고리즘과 보안검색장비 환경에 맞는 Dataset 구축 방법을 제안했다. 향후 3D 학습 Dataset 구축과 함께 모델의 성능 검증을 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 국토교통부의 「지능형 휴대수하물 보안검색 기술개발사업 (23ICSS-C162830-03)」 과 인천국제공항공사의 연구지원을 받아 이뤄졌으며, 관계기관에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C.K., Winn, J., Zisserman, A., "The Pascal Visual Object Classes(voc) Challenge," IJCV, pp. 303-338, 2010, vol. 88.
- [2] Arnold, E., Al-Jarrah, O. Y., Dianati, M., Fallah, S., Oxtoby, D., Mouzakitis, A., "A Survey on 3D Object Detection Methods for Autonomous Driving Applications," IEEE Transactions on Intelligent Transportation systems, pp. 3782-3795, Oct. 2019.
- [3] Kim, S., Hwang, Y., "A Survey on Deep Learning Based Methods and Datasets for Monocular 3D Object Detection," Electronics, 10, 517, Feb. 2021.
- [4] Geiger, A., Lenz, P., Urtasun, R., "Are We Ready for Autonomous Driving? The KITTI Vision Benchmark Suite," CVPR, pp.3354-3361, Jun. 2012.
- [5] Hu, Y., Hugonot, J., Fua, P., Salzmann, M., "Segmentation-driven 6D Object Pose Estimation," CVPR, pp.3385-3394, Jun. 2019.
- [6] Kehl, W., Manhardt, F., Tombari, F., Ilic, S., Navab, N., "SSD-6D: Marking Rgb-based 3D Detection and 6D Pose Estimation Great Again," ICCV, pp.1521-1529, Oct. 2017.
- [7] Li, Y., Wang, G., Ji, X., Xinga, Y., Fox, D., "DeepIm: Deep Iterative Matching for 6D Pose Estimation," ECCV, pp.683-698, Sep. 2018.