Technical Paper
Journal of Aerospace System Engineering
Vol.16, No.5, pp.70-77 (2022)
EISSN 2508-7150
http://dx.doi.org/10.20910/JASE.2022.16.5.70

미소 픽셀을 갖는 비행 객체 인식을 위한 데이터베이스 구축 및 관리시스템 연구

이호섭[1], 신희민[2], 심현철[3], 조성욱[4†]

[1]청주대학교 일반대학원 기계항공시스템공학과
[2]한국항공우주연구원 무인기연구부
[3]한국과학기술원 전기및전자공학부
[4]청주대학교 항공학부 항공기계공학전공

Database Generation and Management System for Small-pixelized Airborne Target Recognition

Hoseop Lee[1], Heemin Shin[2], David Hyunchul Shim[3], Sungwook Cho[4†]

[1]Department of mechanical and Aerospace Engineering of Cheongju University
[2]School of Electrical Engineering, KAIST
[3]Unmanned Aircraft System Research Division, Korea Aerospace Research Institute
[2]Department of Aeromechnical Engineering of Cheongju University

Abstract

This paper proposes database generation and management system for small-pixelized airborne target recognition. The proposed system has five main features: 1) image extraction from in-flight test video frames, 2) automatic image archiving, 3) image data labeling and Meta data annotation, 4) virtual image data generation based on color channel convert conversion and seamless cloning and 5) HOG/LBP-based tiny-pixelized target augmented image data.

The proposed framework is Python-based PyQt5 and has an interface that includes OpenCV. Using video files collected from flight tests, an image dataset for airborne target recognition on generates by using the proposed system and system input.

초 록

본 논문에서, 데이터베이스 생성 및 관리 시스템은 미소 픽셀 공중 표적 인식을 위해 제안된다. 제안된 시스템은 1)비행 테스트 비디오 프레임에 의한 직접 이미지 추출, 2) 자동 이미지 보관, 3) 이미지 데이터 레이블링 및 메타 데이터 주석, 4) 컬러 채널 변환, 5) HOG/LBP 기반 소화소 대상 증강 이미지 데이터 생성의 다섯가지 주요 기능으로 구성된다. 제안하는 프로그램은 파이썬 기반의 PyQt5와 OpenCV를 이용하여 구성하였고 공중 표적 인식을 위한 이미지 데이터셋은 제안한 시스템을 이용해 생성했으며 비행 실험으로 부터 수집된 영상을 입력영상으로 사용하였다.

Key Words : Counter Drone(대응드론), Image Processing(영상처리), Deep Learning(딥러닝), Dataset(데이터셋), Database(데이터베이스), Image Augmentation(이미지 증강)

1. 서 론

최근, 국가 기반산업시설, 주요 군사 시설, 민간시설 등과 관련된 드론 관련 사고가 눈에 띄게 증가하고 있다. 이를 방지하기 위한 드론 무력화 기술이 점점 발전하고 있지만 대부분 전문 장비에 의존하고 있기 때문에 소형/경량 임베디드 시스템에서 작동할 수 있는 드론 감지 시스템이 필요하다[1]. 컴퓨터 비전 인식과 인공지능의 발전으로 학습 정확도를 위해 다양한 학습

Received: Jun. 02, 2022 Revised: Jul. 12, 2022 Accepted: Jul. 19, 2022
† Corresponding Author
Tel: +82-43-229-7875, E-mail: swcho84@cju.ac.kr
Ⓒ The Society for Aerospace System Engineering

Table 1 Annotation Tools and Explanation

Tool	Explanation
Label Studio[2,3]	Classification, object detection, semantic segmentaion
Diffgram[2,4]	Bounding boxs, Cuboids, Segmentation
Labellmg[2,5]	Bounding boxes for PASCAL VOC, YOLO, XML
CVAT[2,6]	OpenCV based Bounding Boxes, Segmentation
ImageTagger[2,7]	Bounding boxes, Polygons, lines, Keypoints
LabelMe[2,8]	Polygons, boxes, circles, lines, keypoints, both semantic and instance segmentation
VIA[2,9]	Boxes, circles, ellipses, polygons, keypoints and lines with CSV and JSON
Make Sense[2,10]	Bounding boxes, Keypoints, line and polygons
COCO Annotator[2,11]	Free-form curves, Polygons and keypoints as well as other features
Dataturks[2,12]	Polygon, Bounding box with VOC, Tensorflow, Keras

신경망(neural network)이 구현되었고 다양한 형태의 데이터를 개발하려는 노력이 동반되고 있으며 머신러닝 방식의 데이터를 구성하기 위해 필수적인 레이블링 과정(labeling, annotation)에 따라 필요한 노동력과 시간의 규모가 증가하고 있다[13]. 기존에 널리 사용되고 있는 이미지 데이터셋 구축 툴은 'Labelme', 'Labelimg'를 비롯하여 아마존의 'AWS', 'IBM watson Studio'와 같은 클라우드에서 이미지 데이터에 대한 머신러닝 방식에 따른 레이블링 플랫폼 서비스를 제공하고 있다[13]. 그러나 이들은 전적으로 사용자가 직접 레이블링을 하거나 레이블링 된 데이터를 가지고 단시간 작업하기 위해 필요한 최소 기능을 제공한다. 개인이 레이블링 툴을 활용하여 실질적인 학습 정확도를 구현할 최소한의 데이터베이스를 구축하는 데 한계가 있기 때문에 실제 영상 데이터베이스를 구축하는 과정은 레이블링을 전문적으로 하는 업체의 레이블링 작업자들 간의 협업을 통해 이루어진다.

이때, 식별이 가능한 픽셀 수를 가진 객체의 경우, 협업이 용이하지만, 픽셀 수가 적은 미소 객체의 경우, 기존의 레이블링 툴로 협업을 수행하기 어렵다. 생성자가 직접 팀 단위의 작업을 하면 효율적이겠지만 협업을 위한 기능을 지원하지 않는 오픈소스 도구[3, 4, 6, 7, 8, 9, 10]로는 번거로운 작업이다.

Fig. 2 Collected Images

협업을 위한 기능을 구현한 레이블링 툴[1][2][5]이 상당 수 개발 되고 웹상에서 작업이 가능한 협업도구의 발전에 따라 가공할 데이터에 대한 양적 공유가 가능해졌지만 객체의 영상 내 위치여부를 공유하고 검토할 수 있는 기능과 데이터셋을 개발하는 일련의 모든 과정을 수행할 수 있는 종합적 성격의 데이터셋 생성 도구는 전무하다.

본 논문에서는 중장거리 비행 객체의 특성인 적은 픽셀수를 극복하기 위해 필요한 기능을 식별하고 이를 GUI(graphical user interface)로 구현한 데이터베이스 구축 및 관리시스템을 개발한다. 제시한 시스템은 사용자 및 레이블링 작업자의 레이블링 편의성과 관련된 기능과 데이터셋 구축을 위한 데이터 증강기능을 구현한다. 특히, 드론 및 새를 객체로 한 비디오 78개 클립(Clip)을 수집하고, Fig. 2와 같이 총 31,570장의 이미지를 자동으로 생성 및 정리하며 수집된 영상데이터를 활용하여 이미지 데이터셋을 구축하는 전체 과정 구현, 이미지 내 32x32픽셀 이하의 미소객체 표시, 8x8 픽셀 이하의 객체에 대하여 HOG (histogram of oriented gradients), LBP(local binary pattern)등 고전 영상처리기법을 통합한 데이터베이스 구축 및 관리시스템을 제안한다.

Table 2 Development Environment

OS	MacOS Monterey
CPU	2.4 GHz 8core intel Core i9
GPU	AMD Radeon Pro 5500M 4GM
RAM	16GB 2667MHz DDR4

2. 본 론

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 데이터 구축 및 관리 시스템 소개 및 전체 구조를 설명하고, 구현 방법 및 중장거리 객체 인식을 위한 데이터셋 생성 과정을 설명한다. 3장에서는 이미지 증강에 대한 설명으로 컬러채널 변경, 거리비례 이미지 합성 기법, 고전 영상처리를 활용한 특징추출 이미지 생성에 대한 내용을 다룬다. 4장에서는 결론을 통해 본 논문의 의의를 요약하여 기술한다.

2.1 데이터 구축 및 관리 시스템 동작순서

본 논문에서 제안한 프로그램은 Table. 1과 같은 컴퓨팅 환경을 활용한다. 이때, 해당 프로그램은 사용자가 비디오 영상을 프레임을 지정하여 자동으로 이미지 그룹을 추출한다. 이것은 기존의 레이블링 툴에 없는 기능으로서, 본 논문에서는 비행을 통해 취득한 동영상을 지정한 시간 간격에 대하여 직접적으로 이미지 데이터화 하는 기능을 개발한다.

또한, 추출된 이미지를 증강(augmentation)할 수 있고, 경계상자(bounding box) 형태로 레이블링 또는 어노테이션 기능을 수행할 수 있으며 많은 양의 데이터 가공에 있어 레이블링 작업자와의 협업이 가능한 그리드 영역 분할 방법의 객체 위치 정보를 생성해 전달해 주는 기능이 있다.

Fig. 3은 본 논문에서 구현한 데이터 구축 및 관리 시스템의 구조 및 순서도이다. 이것에 포함된 기능을 정리하면 아래와 같다.

- 사용자가 원하는 이미지 데이터를 생성할 수 있도록 비디오 프레임 추출(extraction)
  추출한 이미지에 대한 정보와 함께 원하는 디렉토리에 분류하여 저장하는 데이터 저장(archive)
- 경계상자 형태의 레이블링 및 비행실험 환경에 대한 정보 어노테이션
- 이미지 컬러변환 및 미소객체 가상 데이터 생성
- HOG/LBP 기반 미소객체 이미지 증강

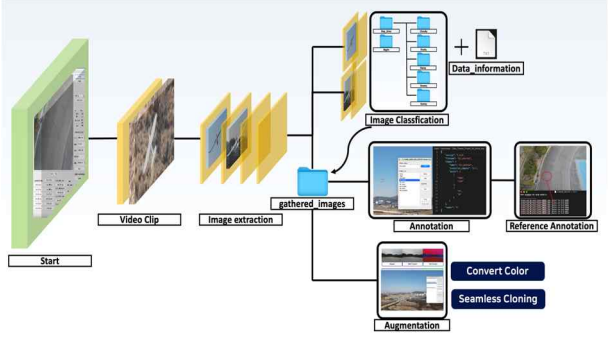

Fig. 3 Flow Chart of System

2.2 데이터 구축 및 관리 시스템 인터페이스

파이썬(python) 기반의 GUI 라이브러리인 PyQt5를 활용하여, 전체적인 UI(user interface)를 구성했다. 이때, 본 논문에서는 GUI 기능구현을 위해 Qt Designer를 사용하였고, 영상처리 기능을 사용하기 위해 OpenCV를 사용하였으며, 다양한 측면의 기능을 포함시키기 위해 Kivy, PyQt, Tkinter, WxPython, PyGUIU, PySide를 외부 라이브러리 형태로 연동한다.

본 논문에서 제안한 데이터 구축 및 관리시스템의 인터페이스는 Fig. 4와 같다. 프로그램은 레이아웃(layout), 스페이서(spacer), 버튼(button), 아이템뷰(item-view), 아이템위젯(liem-widget), 콘테이너(containers), 인풋위젯(input widgets), 디스플레이위젯(display widgets) 등을 제공하여 인터페이스를 구성하기 쉽도록 직관적인 위젯 형태로 제공한다. 또한, 데이터 관리기능은 우측에 수직방향으로 집중 배치하였고, 데이터 변환 및 증강 기능은 하단에 수평방향으로 집중 배치하였다. 이러한 배치결과를 통해 시스템의 직관적인 가능활용이 가능하다.

2.3 데이터 수집 기능

기존에 개발된 데이터 어노테이션 프로그램은 대체로 불러온 이미지에 대한 어노테이션 정보를 제공하거나 웹 크롤러(web crawler)를 활용한 데이터 수집한다. 그러나, 미소 객체와 관련된 데이터를 위해 웹 크롤러를 활용하여 확보할 수 있는 드론 이미지는 드론을 홍보용 사진 혹은 지상에서 공중에 있는 드론을 촬영한 영상으로 충분한 픽셀 수를 가지는 경우가 대부분이다. 따라서 본 연구를 수행하는데 있어서 필요한 공중에서 공중에 있는 중장거리의 객체를 식별하기 위한 상황에 적합한 데이터는 온라인상에서 검색을 통해 수집하기 어렵다고 볼 수 있고, 최근 늘어나는 데이터셋 개발에 따른 저작권 문제가 발생할 수 있다.

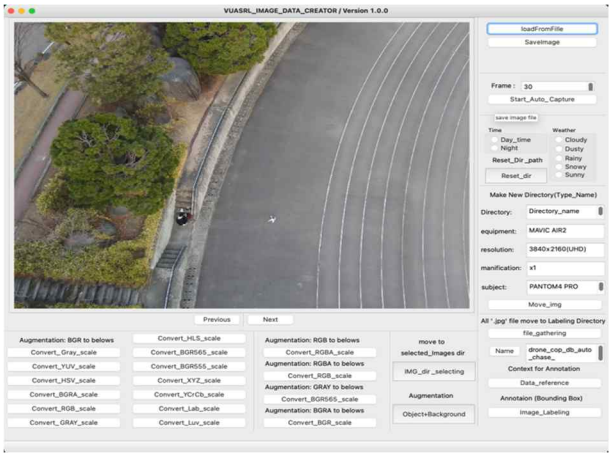

Fig. 4 System Interface

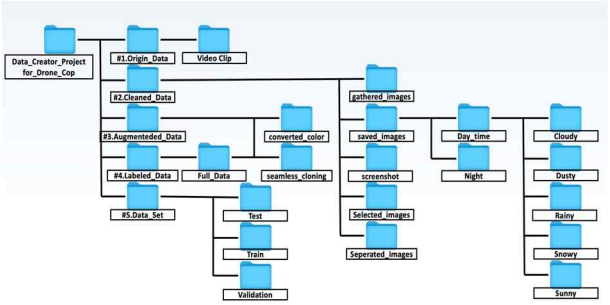

Fig. 5 Image Data Storage Structure

2.3 데이터 수집 기능

기존에 개발된 데이터 어노테이션 프로그램은 대체로 불러온 이미지에 대한 어노테이션 정보를 제공하거나 웹 크롤러(web crawler)를 활용한 데이터 수집하는 기능이 있다. 그러나, 미소 객체와 관련된 데이터를 위해 웹 크롤러를 활용하는 것은 실질적으로 사용가능한 중장거리 비행과 관련된 이미지 데이터 확보가 어렵다.

특히, 온라인에서 검색을 통해 확보할 수 있는 드론이 미지는 인식하기에 충분한 픽셀 수를 가지는 경우가 대부분이다. 즉, 드론을 홍보하기 위해 구성된 사진 혹은 지상에서 공중에 있는 드론을 촬영한 영상이 대부분이다. 따라서 본 연구를 수행하는데 있어서 필요한 공중에서 공중에 있는 중장거리의 객체를 식별하기 위한 상황에 적합한 데이터는 온라인상에서 검색을 통해 수집하기 어렵다고 볼 수 있고, 최근 늘어나는 데이터셋 개발에 따른 저작권 문제가 발생할 수 있다.

따라서 본 논문에서 개발한 데이터 구축 및 관리시스템은 중장거리 미소객체 식별하기 위한 데이터셋 개발에 최초 적용하였고 Fig. 5의 형태로 데이터 관리 디렉토리 구조를 생성하여 직접 비행중인 드론을 대상으로 Fig. 6 과 같이 거리 10M에서 최대 400M 거리의 드론 이미지를 생성했다.

본 논문에서는 비행 중 녹화된 영상에서 이미지를 추출하는 두 가지 기능을 제안하였다. 첫 번째, 촬영된 비디오 영상을 지정한 프레임 구간을 추출하여 이미지 프레임을 저장하는 방식으로 데이터화 할 수 있는 기능을 구현하였다. 이때, 텍스트라벨(text label) 입력창에 원하는 프레임 단위의 숫자를 입력하고 버튼을 누르면 파일탐색창이 나타나고 이미지 추출을 원하는 원시데이터(비디오 클립)를 선택하면 이미지추출을 시작하며 팝업 메시지가 보이면서 작업이 완료된다.

두 번째, 추출한 이미지 그룹에 대해 자세한 정보를 텍스트(text) 형식으로 부여한다. 기록되는 정보에는 원시데이터(비디오 클립), 날씨, 시간, 촬영한 장비, 해상도, 배율, 피사체 등의 정보로 사용자가 추출한 이미지의 출처 및 촬영방식에 대한 정보를 알 수 있도록 구성되어 작업자가 세부 영상정보를 확인할 수 있다.

Fig. 6 Phase Change with Distance

2.4 어노테이션(annotation)기능

본 논문에서 개발한 데이터 구축 및 관리 시스템의 어노테이션 기능은 OpenCV 기반의 이미지 창과 Qt 기반의 레이블링 정보 입력창을 활용한다. 이때, 사용자가 이미지를 확인하며 어노테이션 정보를 생성하고 싶은 이미지에 스페이스바(spacebar)를 누르면 레이블링 정보 입력창이 생성되고 객체에 대한 정보를 입력할 수 있다.

이때, 본 논문에서는 OpenCV의 마우스 이벤트에 따른 경계상자 형식의 레이블링이 되도록 구성하였고 최초 마우스 왼쪽으로 클릭한 영상 내 좌측 상단 기준 좌표와 마우스로 드래그한 영역의 우측 하단 4개의 절대좌표로 구성되도록 정의하였다. 결과적으로, 어노테이션의 중요 정보인 경계상자 정보는 OpenCV의 경계상자 정보(좌측 상단 2차원 기준점, 가로/세로 길이)로 구성된다.

또한, 어노테이션 정보 중 객체와 관련된 정보는 레이블링 정보 입력창에서 선택된 객체의 정보를 전달받아 객체의 클래스 넘버(class number), 속성값인 객체의 이름(label)을 전달받아 JSON파일 형식을 활용하여 기록된다. 본 논문에서 제안한 객체정보는 기본(default)적으로 6 종류의 공중객체를 제공하며 객체목록은 생성, 삭제, 초기화, 저장의 기능을 사용자가 편하게 사용하도록 버튼으로 구현하였다.

2.5 어노테이션 참고표시 기능

데이터셋을 생성하기위해 사용자가 방대한 분량의 이미지를 레이블링 하는 작업은 많은 시간과 노동이 필요하다. 대부분의 데이터셋 개발에는 다수의 레이블링 작업자가 사전에 규정된 어노테이션 대상과 어노테이션 방법을 공유하여 협업적 성격의 레이블링 작업을 하게 된다. 중장거리 미소객체 레이블링 작업으로 드론 객체에 대한 항공영상을 대상으로 하게 되며

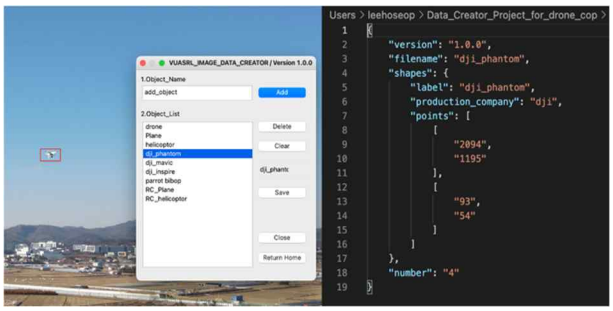

Fig. 7 Bounding Box Annotation

Fig. 8 Reference Annotation

Figure 6의 픽셀영역과 같이 실제 거리가 160미터 이상 떨어지게 될 경우 객체의 크기가 육안상으로 쉽게 구분하기 어렵다. 배경에 따라서 객체의 크기가 크더라도 명확히 구분하기 힘들 수 있다. 따라서, 원시데이터 생성자가 분리된 이미지 그룹의 객체 존재 여부 및 위치를 참고할 수 있는 자료를 만들어야 할 필요가 있다. 즉, 레이블링 작업자에게 주어지는 이미지 그룹은 비디오영상을 연속적인 프레임으로 추출했기 때문에 객체의 위치를 유추할 수는 있으나 영상 내 객체의 크기가 작아져 미소 픽셀을 가지게 되는 경우 프레임 단위가 넓어져 객체의 위치가 영상에 산발적인 분포 양상이 되는 경우 혹은 객체의 속도가 빠르거나 환경적 변수에 따른 외란에 의해 다음 이미지의 객체 위치가 크게 변화하는 경우가 생기는데 이때 작업자가 영상 내 객체의 위치를 쉽게 파악하지 못한다.

따라서, 본 논문에서는 시스템상에서 원시데이터 생성자가 레이블링 작업자에게 파악되지 않는 이미지 그룹에 대해 객체의 위치를 전달해줄 수 있는 기능을 구현하였다.

참고자료를 생성하고자 하는 영상에 Fig. 8과 같이 9분할 그리드 영역을 생성하여 객체의 위치를 좌측상단부터 오른쪽으로 순서대로 번호를 부여했으며 부여한 순서의 그리드 영역에 대해 키보드 1~9 까지의 아스키(ASCII) 코드 커맨드와 연결해 객체의 이미지가 있는 영역의 번호를 누르면 '{파일명}+'_'+'Object on Grid NUM'+{number}'의 정보가 텍스트파일에 생성되며 이후의 영상들에 대해서도 다음줄에 정보를 생성해서 저장하게 되며. 생성된 텍스트 파일은 레이블링 작업자가 가장 먼저 확인할 수 있도록 어노테이션할 이미지 그룹의 디렉토리 최상단에 저장된다.

3. 이미지 증강(Image Augmentation)

인공지능 학습용 데이터셋은 한정된 수량 내에 최대한 다양한 사물, 지역, 사람, 주제 등 특성을 포함하도록 구성하는 것이 바람직하다[14]. 그러나 중장거리 미소객체 데이터셋을 구축함에 있어서 학습에 필요한 충분한 양의 영상과 다양성 있는 데이터를 구하는 일은 쉽지 않다. 특히 픽셀수가 현저히 적은 객체를 탐지해야 하는 상황에서의 영상을 수집하는 일은 많은 시간과 노동력이 소모되는 일이다. 따라서, 본 연구에서는 이미지 증강을 위한 간단한 컬러변환 모듈, 중장거리 이격된 드론을 식별하기 위해 적합한 미소객체와 배경에 대한 기하학적 관계를 활용한 이미지 증강 기법을 제안하였고, 이들을 본 논문에서 개발한 데이터 구축 및 관리시스템에 통합하였다.

3.1 색상영역 변환 기능

드론을 검출하기 위해 수집한 영상은 배경과 전경이 뚜렷하게 구분되는 경우가 있지만, 상당수는 픽셀 수가 적고, 나무나 건물 등의 자연물, 인공물에 근접한 경우, 기상 조건 및 자연광의 상태에 따라 뚜렷하게 구분하기 어렵다[15]. 따라서, 영상을 색상 채널에 대해 변환하는 데이터 증강기법을 통해, 기상 조건이나 자연광에 따라 변화하는 영상 내 명도와 채도 변화 측면으로 연계할 수 있는 기능을 구현하였다.

본 논문에서 제안하는 데이터 구축 및 관리시스템에서는 OpenCV를 활용하여 대표적으로 사용하는 컬러영역의 변환 함수를 사용자 인터페이스 기반의 버튼으로 구현하였다. 이때, 사용자가 색상영역 변환을 위해 원하는 영상은 파일탐색창(file dialog)을 활용하여 디렉토리 단위로 지정하며, Fig. 9과 같이 청색, 녹색, 적색으로 구성된 기본 색상채널에서 총 17개 색상 변환 기능을 구현하였다. 변환된 영상은 날씨 및 광원효과와 같이 환경적 요소에 의한 영상의 명도와 채도 변화와 유사하며, 고전 영상처리에 대한 기능을 추가적으로 수행하여 수집한 이미지의 다양성을 높일 수 있다.

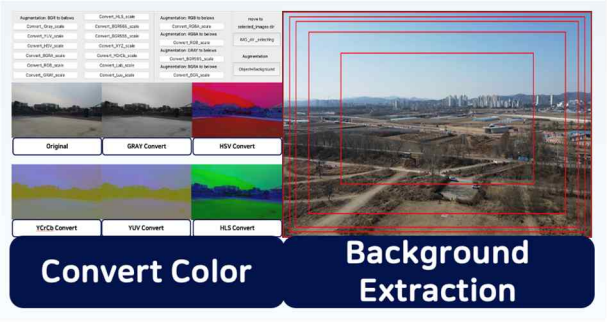

Fig. 9 Convert Color and Background Extraction

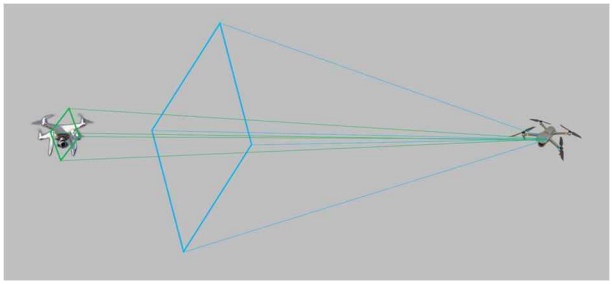

Fig. 10 Geometric Change of Angle of View

3.2 Seamless Cloning을 이용한 증강 기능

기존 연구에서 데이터 수집하고 생성하는 방법은 용량과 학습시간을 고려한 1920x1080(HD) 크기의 동영상을 수집하고 드론 주변을 정사각형 형태로 잘라내어 검출을 위해 확대한 다음, 임의의 영역에 붙이는 컷-앤-페이스트(cut and paste) 기법이다. 이 방법은 단순한 구현이 가능하지만, 영상의 일부분이 의미 없는 값으로 채워지는 단점이 있다[16]. 특히, 이 방법은 배경이 다르더라도 비슷한 이미지를 학습하여 데이터베이스 편중에 생길 수 있기 때문에 학습데이터의 다양성에 대한 본질적인 문제가 발생할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 중장거리 미소객체에 대해 의미 있는 다양성을 구현하고자 seamless cloning을 이용한 증강 기능을 구현하였고 이것을 본 논문에서 제안한 데이터 구축 및 관리시스템에 통합하였다.

제안하는 이미지 증강 기법은 영상처리에 특화된 OpenCV 라이브러리에서 제공하는 기능 중 마스킹과 알파 블렌딩을 결합한 seamless cloning을 이용하여 구현되었다. 이것은 전경과 배경의 이미지에 특정한 마스크 영역을 적용하고 전경의 좌표에 합성할 수 있도록 하는 기능이다. 즉, 전경에 사용할 객체 외곽선을 자연스럽게 추출하여 배경에 합성할 수 있도록 한다. 또한, Fig. 10과 같이 기하학적인 영상의 크기 결정 방법으로 거리에 따라 달라지는 객체의 상(phase)변화를 적용한 거리비례 객체 이미지 합성방법의 증강이 가능하다는 장점이 있다.

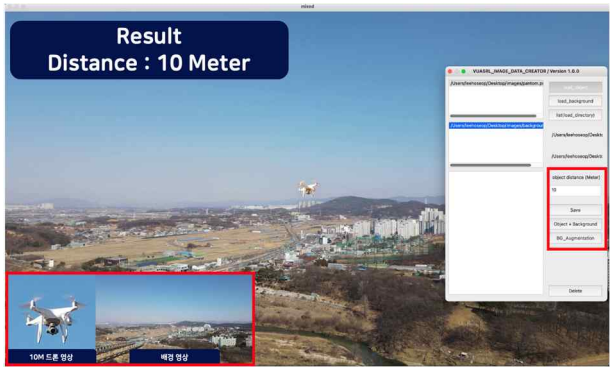

Fig. 11 Seamless Cloning Image Augmentation

본 논문에서는 전경으로 사용하기 위한 객체의 크기 결정법으로 물체의 상(phase)은 거리의 역제곱에 비례하다는 점에 착안하여, Eq. 1을 제안하였다. 이를 통해 전경인 드론 이미지의 가로와 세로를 거리(distance)에 따라 변환할 수 있다.

$$w = w0/D^2, h = h0/D^2 \quad (1)$$

결과적으로, 중장거리 상태로 이격된 미소객체 상태의 드론 이미지를 Fig. 11과 같이 실제와 매우 유사한 상태로 생성할 수 있음을 확인하였다.

3.3 배경 이미지 증강기능

본 논문에서는 추출한 객체들에 대한 증강기법과 함께 배경 이미지를 기준으로 여러 장의 의미 있는 배경 이미지를 증강할 수 있다면 유효한 데이터를 더욱 증강할 수 있을 것으로 판단하였고, 이와 관련된 배경 이미지 증강 기능을 Fig. 12와 같이 개발하였다.

본 논문에서 제안하는 줌인 모사방식의 배경 이미지 증강기능은 촬영한 낱장의 이미지에 대해 원본 이미지의 중앙 기준점을 중심으로 종횡비를 유지한 사각의 관심영역에 대해 연속적인 이미지 추출 및 원본해상도로 스케일업 하여 사실적 배경 이미지를 증강하는 방식이다 이렇게 추출한 배경 이미지는 실제 카메라를 활용한 줌-인(Zoom-in) 방식의 촬영기법과 유사하게 만들기 위해, Eq. 2와 같이 원본 이미지의 중심좌표(center point)를 구한 후, 중심좌표를 기준으로 수집한 3840*2160 해상도의 이미지 종횡비 16:9를 유지하도록 Eq. 3-6을 활용하여 관심영역(ROI) 내 이미지 영역을 저장하여 원본해상도로 스케일업 한다.

$$\boldsymbol{Center\ \ Point}\ (\boldsymbol{C.P}) = \left(\frac{w}{2}, \frac{h}{2}\right) \quad (2)$$

$$\boldsymbol{x_{roi}} = \boldsymbol{x_0} + \frac{\boldsymbol{AR_w}}{2} \quad (3)$$

$$\boldsymbol{y_{roi}} = \boldsymbol{y_0} + \frac{\boldsymbol{AR_h}}{2} \quad (4)$$

$$\boldsymbol{w_{roi}} = \boldsymbol{x_{roi}} + \boldsymbol{w_{original}} - \boldsymbol{AR_w} \quad (5)$$

$$\boldsymbol{h_{roi}} = \boldsymbol{y_{roi}} + \boldsymbol{h_{original}} - \boldsymbol{AR_h} \quad (6)$$

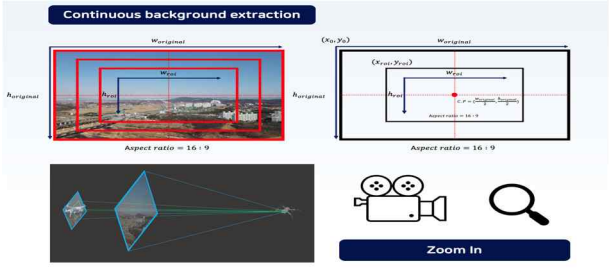

Fig. 12 Zoom-in Background Extraction

3.4 고전 영상처리 기법을 활용한 데이터 생성

기존에는 500-2,000m 이상 거리의 객체를 식별하기위해 초점거리를 늘려 망원렌즈 방식을 활용한 미소객체 검출에 대한 연구가 수행되었다.[17,18] 이때, 망원렌즈를 활용하여 객체를 추적하기 위해서는 객체 위치를 영상 내에서 초기에 탐지하여 그 방향으로 화각을 지향 또는 줌-인 기능을 활용해야 한다. 그러나, 미소 픽셀을 갖는 표적일수록, 기본 컬러채널 영상에서 초기 탐지하기 매우 어렵다.

이러한 연구 필요성에 기반하여, 본 논문에서는 영상 내의 미소 객체를 특징 추출을 위해 HOG (histogram of oriented gradients)와 LBP(local binary pattern)를 통해 데이터를 생성하는 기법을 제안하였고, 본 논문에서 제안한 데이터 구축 및 관리시스템에 통합하였다.

HOG는 가로(Width)x높이(Height)x채널(Channels)로 구성된 이미지를 형상 벡터(feature vector)길이의 배열로 변환한 다음, 대상 영역을 일정 크기의 셀로 분할하고, 각 셀마다 gradient magnitude가 임계값 이상인 엣지(edge) 픽셀들의 방향 히스토그램을 계산하여 히스토그램 빈(bin)값을 일렬로 연결한 벡터 영상이다. 이것은 물체의 고유의 윤곽선 정보를 갖는 물체를 식별하는데 적합하다.[20]

LBP는 지역적 이진패턴을 계산하는 방식으로서, 3x3셀 내에서 중심 픽셀과 이웃하는 8개의 픽셀끼리 서로 크기를 비교하고, 중심값을 기준으로 이웃하는 픽셀값의 크거나 같음의 유무에 따라 이진화한 영상이다. 이것은 밝기변화에 강인한 특성을 가지고 있으며 객체의 질감을 표현하기에 적합한 방법이다.[21]

즉, HOG와 LBP의 계산 상의 특징인 특정 픽셀 주변의 픽셀 강도값 및 방향 히스토그램을 활용하여 영상을 이진화 시켰을 경우에 미소객체의 상이 배경과 이진화되기 때문에 컬러채널 대비 미소객체를 파악하기 용이했고 다양한 영상을 변환하여 검증하였다.

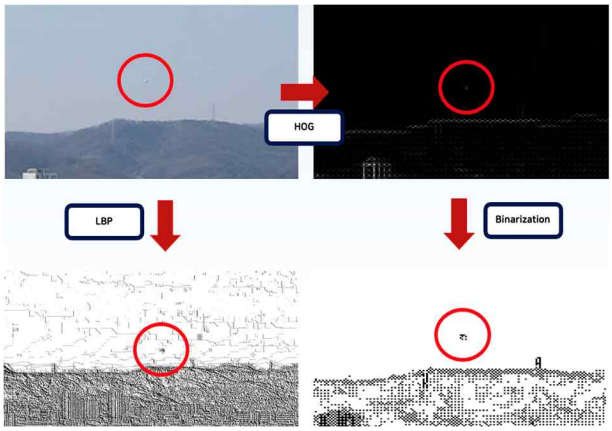

Fig. 13 Translated Images

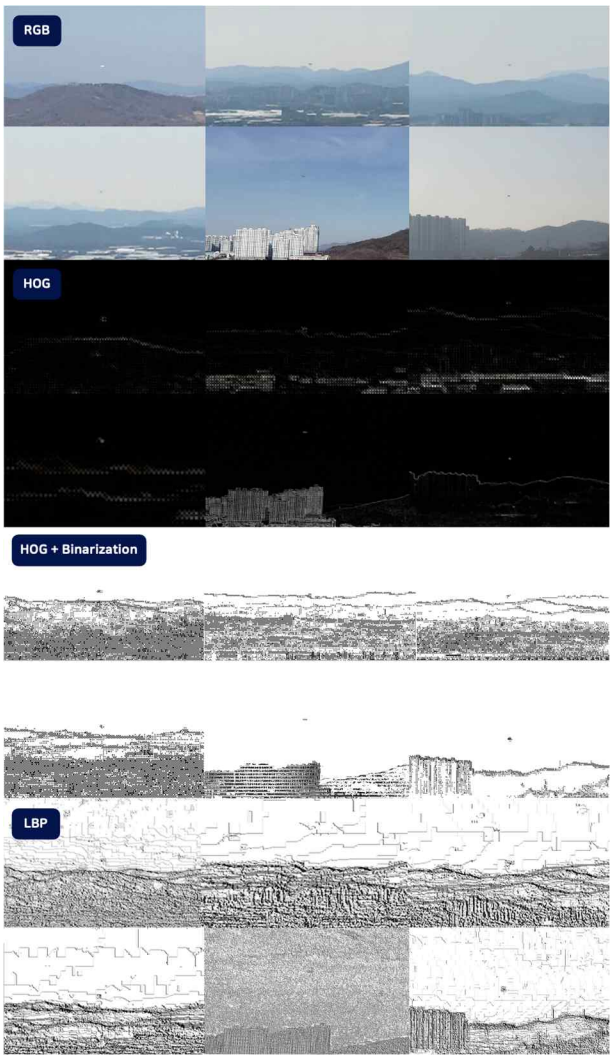

Fig. 14 Comparison of Small Objects between HOG and LBP

해당 기능을 구현하여 비행실험을 통해 획득한 이미지에 적용한 결과는 Fig. 13-15와 같다. 이때, 32x32픽셀 이하 객체의 상이 유효한 경우, HOG와 LBP이미지의 미소객체에 대한 영상 특징 변환하여 비교한 결과, LBP는 HOG 대비 객체의 질감이나 특징을 더 세부적으로 추출하여 객체 특징을 보다 잘 추출하고 있으나, 영상 내 주변 잡음과 구분이 어려움을 확인하였고, HOG가 미소객체에 대한 특징을 배경과 전경 형태로 명확하게 분리하는 것을 확인하였다.

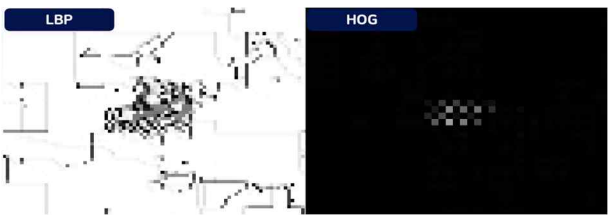

Fig. 15 Comparison of feature between HOG and LBP

4. 결 론

본 논문에서는 중장거리 상태로 이격된 미소 픽셀을 갖는 드론을 인식하기 위한 데이터 구축 및 관리시스템을 제안하였다. 이것에 포함된 기능을 정리하면 아래와 같다.

- 사용자가 원하는 이미지 데이터를 생성할 수 있도록 비디오 프레임 추출(extraction)
  추출한 이미지에 대한 정보와 함께 원하는 디렉토리에 분류하여 저장하는 데이터 저장(archive)
- 경계상자 형태의 레이블링 및 비행실험 환경에 대한 정보 어노테이션
- 이미지 컬러변환 및 미소객체 가상 데이터 생성
- HOG/LBP 기반 미소객체 이미지 증강

본 논문에서는 구현한 프로그램을 이용하여 실제 데이터셋에 대한 구축 결과 전체 78개의(174.1GB)의 영상을 이용하여 31,570(66.41 GB)에 대한 이미지 데이터셋을 구축할 수 있었고 Seamless cloning 증강기법을 적용한 사실적인 합성된 이미지를 얻을 수 있었으며 HOG와 LBP와 같은 고전영상처리 기법을 이용하여 미소객체의 특징 추출을 할 수 있음을 발견하였다.

본 논문에서 제안한 시스템은 비행 중 촬영한 영상을 직접 활용하여 데이터셋을 생성하고 다양한 증강기능을 직접 연계할 수 있으므로, 기존에 개발된 이미지 레이블링 툴과 큰 차이점을 갖는다.

후 기

1. 이 논문은 2021~2022년도 청주대학교 연구장학 지원에 의한 것임
2. 본 연구는 다부처사업으로 한국연구재단의 '드론캅 기체/요소기술 및 운용시스템 개발(NFR-2021M3C 1C4039579)' 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

[1] Maciej L. Pawelczyk, Marek Wojtyra, "Real World Object Detection Dataset for Quadcopter Unmanned Aerial Vehicle Detection," *IEEE Access,* vol. 8 pp. 174394-174409, Sep 2020.
[2] 10 of the best open source anntation tools for computer vision 2022, https://humansintheloop.org/10-of-the-best-open-source-annotation-tools-for-computer-vision-2022/
[3] Label Studio, https://labelstud.io/
[4] Diffgram, https://github.com/diffgram/diffgram
[5] LabelImg, https://github.com/tzutalin/labelImg
[6] CVAT, https://github.com/openvinotoolkit/cvat
[7] ImageTagger, https://github.com/bit-bots/imagetagger
[8] LabelMe, http://labelme.csail.mit.edu/Release3.0/
[9] VIA, https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/software/via/
[10] Make Sense, https://www.makesense.ai/
[11] COCO Annotator, https://madewithvuejs.com/coco-annotator
[12] Dataturks, https://github.com/DataTurks
[13] S. W. Lim and G. M. Park, "Developement of Python-based Annotation Tool Program for Constructing Object Recognition Deep-Learning Model," *The Korean Institute of Broadcast and Media Engineers Conference*, pp. 162-164, Nov. 2019
[14] J. H. Sin, "Data Quality Verification Method for AI Learning," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 48, no. 7, pp. 28-34, July 2021.
[15] K. Y. Yi and D. H. Kyeong, K. S. Seo, "Deep Learning Based Drone Detection and Classification," *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 68, no. 2, pp. 359-363, 2019.
[16] C. Y. Park, H. G. Kim, M. G. Kim and J. G. Paik, "Background Referenced Cutout Based Robust Image Augmentation Technique for Suffer Detection in Drone Images," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 44, no. 2, pp. 446-448, Nov 2021.
[17] Zhenni. Z, Zhenning. W, Lang. Q and Hui. Li, "Drone Detection Based on Multi-scale Feature Fusion", *2021 6th International Conference on UK-China Emerging Technologies (UCET),* 2021, pp. 194-198, doi: 10.1109/UCET54125.2021.9674985.
[18] Tijeni. D, Hedi. F and Zied. C, "Deep Learning-based approach for detection and classification of Micro/Mini drones," *2020 4th International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies (IC_ASET),* 2020, pp. 332-337, doi: 10.1109/IC_ASET49463.2020.9318281
[19] Bradski Gary, Kaehler Adrian. "*Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*", Reilly Media, Inc., 2008
[20] N. Dalal, B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection,", *2005 IEEE Computer Society Conference on Copmputer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*, 2005, pp.886-893 vol. 1, doi: 10.1109/CVPR.2005.177.
[21] T. Ahonen, A. Hadid and M. Pietikainen, "Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition," *in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, no. 12, pp. 2037-2041, Dec. 2006, doi: 10.1109/TPAMI.2006.244.