

드론카메라 영상을 이용한 표적 감시 및 추적

박무혁*, 한동기, 김재은
e-mail:mhpark@kari.re.kr

Target Acquisition and Tracking Information Sharing using Drone Camera Image

Mu-Hyuk Park*, Jae-Eun Kim

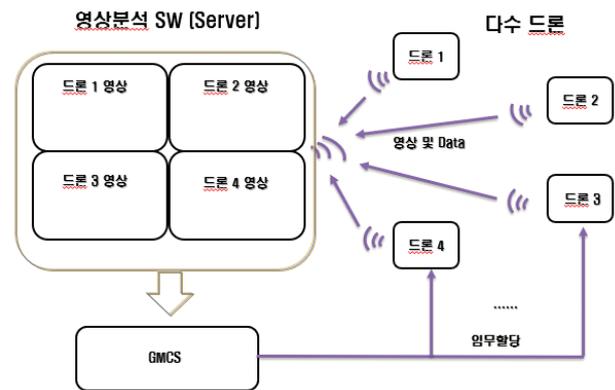
요약

본 논문에서는 드론으로부터 획득된 영상정보를 이용하여 감시 대상 표적을 설정하고, 추적하여, 특정된 대상표적의 종류와 그 위치정보를 다수의 UAV, UGV 등과 실시간 공유하기 위한 시스템에 대한 연구내용을 포함한다. 해당 시스템의 구성 및 핵심 알고리즘에 대하여 기술하였다.

에서 적용할 수 있는 시스템으로, 분석된 정보를 지상통제센터 및 유관기관 등에 제공할 수 있다. GMCS(Ground Management Control System)에 수신된 정보를 이용하여, 현재 운용중인 드론 등에 임무를 할당함으로써, 다수 드론 운용을 효과적으로 수행할 수 있다.

1. 서론

근래에 들어 드론은 다양한 분야에서 활용되고 있지만, 운용상의 문제점 등으로 인하여, 아직까지 충분히 활용되고 있지 못하다. 한 대의 드론을 사용자가 직접 조작하여 그 영상 정보를 획득하거나, 이를 인공지능 등을 이용하여 유용한 결과를 도출하는 것이 대부분이라 할 수 있다. 특히 다수의 드론 등을 이용하여, 정보를 수집하고 처리 분석하여, 유용한 정보를 획득하고, 이를 타 무인시스템과 공유함으로써, 자동화되고, 자율화된 시스템이 요구되는 감시 정찰 분야에서는 충분히 활용되고 있지 못하다. 본 논문에서는 다수 무인동체를 활용하여 감시 추적 임무를 효율적으로 수행하는데 필요한 시스템 및 영상 처리/분석과 그 결과를 공유 시스템에 대하여, 연구한 내용을 소개한다.



[그림 1] 운용개념

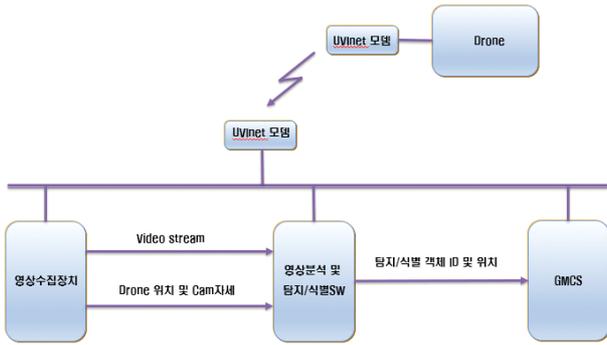
2. 운용개념

다수의 드론이 정찰 등의 임무를 수행하며, 각각의 드론으로부터 제공되는 영상을 실시간으로 분석하여, 유용한 특정 정보를 제공함으로써, 자동화된 통합정보시스템을 운용한다. 인명 수색 및 구조, 불법 선박 탐지 등의 광역탐색 시나리오

2. 시스템 구성

드론에서 촬영된 영상을 UVINet을 통하여, 지상으로 전송하면, 이를 저장하고, 분석하여, GMCS(Ground Mission Control System) 등, 다수의 시스템으로 전송하기 위한 시스

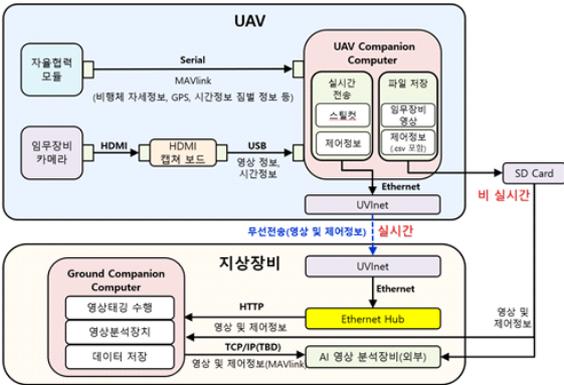
템 구성이다. 영상수집장치, 영상분석 및 탐지/식별 장치로 구성된다.



[그림 2] 시스템 구성도

2.1 영상수집장치

영상수집장치는 드론으로부터 송출되는 영상과 mavlink 메시지를 수신하여, DB화 하고, 이를 필요로 하는 영상분석장치로 송신하는 역할을 한다. 드론에 탑재되는 Companion 컴퓨터는 드론의 자동비행을 담당하는 주 컴퓨터로부터 필요한 정보를 수신하여, UVinet 통신장치를 통하여, 이를 영상수집장치로 실시간 송신한다. 이를 위하여, 드론에는 Companion 컴퓨터가 탑재되어, 드론 시스템으로부터 필요한 정보를 수집하고, 이를 영상수집장치로 송신한다.



[그림 3] Companion 컴퓨터 및 영상수집장치

지상장비인 영상수집장치는 이를 UVinet을 통하여 이를 수신하고 저장하며, 필요에 따라 영상분석장치로 실시간 또는 비실시간으로 송신한다.

2.2 영상분석 장치

영상분석 장치는 수신된 영상을 분석하여, 유용한 정보를 추출하고, 이를 필요로 하는 장비(GMCS 등)로 송신한다. 영상분석장치는 인공지능을 이용하여 학습된 객체를 영상으로부터 탐지/식별하며, 추적하는 기능을 갖는다. 또한 운용자가 필요에 따라 특정 객체를 지정하여 탐지/추적할 수 있다. 탐

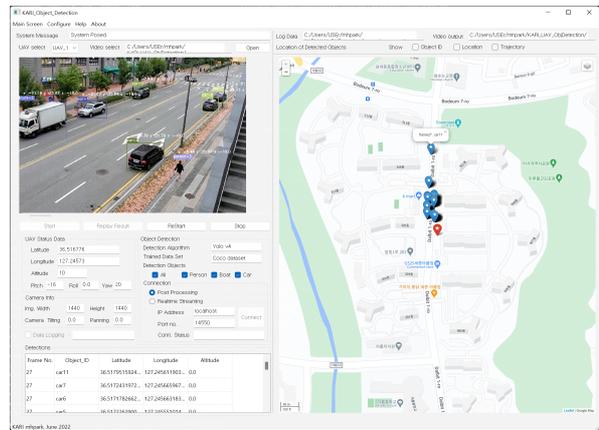
지/식별된 객체를 추적하며, 그 위치를 실시간 계산하고, 객체 정보 및 그 위치정보를 UVinet을 통하여 GMCS 등으로 송신한다.

2.3 분석 정보 공유

탐지된 객체 정보와 위치정보는 다수의 드론 등에서 임무할당 등을 위하여 UDP를 통하여 제공된다. 본 시스템에서는 GMCS(Ground Management Control System)로 전송되는데, 이외 동 정보를 필요로 하는 다수의 시스템에서 접속하여 정보를 수신할 수 있도록 UDP Server로 구동된다.

2.4 영상분석장치 GUI

탐지된 객체 정보와 위치정보는 그림과 같은 GUI에 시현되는데, 드론의 위치 및 카메라 자세, 수신된 영상 및 탐지/식별된 객체를 해당 영상에 Bounding Box로 표시하며, 지도상에 객체의 위치를 도시한다. 분석된 영상 및 정보는 파일로 저장되며, 재생할 수 있도록 하였다.



[그림 4] 영상분석 SW GUI

3. 알고리즘

3.1 표적탐지

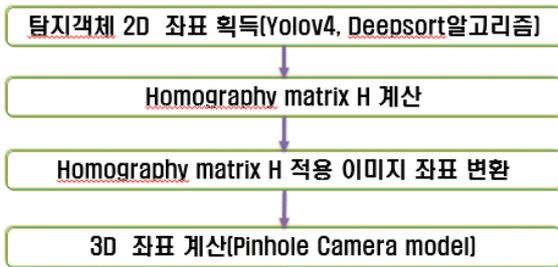
영상의 탐지 및 식별은 YOLO v4 알고리즘을 적용하여 사전에 학습된 객체에 대한 탐지 및 식별을 수행하도록 하였다. 기 학습된 다수의 객체들에 대하여, 탐지/식별하며, 이들의 추적을 위하여, DeepSort 알고리즘을 적용하였다. 또한 운용자가 임의로 영상의 특정 객체를 추적하고자 하는 경우, 영상의 해당 객체 영역을 드래그하여 설정하고 그 객체명을 입력한 후, 이를 추적할 수 있다.



[그림 5] 카메라 영상 및 탐지객체

3.2 위치계산

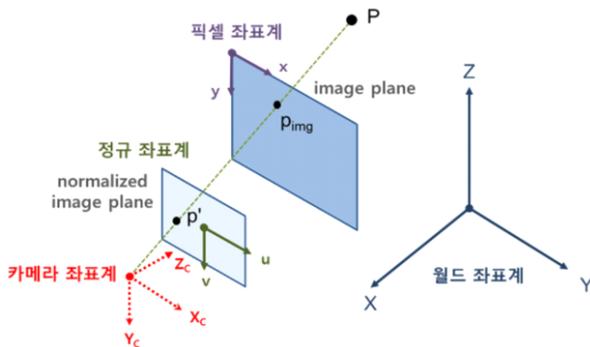
탐지객체의 위치는 탐지된 Bounding Box의 하단 중앙점을 기준으로 계산하였다. 드론에서 촬영된 영상은 드론 및 카메라의 자세에 따라, 변한다. 이를 Homography matrix를 이용하여, 수직으로 찍은 영상으로 변환하고, 이 때 카메라 정보와 상대고도를 이용하여, 탐지객체의 좌표를 계산하였다. 좌표의 계산은 Pinhole 카메라 모델을 이용하였으며, 처리 절차는 아래 그림과 같다.



[그림 6] 객체탐지/식별 및 위치계산

3.2.1 좌표계

사용되는 좌표계는 카메라 좌표계, 이미지 좌표계와 월드좌표계이며, 그림과 같다.



[그림 7] 사용된 좌표계

3.2.2 카메라 모델

카메라 모델은 Pin-hole 카메라 모델로 다음과 같다.

$$s \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & \text{skew}_{cf_x} & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = A[R|t] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

x, y : 이미지 좌표 u,v

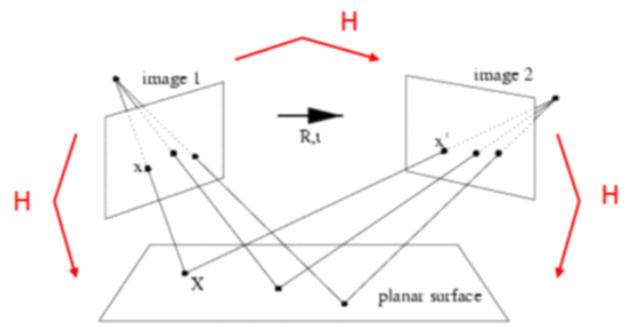
A : 카메라 intrinsic matrix

[R/t] : Extrinsic matrix(카메라 pose)

X, Y, Z : object 3D 좌표

3.2.3 Homography matrix

드론의 고도정보를 위치계산에 이용하기 위하여, homography matrix(H)를 이용하여, 수직하방으로 촬영된 영상으로 변환 후 처리 하였다. 임의의 pose에서 촬영된 영상에서 특정 pose에서 촬영된 영상으로 변환은, H를 이미지 영상에 곱하여 수행할 수 있다.



[그림 8] Homograph를 이용한 이미지 변환

이미지 1에서 이미지2로 R(회전행렬), t(이동벡터)인 경우 다음과 같이 변환할 수 있다.

$$s \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Homography matrix H는 위치변화 없이 단순 회전 변환 R만 있는 경우 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

$$s \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = K R K^{-1} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

H : Homograph matrix $H = K R K^{-1}$

K : Intrinsic matrix

R : R2에서 R1으로의 회전 $R = R1 \cdot R2^T$

3.2.4 위치계산

World 좌표계3D 좌표(X,Y,Z)계산을 위한 식은 다음과 같다.

$$s \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = A[R|t] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = [R|t]^{-1} A^{-1} s \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

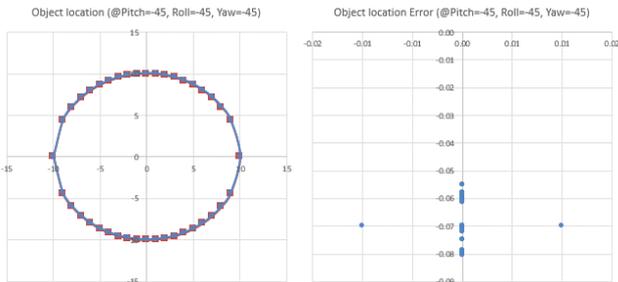
[R/t] : Camera위치 및 자세정보

A : Camera의 초점거리(fx,fy)와 영상중심 좌표(cx,cy) 등 Camera 고유정보

S: Camera 수직 하방뷰에서는 고도값과 동일

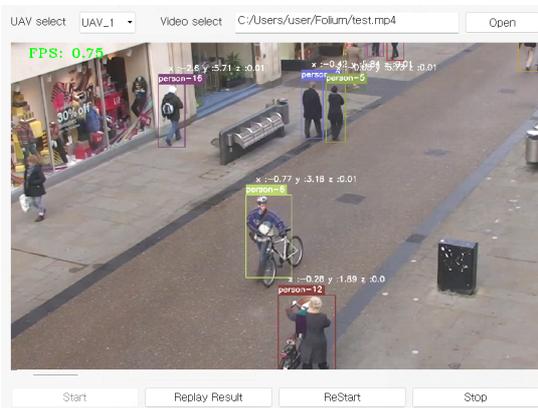
3.2.5 알고리즘 검증

알고리즘의 검증은 시뮬레이션을 이용하여, 원형상에 위치한 정확한 위치를 알고 있는 객체를 대상으로, 촬영된 영상을 이용하였다. 다양한 pose에서 촬영된 영상에 H를 적용하고, 알고리즘에 따라 계산하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

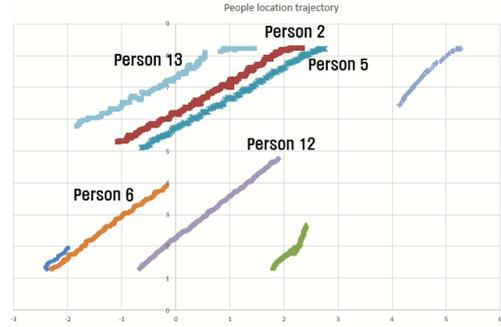


[그림 9] 시뮬레이션을 이용한 검증 결과

다음은 위치와 자세를 알고 있는 CCTV영상에 대하여, 객체를 탐지/식별하고, 그 위치를 계산하여 도시한 결과를 보여준다.



[그림 10] CCTV 영상 및 탐지/식별 결과



[그림 10] 탐제된 사람들의 이동궤적

카메라 영상에 탐지된 사람들을 대상으로, 각각의 이동 궤적을 확인할 수 있다.

4. 결론

다수의 드론 등으로부터 획득되는 영상을 이용하여, 특정 객체를 탐지하고, 그 위치를 실시간으로 계산하여, 이를 공유하는 시스템은 드론 등의 활용성 증진에 꼭 필요하다. 본 논문에서는 인공지능을 이용하여 객체를 탐지/식별하고, 그 위치를 실시간으로 분석하여, 공유할 수 있는 시스템 및 알고리즘에 대하여, 소개하였다.

참고문헌

[1] D. Scaramuzza, F. Fraundorfer “Visual Odometry Tutorial”, IEEE Robotics & Automation Magazine 제 18권 4호, pp. 80-92, 2011년.

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단, 무인이동체원천기술개발사업단의 지원을 받아 무인이동체원천기술개발사업을 통해 수행되었음.

(No. NRF-2020M3C1C1A02086425)