

무인기의 영상 기반 목표물 추적 및 포획

이한섭¹, 정석우¹, 심현철¹
¹한국과학기술원 항공우주공학과

Vision-based UAV Tracking and Capturing Target

Lee Hanseob¹, Jung Seokwoo¹, Shim Hyunchul¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST

e-mail: hslee89@kaist.ac.kr, tjrdn123zz@kaist.ac.kr, hcshim@kaist.ac.kr,

요 약

본 논문은 On-board 영상처리 시스템과 비행제어 시스템을 결합하여 적 무인항공기를 추적하고 나아가 그물로 포획하는 연구를 다루었다. 목표물에 대한 영상처리는 영상 이미지의 HSV를 이용하여 빨간색상의 표적을 추출하는 알고리즘을 이용했고 비행제어컴퓨터는 그 정보를 바탕으로 목표물 추적 알고리즘을 수행한다. 본 논문에서는 표적을 인식하고, 목표물 추적하는 비행실험을 통해 알고리즘의 성능을 검증하였다.

1. 서론

최근 드론의 인기가 날로 증가하면서 드론시장이 급성장하고 있는데, 증가된 사용량만큼이나 이를 악용하는 사례도 점점 늘어나고 있다. 카메라를 이용한 사생활 침해부터 마약을 밀수하는 특수범죄까지 많은 문제를 야기하고 있는데 최근에는 백악관에 드론이 침투하는 상황까지 벌어짐으로써 더 이상 보안 시설에 드론이 침투하는 상황을 걱정하지 않을 수 없게 되었다. 본 논문은 이런 상황을 대비하기 위해 포획무인기를 이용해서 보안시설에 침투한 무인기를 추적하여 포획하는 연구를 제시하고자 한다.

본 목적을 달성하기 위해서 무인기의 자동비행을 위한 비행제어 시스템과 표적을 인식하기 위한 On-board 영상처리 시스템을 무인기에 통합하였다. 비행실험에 사용된 기체와 타겟은 다음 그림과 같다.



[그림 1] (좌)실험에 사용된 기체 (우)영상 표식을 설치한 추적대상기체

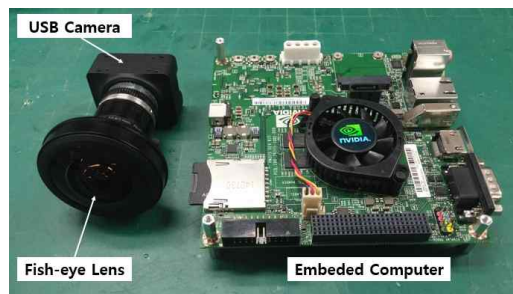
실험에 사용된 기체 사양은 축간 거리 500mm, 전체 중량 3.0kg이고 4500 Li-Po 4cell 배터리를 사용하였으며 프로펠러 크기는 12x4.5인치를 사용했다.

2. 본론

2.1 영상처리 시스템

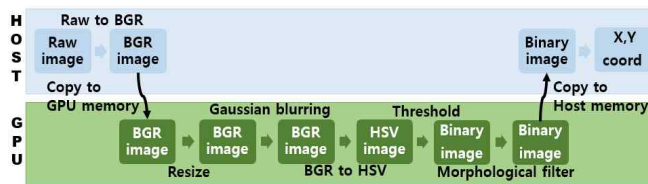
실험에 사용된 비행체의 영상 하드웨어 시스템은 어안렌즈, 컬러 USB 카메라, 영상처리용 컴퓨터로 구성된다. 어안렌즈를 사용한 이유는 타겟의 위치를 모르는 상황에서 넓은 범위를 한번에 탐색하기 용이하기 때문이다. 본 연구에 사용된 카메라는 타겟 표적의 빨간색을 인식할 수 있도록 컬러 프레임을 확

득할 수 있는 것으로 선정하였다. 또한, 입력 영상을 On-board에서 고속으로 처리하기 위하여 GPU 프로그래밍이 가능한 소형 임베디드 컴퓨터(NVIDIA Jetson TK1 Board)를 장착하여, 비행제어 컴퓨터의 리소스를 소모하지 않고 개별적이고 안전한 연산을 하도록 하였다. CUDA 프로세서가 장착되지 않은 비슷한 사양의 임베디드 컴퓨터인 ODRROID-XU3 모델과 본 연구에서 선정한 TK1 Board를 이용하여 특정 색상 물체 검출 알고리즘을 수행한 결과 GPU를 사용하는 TK1이 약 30%정도 빠른 것을 확인할 수 있었다.



[그림 2] 실험에 사용된 카메라와 영상처리용 컴퓨터

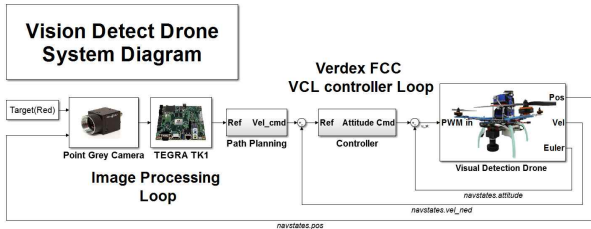
영상 내의 물체의 위치를 계산하기에 앞서 입력 영상을 표준 편차가 1.5인 5x5 Kernel Gaussian 필터를 이용하여 노이즈를 제거하였다. 그리고 나서 영상을 외부 환경변화에 강건하게 처리하기 위해 RGB 색공간을 HSV 색공간으로 변환하였다. 낮 시간에 표적이 나타내는 Hue, Saturation, Value 범위를 이용하여 Threshold를 통해 이진 영상을 얻어내었다. 그리고 나서 Morphological 필터를 이용하여 노이즈를 한번 더 제거한 뒤 영상 내의 Contour의 모멘트와 면적을 이용하여 영상 내에서의 좌표를 계산하였다.



[그림 3] 영상 Heterogeneous Computing

2.2 목표물 추적 비행제어 시스템

목표물 추적 알고리즘을 수행하기 위해서는 먼저 비행제어 시스템이 구성되어야 한다. 쿼드콥터의 운동학적 모델은 불안정 시스템이므로 기체의 자세제어가 기본적으로 수행되어야 하고 오일러 각 제어를 통해서 기체의 위치 및 속도를 변화시킬 수 있다. 본 시스템의 Flow Chart는 다음과 같다.



[그림 4] Hardware Flow Chart

표적을 추적하는 과정은 먼저 영상처리를 통해 얻은 이미지 내에서의 표적 좌표를 계산한다. 본 연구팀에서 설계한 비행제어 시스템은 위치 오차를 기반으로 한 웨이포인트 알고리즘이므로 위에서 계산된 영상 내 좌표 오차를 위치 오차에 대입하도록 한다.

$$P_e = K_{in} g e_{m.g} \quad \dot{P}_e = -V_{body}$$

$$a_{cmd} = 2\zeta w_n \dot{P}_e + w_n^2 P_e$$

위 식과 같이 2차시스템의 형태로 오차와 오차율을 이용해 가속도 명령을 만들고 이를 통해 타겟을 추적하도록 알고리즘을 구성했다.

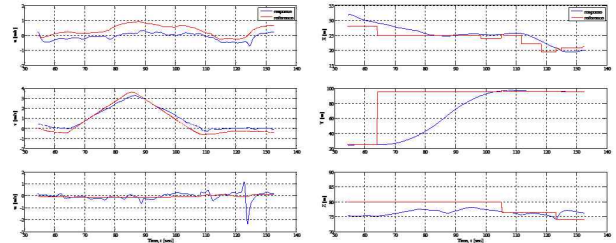
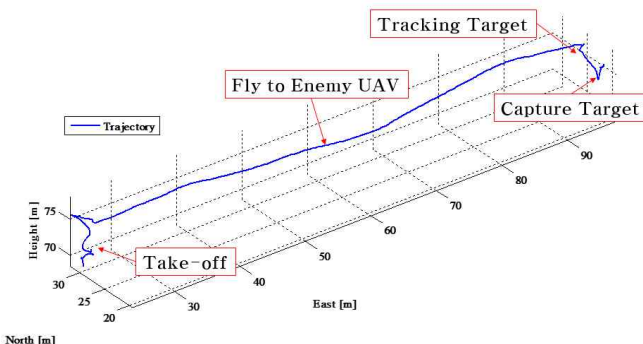
2.3 실험 결과

본 연구의 비행실험은 가상의 적 무인기가 아군의 영역에 침범하여서 영상기반 포획무인기가 이를 저지하는 시나리오로 진행하였다. 시나리오 순서는 다음과 같다.

시나리오
1. 적 무인기가 아군영역에 무단 침입
2. 포획무인기 출동
3. 적 무인기 발견지점까지 자동비행
4. 발견지점에서 영상 표적 인식
5. 인식된 영상 정보를 이용해서 적 무인기 포획

[표 1] 실험의 시나리오 순서

시나리오를 수행하면서 획득한 비행데이터는 아래와 같다.



[그림 5] (위) Local Coordinate 3D Flight Trajectory (좌)NED Frame Velocity Graph (우)Local Position Graph

위 그래프에서 볼 수 있듯이 포획무인기는 먼저 초기 위치에서 이륙하고 적 무인기가 있는 지역까지 자동으로 비행하고 근처 지점에서 영상으로 들어온 정보를 참고해서 적 무인기를 그물을 이용해 포획을 수행하였다. 결과적으로 표적이 영상에 존재할 때 약 85%의 True Positive rate을 보였다. 영상처리 결과로 얻은 표적의 인식 결과는 다음과 같다.



[그림 6] (좌) 타겟 원본 영상 (우) 영상 처리 결과

3. 결론

본 논문을 통해서 On-board 영상처리 시스템과 무인기의 비행제어 시스템 구성하였다. 그리고 이를 하나의 무인기 플랫폼에 통합하여 영상기반의 적 무인기 포획 임무를 비행실험을 통해서 입증하였다.

후기

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [R-20150223-000167, 고신뢰성 다중 무인이동체 통신 및 보안 SW기술 개발]

참고문헌

[1] S. W. Cho, S. S. Huh, David H. C. Shim, and Hyungsik Choi, *Vision-Based Detection and Tracking Airborne obstacles in a Cluttered Environment*, Journal of Intelligent & Robotic Systems, Volume 69, Issue 1-4, pp 475-488, Jan, 2013

[2] Jeongwoon Kim, David Hyunchul Shim, James R. Morrison, *Tablet PC-based Visual Target-Following System for Quadrotors*, Journal of Intelligent & Robotic Systems, April, 2014