

비전 기반 UAV의 객체 인식 및 자율 주행 기술 동향 조사

정홍석, 이재복, 이주현, 김선우

한양대학교 융합전자공학과

{hssjung, ok7393, psorstroll, remero}@hanyang.ac.kr

A Survey of Object-Tracking and Autonomous Driving in Vision-based UAV

Hongseok Jung, Jaebok Lee, Joohyun Lee, and Sunwoo Kim

Department of Electronic Engineering, Hanyang University

요약

오늘날, 비전 센서 기술이 발전하여 소형, 고성능화, 저전력 등의 기능들이 충족됨에 따라 UAV(unmanned aerial vehicle)를 이용한 비전 기반 객체 인식 기술이 활발히 연구되었다. 비전 기반 객체 인식은 이미지나 영상의 표적 물체를 감지하고 추적하며, 추적 성공 시 추적 대상의 외형 정보를 학습함으로써 감지 능력을 향상해 추적 정확도를 높일 수 있다. 또한 딥러닝을 사용한 비전 객체 검출 기술이 연구됨에 따라 대량의 데이터 셋을 통해 객체를 찾아내는 것이 가능해져 자동차 분야 및 항공 우주 분야 자율 주행에 적용되고 있다. 비전을 이용한 UAV 자율 주행은 비전 센서에서 인식한 객체를 이용하여 표적 객체와 일정 거리를 유지하거나 객체와의 거리를 인식해 장애물을 회피한다. 본 논문에서는 비전 기반 UAV의 객체 인식 방법과 인식한 객체를 추적하며 장애물을 회피하는 UAV 자율 주행의 동향을 설명한다.

1. 서론

UAV(unmanned aerial vehicle)는 실제 조종사가 직접 탑승하지 않고, 사전 프로그램 된 경로에 따라 자동 또는 반자동으로 비행하는 비행체를 뜻한다. 또한 UAV는 공간과 환경에 제약받지 않는 우수한 접근성과 자율성으로 인해 발전 가능성이 높고 이를 이용한 UAV 자율 주행 기술들이 활발히 연구 중이다[1,2]. 이와 같은 UAV 자율 주행 기술은 사람이 직접 투입될 수 없는 환경에서 자료 분석이나 실시간 감시 및 추적을 목적으로 활용될 수 있다. 본 논문에서는 UAV 자율 주행을 위한 비전 정보 기반의 객체 인식 기술과 자율 주행 기술을 설명하고 그 최신 연구 동향에 대하여 소개한다.

2. 비전 기반 객체 인식 기술

비전 기반 객체 인식이란 사람의 시각과 같이 이미지 또는 비디오와 같은 시각 정보를 사용하여 객체를 식별하는 컴퓨터 비전 기술이다[3]. 오늘날, 물체 탐지에 주로 사용되는 RADAR(radio detection and ranging), LiDAR(light detection and ranging)와 같은 센서는 정밀성 대비 높은 가격으로 활용도에 한계가 존재하며, 비전 센서의 기술이 발전함에 따라 가격 대비 성능이 향상되어 이러한 비전 센서를 이용한 객체 인식 기술의 연구가 활발히 진행 중이다. 하지만 비전 기반 객체 인식 기술은 공통적으로 연산량이 높다는 문제점이 있어, 고성능 CPU(central processing unit)나 고용량 배터리의 탑재가 어려운 소형 디바이스에 적용이 어렵다. 따라서 UAV에 객체 인식 기술을 탑재하기 위해서는 연산량이 낮은 객체 인식 알고리즘이 요구된다.

기존의 객체 인식 기술은 Boosting, Median-flow[4]등의 알고리즘을 통해 이미지 혹은 영상의 객체를 식별한다. 하지만 이와 같은 방법을 이용한 객체 인식은 높은 연산량 뿐만 아니라 객체가 장애물로 인해 시야 범위에서 벗어난 경우, 미탐지 문제를 야기한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 딥러닝을 사용한 오프라인 방식의 물체 추적 알고리즘의 사용이 제안되었다. 오프라인 방식의 물체 추적 알고리즘은 네트워크를 미리 학습시켜 적은 연산량으로 객체 인식이 가능해 UAV와 같은 저전력 기기에서도 좋은 성능을 발휘한다. 본 논문에서는 이러한 딥러닝 오프라인 방식의 비전 기반 객체 인식 기술인 TLD(tracking learning and

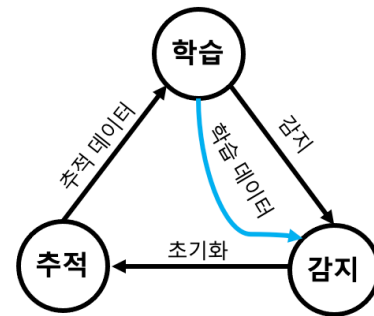


그림 1. TLD 알고리즘 동작 순서도

detection)[4]와 KCF(kernelized correlation filter)[5] 알고리즘에 대해 설명한다.

A. TLD

TLD 방법을 이용한 객체 인식은 이미지 상에서 추적할 객체를 결정하고 감지(detect)하여 물체를 추적(tracking)함과 동시에 학습(learning)을 통해 객체 인식 성능을 향상시킬 수 있는 기술이다[4]. 감지 단계에서는 미리 알고 있는 대상을 입력 영상에서 인식하며, 주어진 이미지나 영상에 따라 우리가 찾고자 하는 대상을 추적한다. 반면, 추적 단계에서는 동영상의 인접한 영상 프레임들 사이의 시간적, 공간적, 형태적 유사성을 이용하여 대상을 찾는다. 이때, 물체 추적 시에 장애물이나 비전 측정 에러로 추적 실패가 발생할 수 있다. TLD 방법은 tracking by detection 방식을 통해 매 영상 프레임마다의 추적 대상 위치를 감지하고 재추적 하여 이러한 추적 실패 문제를 해결한다. 학습 단계에서는 추적 단계에서 추적한 윈도우 영역을 학습 데이터로 변환하여 감지 단계의 감지 능력을 향상시킨다.

B. KCF

KCF는 상관(correlation) 필터를 이용한 대표적인 비전 기반의 객체 추적 방식이다. KCF는 타 알고리즘 대비 간단한 알고리즘 구조로 초당 수백 프레임을 처리 할 수 있어 알고리즘 수행 속도가 높아 실시간 영상처리에 적합하여 다른 실시간 추적 알고리즘 대비 우수한 객체 추적 성능을 기대할 수 있다.

Bitcrazy 社の micro UAV에 KCF 알고리즘을 이용하여 실내 선반과 같은 객체를 인식하는 실험을 진행하였다. 실험은 한양대학교 IT/BT에서 진행되었으며 그림 2-(a)와 같은 FPV(first person view) 카메라와 5.8

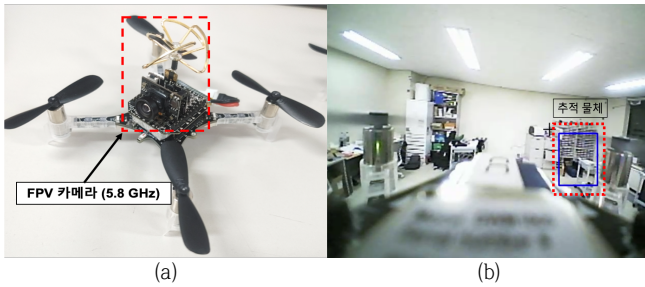


그림 2. KCF 알고리즘 검토에 사용된 UAV(a)와 실험 결과(b)

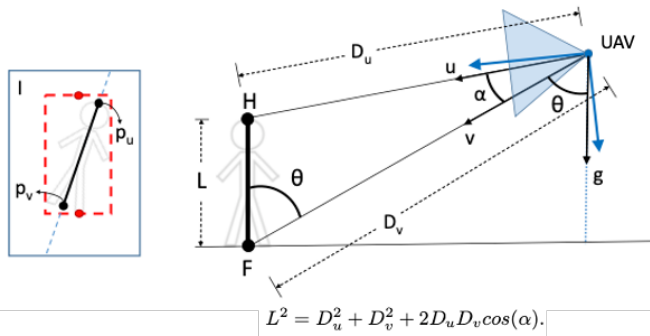


그림 3. 표적 물체와의 거리 측정

GHz 송신부가 탑재된 micro UAV를 이용하였다. PC에는 5.8 GHz 수신기를 장착하여 UAV으로부터 영상을 실시간으로 수신하고 KCF 알고리즘을 통해 객체추적을 진행했다. 실험 결과, 그림 2-(b)에 표시된 것과 같이 UAV 구동과 함께 실내 선반 객체를 추적하는 것을 확인했다.

3. 객체 인식을 활용한 자율주행

최근 세계적인 전기자동차 기업 Tesla社は 오토파일럿 기술의 물체 탐지 오류와 LiDAR, RADAR 센서의 높은 가격, 즉각 대응 능력의 어려움을 파악하였다. 따라서 21년도부터 제공되는 오토파일럿 기술에는 자율 주행에 필요한 주변 환경 탐지에 완전 비전 중심 방식(heavily vision-based approach)을 활용하기로 결정했다. 이러한 비전 기반 자율 주행은 비전에서 입력받은 데이터를 활용하여 주행 중 물체를 탐지하고 물체와의 거리 혹은 특징 파악한다. 주행 목표에 따라 추적 주행 혹은 장애물 회피 등의 자율 주행을 한다.

A. VO(visual odometry) 기술을 사용한 자율 주행

VO 기술은 시각적 주행거리 측정 방법으로 단일 비전에서 입력 받은 이미지를 분석해 로봇의 위치와 방향을 결정하는 기술이다[2]. 시각적 주행 거리 측정은 객체 인식 기술로써 추적하고자 하는 객체를 지정하고 객체가 추적되면, 그림 3과 같은 방법으로 객체와의 거리를 측정하는 방법이다. 측정된 거리를 통해 UAV는 표적 물체의 경로 매핑이 가능하게 되며, 표적 물체와 드론 사이의 거리를 유지하며 자율 주행이 가능하다.

B. 스테레오 비전(stereo vision)을 활용한 자율 주행

스테레오 비전을 활용한 자율 주행 기술은 두 대 이상의 비전을 활용해 이미지의 깊이(depth of image) 정보를 획득하여 객체와의 거리를 계산하고 장애물을 회피하며 주행하는 기술이다[6]. UAV에 두 대의 비전 센서를 탑재하고 입력되는 2차원 좌/우 영상의 x 축 위치 차이를 통해 시차(disparity)를 계산한다. 그림 4와 같이 시차 정보 및, 초점 거리, 베이스라인 3가지 요소를 통해 3차원 거리를 계산하고 이를 통해, 주행 중 물체를 회피하여 주행한다.

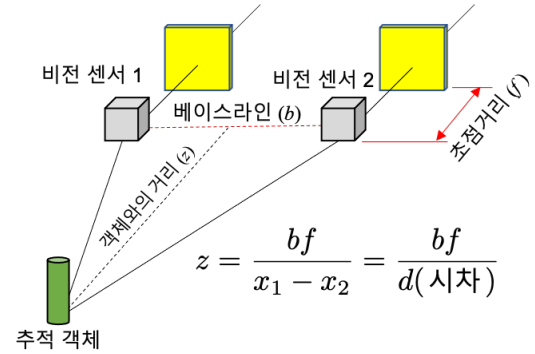


그림 4. 스테레오 비전을 활용한 객체와의 거리 측정 방법

4. 결 론

본 논문에서는 비전 기반 UAV의 객체 인식에 사용되는 알고리즘 사례와 이를 통한 UAV 자율 주행 예시를 최신 동향과 함께 다루었다. UAV에 탑재하기 위해 TLD, KCF와 같은 연산량이 낮은 객체 인식 알고리즘이 연구되었으며, 또한 인식된 객체와의 거리를 측정하여 표적 물체를 추적하거나 회피하는 UAV 자율 주행 기술이 개발되었다. 향후 비전 센서를 활용하여 다양한 환경에서 물체 인식이 가능한 객체 인식 기술과 이를 통한 UAV 자율 주행 연구를 기대할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2021-2017-0-01637)

참 고 문 헌

- [1] Y. Liu and Z. Meng, "Visual Object Tracking For A Nano-scale Quadrotor," in *Proc. 2018 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)*, 2018, pp. 843-847.
- [2] H. Lim and S. N. Sinha, "Monocular Localization of a moving person onboard a Quadrotor MAV," in *Proc. 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2015, pp. 2182-2189.
- [3] B. Deori and D. Thounaojam, "A survey on moving object tracking in video," *Int. J. Inf. Theory*, vol. 3, pp. 31-46, 07 2014.
- [4] Z. Kalal, K. Mikolajczyk, and J. Matas, "Tracking-learning-detection," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 34, no. 7, pp. 1409-1422, Jul. 2012.
- [5] J. F. Henriques, R. Caseiro, P. Martins, and J. Batista, "High-Speed Tracking with Kernelized Correlation Filters," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 37, no. 3, pp. 583-596, Mar. 2015.
- [6] K. McGuire, G. de Croon, C. De Wagter, K. Tuyls, and H. Kappen, "Efficient Optical Flow and Stereo Vision for Velocity Estimation and Obstacle Avoidance on an Autonomous Pocket Drone," *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 2, no. 2, pp. 1070-1076, Apr. 2017.