

객체 인식을 이용한 자율 추적 드론 시스템

김선준, 최진우, 주민철

국민대학교

{20181442, triplet, mcju}@kookmin.ac.kr

Object Detection-Based Autonomous Tracking Drone System

Kim Sun June, Choi Jin Woo, and Ju MinChul

Kookmin Univ.

요약

본 논문은 Jetson Nano 및 Pixhawk를 활용한 자율 추적 드론 시스템의 개발에 관한 연구를 다룬다. 이 시스템은 두 대의 RealSense 카메라, T265와 D435를 통합하여 인간 객체를 인식하고 추적한다. T265 카메라는 드론의 위치와 항법 데이터를 제공하며, D435는 실시간 물체 인식 및 추적을 담당한다. 시스템은 ROS(Robot Operating System)와 Python 프로그래밍 언어를 기반으로 구현하였다. 이를 통해 드론은 인식된 대상을 중심으로 시점을 고정하고 추적하는 동시에, 경로상의 장애물을 효과적으로 회피한다. 본 연구는 드론 기술의 자율성 및 인식 능력을 향상시키는 기술적 진보를 제시하며, 실제 환경에서의 응용 가능성을 탐구한다. 이 시스템은 향후 검색 및 구조, 감시, 보안 분야에서의 활용을 목표로 한다.

I. 서론

최근 드론 기술의 급속한 발전은 군사, 감시, 구조 작업 및 시민 분야에서의 혁신적 변화를 가져왔다. 이러한 변화 중에서도, 움직이는 객체를 자율적으로 인식하고 추적하는 능력은 드론 기술에서 가장 중요한 발전 중 하나로 간주된다. 특히, 사람이나 차량과 같은 동적 객체의 실시간 추적은 재난 구조, 보안 감시, 교통 관리 등 여러 응용 분야에서 매우 유용하다. 본 연구의 목적은 Jetson Nano와 Pixhawk를 중심으로 한 하드웨어 아키텍처를 사용하여, RealSense T265 및 D435 카메라를 통합한 자율 추적 드론 시스템을 개발하는 것이다. 이 시스템은 드론이 인식한 객체를 중심으로 시점을 고정하고 추적할 수 있도록 설계되었으며, 장애물 회피 기능을 통해 동적 환경에서의 안정성을 확보한다.[1]-[3]

본 연구는 드론이 어떻게 실시간으로 움직이는 객체를 인식하고 추적할 수 있는지, 추적 중 장애물을 효과적으로 회피하는 전략은 무엇인지에 대한 기술적 질문에 답하고자 한다. 이를 위해 ROS(Robot Operating System)를 활용하여 시스템의 소프트웨어를 개발하고, Python을 사용하여 이를 구현했다. 또한, 다양한 실험을 통해 시스템의 효율성을 검증하고, 실제 환경에서의 응용 가능성을 탐구하였다. 구체적으로, 드론 기술의 실용적 적용 가능성을 확장하며, 특히 동적인 대상을 중심으로 한 작업 환경에서 드론의 유용성을 증대시킬 수 있는 기술적 발전을 목표로 한다.

II. 본론

본론에서는 시스템 아키텍처 및 구성 요소, 물체 인식 및 추적, 장애물 회피를 위한 로컬 플래너와 글로벌 플래너, 시스템 통합 및 실시간 처리로 구분하여 각 부분을 설명한다.

1. 시스템 아키텍처 및 구성 요소

본 연구에서 개발된 자율 추적 드론 시스템은 Jetson Nano와 Pixhawk를 핵심 하드웨어로 활용한다. Jetson Nano는 Nvidia사에서 개발한 GPU가 포함된 임베디드 시스템용 보드로 고성능 컴퓨팅 능력을 제공하여 복잡한 이미지 처리 작업을 실시간으로 수행할 수 있고, Pixhawk는 드론의 비행 제어를 담당하며, 다양한 센서와의 연동을 통해 안정적인 비행을 지

원한다. 두 대의 RealSense 카메라, T265와 D435는 각각 네비게이션 및 위치 추적과 실시간 물체 인식 및 추적을 위해 사용하는데, 이러한 구성은 드론이 높은 정밀도와 반응성을 가지고 동적 환경에서 작동할 수 있도록 한다.

2. 물체 인식 및 추적

시스템의 핵심 기능 중 하나인 물체 인식과 추적은 YOLO v5 알고리즘을 사용하여 구현한다. 심층 학습 기반 알고리즘은 그 정확성과 처리 속도로 유명하며, 특히 움직이는 객체를 실시간으로 인식하고 추적하는 데 적합하다. YOLO v5는 이미지 내 객체를 식별하고, 각 객체에 대한 클래스 확률을 추정하여 추적 정보를 지속적으로 업데이트한다. 이 기술은 드론이 빠르게 변화하는 환경 조건에서도 객체를 효과적으로 추적할 수 있게 한다.

3. 장애물 회피

드론의 안전한 비행을 보장하기 위해, T265 카메라에서 수집된 환경 데이터는 장애물 회피 메커니즘에 사용된다. 이 데이터는 ROS 시스템을 통해 실시간으로 처리되며, 장애물이 감지되는 즉시 드론은 자동으로 비행 경로를 조정한다. 이 회피 전략은 드론이 복잡한 환경에서도 충돌 없이 비행할 수 있도록 하고, 경로 최적화 알고리즘은 비행 효율성을 높이고 에너지 소비를 줄이는 데 기여한다. 장애물 회피를 위한 경로 계획(Path Planning) 알고리즘으로 로컬 플래너(Local Planner)와 글로벌 플래너(Global Planner)는 로봇이나 자율주행 시스템에서 경로 계획에 사용되는 요소로 이번 논문에선 로컬 플래너로 TEB(Timed Elastic Band) 알고리즘으로, 그리고 글로벌 플래너로 Dijkstra 알고리즘을 사용하였다.

1) 로컬 플래너 - TEB(Timed Elastic Band)

탄성 밴드 모델은 로봇의 경로를 일종의 탄성 밴드로 표현하여 로봇이 이 밴드 내에서 안전하게 움직이도록 계획하는 모델로, 로봇의 현재 위치, 목표 위치, 동적 제약 등을 고려하여 유연하게 조정된다. 시간 제약을 사용하는 TEB 로컬 플래너는 로봇의 동적 제약과 움직임의 부드러움을 고려하기 위해 로봇의 위치 및 속도 제약을 시간적으로 고려하여 경로를 계획하고, 경로의 각 지점에 대한 도착 시간을 설정한다. 이를 통해 로봇의

움직임을 제어하고 안전한 이동을 보장한다.

TEB 로컬 플래너는 장애물 회피를 위해 로봇의 센서 데이터나 환경 모델을 기반으로 장애물을 감지하고, 경로 계획 시 장애물을 피할 수 있는 경로를 선택한다. 이 과정에서 탄성 밴드 모델을 활용하여 경로를 조정하고, 로봇의 움직임을 최적화한다. 또한, TEB 로컬 플래너는 주어진 글로벌 경로를 추종하기 위해 사용된다. 로봇은 글로벌 플래너에서 계획된 경로를 따라 이동하면서, TEB 로컬 플래너는 로봇의 현재 상황과 동적 제약을 고려하여 실시간으로 로봇의 지역 경로를 계획하고 제어한다. 결론적으로, TEB 로컬 플래너는 로봇의 경로 계획과 제어에 있어서 안전성과 움직임의 부드러움을 고려하는 효과적인 알고리즘으로, 시간 제약과 탄성 밴드 모델을 활용하여 로봇의 움직임을 조정하며, 장애물 회피와 경로 추종을 실시간으로 수행하여 안전하고 효율적인 이동을 가능케 한다.

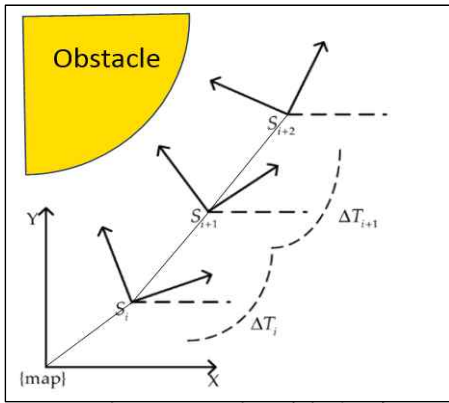


그림 2. TEB 로컬 플래너 알고리즘

5. 글로벌 플래너 - Dijkstra 알고리즘

Dijkstra 알고리즘은 다음과 같은 단계로 동작한다. 먼저 출발 노드를 설정하여 최단 경로를 찾을 출발 노드를 선택한 다음, 출발 노드로부터 각 노드까지의 거리를 무한대로 초기화하며, 출발 노드 자체의 거리는 0으로 설정한다. 이후 방문하지 않은 노드 중에서 현재까지의 거리가 가장 작은 노드를 선택한다. 선택한 노드를 거쳐 다른 노드로 가는 거리를 계산하고, 이를 현재까지의 거리와 비교하여 더 짧은 거리로 갱신한다. 이 과정을 모든 노드를 방문할 때까지 반복한다. 최종적으로, 목적지 노드까지의 최단 경로를 추적하는데, 최단 경로가 갱신될 때마다 해당 노드의 이전 노드를 기록하여 최단 경로를 추적한다. Dijkstra 알고리즘은 그리디(greedy) 알고리즘으로, 매 단계에서 현재까지의 최단 거리가 가장 작은 노드를 선택하여 탐색한다.

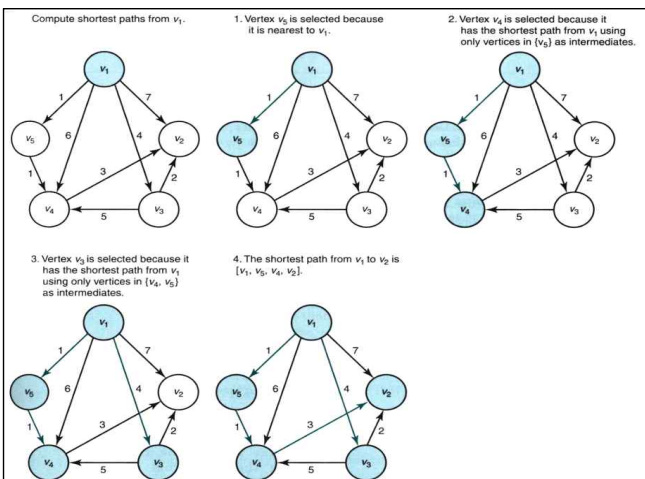


그림 5. Dijkstra 알고리즘

이를 통해 출발 노드로부터 각 노드까지의 최단 거리를 계산할 수 있습니다. 이는 로컬 플래너 알고리즘인 TEB 알고리즘으로 파악한 경로를 종합한 후 전체 경로에서 효율적인 경로선택을 가능케 한다.

4. 시스템 통합 및 실시간 처리

드론 시스템의 모든 구성 요소는 ROS를 통해 통합되며, Python을 사용한 프로그래밍을 통해 사용자 정의 기능이 추가 개발됐다. ROS는 하드웨어 추상화, 디바이스 드라이버, 라이브러리, 시각화 도구, 메시지 전달 및 패키지 관리 기능을 제공하여, 복잡한 로봇 응용 프로그램 개발을 단순화할 수 있기에 추적 알고리즘과 회피 알고리즘의 통합이라는 문제에 해결에 적합하다. 이 통합된 환경은 시스템 구성 요소 간의 원활한 데이터 교환과 처리 로직의 효율적 구현을 가능하게 하며, 실시간 데이터 처리 및 응답 시간 최소화를 지원한다. 또한 이를 통해 Jetson nano에 가해지는 부담을 효과적으로 줄일 수 있었다.

III. 결론

본 논문에서 개발된 자율 추적 드론 시스템은 고성능 하드웨어와 고급 알고리즘을 통합하여 움직이는 객체를 실시간으로 인식하고 추적할 수 있는 능력을 성공적으로 시연했다. Jetson Nano와 Pixhawk의 조합, RealSense 카메라의 활용, 그리고 YOLO v5 알고리즘의 적용은 드론이 복잡한 환경에서도 높은 정확도와 효율성으로 작업을 수행할 수 있게 했다. 또한, ROS와 Python을 통한 시스템 통합은 드론의 실시간 처리 능력을 크게 향상시켰으며, 장애물 회피 기능은 드론의 안전성과 독립성을 강화시켰다. 이러한 연구를 바탕으로 한 앞으로의 연구 방향은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, Jetson Nano의 성능 한계로 알고리즘의 경량화나 하드웨어 가속 기술의 적용을 모색하는 것이다. 둘째, 알고리즘의 정밀도를 향상시키기 위한 학습 데이터셋의 질과 양의 개선이다. 셋째, ROS와 카메라 간의 데이터 처리 개선을 통해 드론의 동작 유연성과 경로 탐색 능력을 향상시킬 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 과제(결과물)은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 첨단분야 혁신융합대학사업(차세대통신)의 연구 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 안효훈, 최현준, 박진우, 가충희, "Development of Autonomous Drone System for Target Surveillance and Tracking," 한국통신학회 학술대회논문집, 2023년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, 2023.6, pp. 730-731.
- [2] 이주혁, 이규만, "Ground Target Tracking for Drones Using a Fixed Monocular Camera," 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, 한국항공우주학회 2022년도 추계학술대회, 2022.11, pp. 149-150.
- [3] 김대우, 강완주, 구윤표, 방지환, 손경환, "AI-Based Drone Object Tracking System: Design and Implementation," 한국통신학회논문지, 제42권 제12호, 2017.12, pp. 2391-2401. DOI: 10.7840/kics.2017.42.12.2391.