

무인 항공기와 무선 메시 네트워크를 통한 YOLO 기반 선종 식별 시스템 설계

김민서¹, 김진성¹, 김민재¹, 박정수¹, 서정택², 민홍³

¹가천대학교 AI·소프트웨어학부 학부생

²가천대학교 컴퓨터공학과(스마트보안전공) 교수

³가천대학교 AI·소프트웨어학부 교수

mskim8055@gachon.ac.kr, jskim6335@gachon.ac.kr, minjae20000514@gmail.com,
a62627629@gmail.com, seojt@gachon.ac.kr, hmin@gachon.ac.kr

Design of a YOLO-Based Ship Detection System Using Unmanned Aerial Vehicles and Wireless Mesh Networks

Minseo Kim¹, Jinsung Kim¹, Minjae Kim¹, Jungsu Park¹, Jung Taek Seo²,

Hong Min¹

¹School of Computing, Gachon University

²Dept. of Computer Engineering (Smart Security), Gachon University

요약

타국 어선에 의한 무허가 조업으로 인해 자국 어민들이 생존권을 위협받고 있다. 기존의 경우 항공 전탐사가 확인하였으나, 항공 전탐사가 확인하는데 과도한 노동력이 소요되어 이를 무인 항공기(UAV)를 통해 해결하려 한다. 그러나 상업용 무인 항공기의 경우 통신 거리가 5km에서 10km라는 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 다중 계층 메시 네트워크 구조와 주파수 분할 및 MIMO기술을 활용한 선종 식별 시스템의 설계와 기술의 적용 방안을 제시한다.

1. 서론

타국 어선에 의한 무허가 조업으로 인해 자국 어민들이 생존권을 위협받고 있다. 기존의 경우 항공 전탐사가 확인하였으나, 항공 전탐사가 확인하는데 과도한 노동력이 소요되어 이를 무인 항공기(이하 UAV)를 통해 해결하려 한다.

UAV는 군사적 용도로 개발이 시작되었으나, 최근에 과학기술, 교통, 통신, 물류, 구조, 항공촬영, 농업 등 다양한 민간 분야로 확대되고 있는 추세이다.

기존 연구들은 주로 UAV를 활용한 객체 인식 성능 향상을 위한 딥러닝 기반 모델을 사용하여 객체 인식 성능을 분석 및 해상도가 낮은 데이터를 보완하기 위한 연구가 주를 이뤘다.[1]

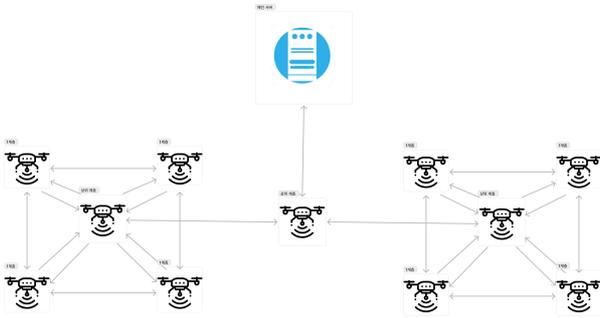
연구 중 무선 메시 네트워크(MSN)에서 발생하는 링크 공유와 간섭 문제로 인해 확장성이 제한되는 문제를 해결하기 위해 다중 계층 메시 네트워크 구조와 multiple-input and multiple-output(이하 MIMO) 기술을 적용하여, 이론적으로 노드당 확장 가능한 처리량을 실현 가능성을 입증하였다.[2]

UAV중 현재 상업용 드론의 경우, 평균 통신 거리는 5km에서 10km 사이로 이는 영해로 지정되는 12해리(22.224km)에 미치지 못하는 수준이다.

본 논문에서는 이를 해결하기 위한 방법으로 다중 계층 메시 네트워크 구조와 주파수 분할 및 MIMO 기술을 활용하여, 선종 식별 시스템의 설계와 기술의 적용 방안을 제시한다.

2. UAV 시스템 설계 및 적용

다중 계층 메시 네트워크 구조는 여러 계층의 릴레이 노드로 구성된다. 각 계층의 노드는 서로 다른 전송 범위와 전송 속도를 가지며, 높은 계층에 위치한 노드일수록 더 큰 전송 범위와 빠른 전송 속도를 지원한다. 네트워크는 여러 계층(tier)으로 나뉘며, 각 계층은 고유한 릴레이 노드로 구성된다. 상위 계층들은 릴레이 전용 노드들로 구성되어 데이터 전송을 중계한다. 그림 1은 해당 시스템을 설계한 구조도이다.



(그림 1) 시스템 설계 구조도

1계층에는 영상 데이터를 생성하고 제어 명령어를 주고 받는 UAV가 있는 계층이다. 해당 UAV는 카메라를 통해 실시간으로 영상을 촬영하고, 다른 UAV의 제어 명령어를 수신하거나 자신이 받은 제어 명령어를 실행한다. 해당 계층에 속한 UAV는 인접한 UAV와 데이터를 주고 받는다.

상위 계층에는 장거리에 위치한 UAV 간 통신을 돕는 릴레이 전용 UAV로 구성된 계층이다. 해당 UAV는 넓은 전송 범위를 가지며, 1계층에 속한 UAV간 발생한 영상 데이터 및 제어 명령어를 중계하는 역할을 수행한다. 1계층에 속한 UAV간 직접 통신할 수 없을 경우, 상위 계층의 UAV가 데이터를 중계하고 명령어를 전달한다.

이러한 구조는 효율적인 중계 시스템을 제공한다. 각 계층의 릴레이 UAV는 상위 계층으로 전송 및 속도가 원활하여 장거리에 위치한 UAV간에도 통신이 가능하다.

주파수 분할 및 MIMO 기술을 사용하여 상위 계층의 UAV 통신에서 발생하는 간섭 문제와 대역폭 자원 경쟁 문제를 해결한다.

주파수 분할 기술을 사용하여 서로 다른 주파수 대역을 사용해 데이터를 송수신한다. 이를 통해 여러 UAV가 동시에 통신할 때 발생하는 신호 충돌을 피하고 계층 간 간섭을 최소화한다.

MIMO 기술을 통해 동일한 주파수 대역에서 더 많은 데이터를 처리하여 주파수 자원 효율을 높이고, UAV 간 통신 시 발생하는 병목 현상을 완화한다. MIMO의 빔포밍 기능을 통해 특정 방향으로 신호를 집중 전송하여 장거리 통신에서 신호 품질을 유지하며 다른 UAV에 대한 간섭을 줄이고 통신 효율을 높인다.

이를 통해 영상을 서버로 원활하게 전송한다. 전송된 영상은 사전에 학습된 YOLO 객체 탐지 모델을 기반으로 선종을 식별한다. YOLO는 이미지를 여러 격자로 나누어 각 격자에서 객체가 있는지 탐지하고 객체의 경계 상자(Bounding Box)와 클래스를 예측하며 영상에서 뛰어난 객체 탐지 성능을 보인다. 이로 인해 실시간으로 객체를 탐지할 수 있다.

3. 결론

UAV는 최근 과학기술, 교통, 통신, 물류, 구조, 항공 촬영, 농업 등 다양한 분야로 확대되고 있는 추세이다. 그러나 통신 거리에 있어서 제약을 겪고 있다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위한 방법으로 다중 계층 메시 네트워크 구조와 주파수 분할 및 MIMO 기술을 활용하여, 선종 식별 시스템의 설계와 기술의 적용 방안을 설명하였다.

사사

이 논문은 과학기술정보통신부(MSIT)의 재원으로 정보통신기획평가원(IITP)의 지원을 받아 수행된 연구임(RS 2024-00400955, 스마트선박 국제 규정 대응을 위한 핵심 보안 기술 개발)

참고문헌

[1] 김도영, 정희건. (2024). UAV 영상 데이터 기반의 객체인식 연구동향 분석. 디지털콘텐츠학회논문지, 25(6), 1525-1534, 10.9728/dcs.2024.25.6.1525
 [2] Lei, Lei, Tang, Aimin, Wang, Xudong. "Achieving Scalable Capacity in Wireless Mesh Networks." IEEE Transactions on Information Theory (TIT), 2023. arXiv preprint arXiv:2310.20227.