

Estrategias para la exploración coordinada multi-VANT

Luis Ballado

luis.ballado@cinvestav.mx

CINVESTAV UNIDAD TAMAULIPAS — 1 de junio de 2023

En la última década el uso de los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs) en aplicaciones civiles han tenido mucho auge, trayendo consigo la necesidad de coordinarlos a medida que aumenta su uso en diversas aplicaciones como vigilancia, búsqueda y rescate. Donde la coordinación efectiva y segura de múltiples VANTs se vuelve fundamental. Dicha tarea de coordinar plantea desafíos para evitar colisiones, asignar tareas, planificar rutas, administrar recursos para optimizar el rendimiento de las misiones asignadas y garantizar una comunicación fluida son aspectos críticos. Se requiere el desarrollo de algoritmos adaptables, sistemas de control y comunicaciones robustas, así como regulaciones adecuadas para abordar esta problemática y permitir el despliegue eficiente de los VANTs en entornos complejos.

Resolver estas problemáticas permitirá aprovechar todo el potencial de los VANTs en diversas aplicaciones, como la vigilancia, entrega de paquetes, la inspección de infraestructuras, hasta la respuesta rápida a emergencias donde un VANT pueda acceder de forma eficiente.

Palabras clave: *VANTs, coordinación multiagente, mapeo, inteligencia colectiva, percepción y autonomía*

Las investigaciones relacionadas con robots móviles, vehículos aéreos no tripulados, vehículos submarinos autónomos o robots humanoides son algunos de los sistemas de interés que se aplican para resolver problemas reales o para facilitar tareas del hombre. Son comúnmente utilizados para la exploración donde el acceso del hombre es imposible o de alto riesgo. Estos sistemas son de gran interés para probar nuevas técnicas de control o algoritmos donde son considerados como sistemas no lineales por no cumplir con la ley de superposición, es decir que la respuesta de salida no es proporcional a la suma de las entradas.

Estos robots tienen un problema en común su tarea es explorar zonas desconocidas. La clave es conocer su ubicación para no perderse en la exploración. Puesto que, es casi imposible para un robot operar en un ambiente sin un mapa que guíe sus movimientos.

Por otra parte, dentro de la robótica móvil aérea cuenta con problemas inherentes que deben abordarse para lograr un funcionamiento eficiente y seguro.

- Estabilidad y control: Los VANTs deben ser capaces de mantener una estabilidad adecuada y un control preciso durante el vuelo. Esto implica superar desafíos como la estabilización en condiciones climáticas adversas y la capacidad de responder rápidamente a las perturbaciones externas.
- Navegación y planificación de rutas - Los VANTs debe poder navegar de manera autónoma y planificar rutas óptimas para alcanzar sus objetivos. Esto implica la detección y evasión de obstáculos, la planificación de trayectorias suaves y eficientes, y la capacidad de adaptarse a entornos desconocidos y cambiantes.
- Detección y percepción - Los VANTs necesitan sistemas de detección y percepción para obtener información sobre su entorno y tomar decisiones. Esto incluye la capacidad de detectar y reconocer objetos, evitar colisiones, realizar mapeo y localización simultánea (SLAM).
- Administración de energía - La administración eficiente es un desafío, especialmente en robots que operan de manera autónoma durante largos períodos. Maximizar la duración de la batería y optimizar el consumo de energía son aspectos clave en el diseño y desarrollo de robots móviles.

A medida que la tecnología avanza, surgen nuevos desafíos y áreas de investigación para mejorar aún más el rendimiento y capacidad de los robots móviles aéreos.

La generación de algoritmos adaptativos capaces de ajustar su comportamiento en función de las nuevas condiciones del entorno es la pieza clave que se busca en este trabajo.

Los usos y aplicaciones de vehículos aéreos han sido extensamente estudiados y una larga lista de aplicaciones ya existen entre nosotros. Pero las limitaciones que presentan en la implementación de un solo agente pueden reducirse a medida que aumentamos el número de agentes en múltiples VANTs.

Partiendo de la necesidad de coordinación se busca explorar y proponer una estrategia resiliente a problemas de comunicación. Probando diversas arquitecturas de redes de comunicación que permitan la propagación de información entre los agentes. Dicha comunicación puede ser híbrida. Es decir, que el agente que tenga una mejor comunicación a la base (computadora central), podrá establecer contacto con la computadora principal para cuestiones de telemetría o cambios en la tarea a realizar.

Para la aplicación de algoritmos de coordinación, cada robot aéreo debe poseer sensores que lo ayuden a percibir el ambiente en el que se desplaza, así como conocer el estado de las variables de sus vecinos como posición, velocidad y altitud. Aunque el intercambio de información puede resultar un alto costo computacional a medida que el número de robots aéros crece.

Pese a que la propuesta es de software, se pretende realizar una implementación en el mundo real. Esto involucra crear VANTs capaces de poder interpretar los algoritmos propuestos durante el desarrollo de éste trabajo.

Se buscará el desarrollo de vehículos aéreos (drones) en el transcurso del curso de tópicos selectos de robótica móvil que ayuden en la implementación del trabajo.

Planteamiento formal del problema de exploración utilizando múltiples VANTs:

Objetivo: Realizar la exploración de manera eficiente, cubriendo la mayor cantidad posible del área de interés A con los drones disponibles.

- Dado un área de interés A que se desea explorar
- Un conjunto de drones denotados como $D = D_1, D_2, \dots, D_n$, donde n es el número total de drones disponibles.
- Un conjunto de tareas de exploración o mapeo, denotado como $T = T_1, T_2, \dots, T_m$, donde m es el número total de tareas a realizar.
- Restricciones y requisitos específicos del problema, como límites de tiempo, áreas prioritarias, obstáculos a evitar, etc.

Para cada tarea de exploración T_m , se definen las siguientes variables:

- Posición inicial: $p_i(x, y, z)$, representa la posición inicial del dron o los drones asignados a la tarea T_m
- Trayectoria: α_i , describe la trayectoria seguida por el/los dron/es asignado(s) a la tarea T_m en función del tiempo t .
- Información recolectada: C_i , representa la información recolectada por el/los dron/es asignado(s) a la tarea T_m durante la exploración.

La función objetivo puede variar según los objetivos específicos del problema. Algunas posibles funciones objetivo podrían ser:

- Maximizar la cobertura del área de interés A .
- Minimizar el tiempo total requerido para cubrir el área de interés A .
- Maximizar la cantidad de información recolectada.