

# Estrategias para la exploración coordinada multi-VANT

Luis Ballado

luis.ballado@cinvestav.mx

CINVESTAV UNIDAD TAMAULIPAS — 31 de mayo 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*

En la robótica móvil la construcción y/o uso de un modelo del ambiente (un mapa), es uno de los principales problemas en el área. Es casi imposible para un robot operar en un ambiente si un mapa que guíe sus movimientos.

Así como la construcción de mapas en áreas desconocidas presenta un desafío dentro de la robótica móvil, dentro de la robótica móvil aérea también lo es. Teniendo problemas inherentes que deben abordarse para lograr un funcionamiento eficiente y seguro como lo son:

- 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.

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

Una de las aplicaciones con mayor éxito de múltiples VANTs se encuentra en el área del entretenimiento. Siendo la compañía Genesis (la marca de lujo de Hyundai) con una coreografía de 3,281 drones perfectamente sincronizados.

Además de su exitoso empleo en espectáculos, los VANTs han tomado un gran interés en diferentes tipos de industrias donde el despliegue coordinado de vehículos aéreos es importante como en: Seguridad y vigilancia, Transportación colaborativa, Monitoreo de ambientes, búsqueda y rescate; sólo por mencionar algunos.

Un grupo de robots aéreos puede presentar un comportamiento de enjambre mediante la integración de mecanismos de coordinación en su control.

Los métodos de coordinación pueden ser pensados como herramientas de propósito general en la planeación de objetivos a nivel de enjambre. Las tareas de enjambre pueden ser el control de formación, evasión de obstáculos y optimización en áreas de exploración.

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 enjambre de robots aéreos crece.

#### **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:  $\alpha_i$ , 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.