

A medida que la popularidad de los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs) se incrementa, también se hacen necesarios nuevos protocolos para coordinarlos en vuelos sin control humano directo, y para evitar que colisionen entre sí. Probar estos nuevos protocolos en VANTs reales es un proceso complejo que requiere invertir mucho tiempo, dinero y esfuerzo investigador. Por lo tanto, es necesario probar en simulación las soluciones previamente implementadas. Lamentablemente, las herramientas actuales tienen importantes limitaciones: algunas simulan con precisión el vuelo de un único VANT, mientras que otros simuladores pueden gestionar varios VANTs simultáneamente aunque no en tiempo real, perdiendo por lo tanto precisión en el patrón de movilidad del VANT. En este trabajo abordamos este problema introduciendo Arducopter Simulator (ArduSim), una nueva plataforma de simulación que permite controlar en tiempo real el vuelo y la comunicación entre múltiples VANTs, permitiendo llevar los protocolos desarrollados a dispositivos reales con facilidad. Además, ArduSim incluye un modelo realista de un enlace de comunicaciones WiFi entre VANTs, el cual está basado en el resultado obtenido de experimentos con VANTs reales.

La posibilidad de que dos VANTs se aproximen entre sí durante el vuelo se incrementa a medida que hay más aeronaves de este tipo surcando los cielos, introduciendo peligro por posibles colisiones. Por ello, esta tesis propone Mission Based Collision Avoidance Protocol (MBCAP), un nuevo protocolo de evitación de colisiones para VANTs aplicable a todo tipo de multicopteros mientras vuelan autónomamente. MBCAP utiliza comunicaciones inalámbricas para detectar VANTs cercanos y para negociar el proceso de evitación de la colisión. Los resultados de simulaciones y experimentos reales demuestran la validez y efectividad de la solución propuesta, que introduce un pequeño aumento del tiempo de vuelo de entre 15 y 42 segundos por cada situación de riesgo correctamente resuelta.

La solución anterior está orientada a VANTs que realizan vuelos independientes, pero también pueden formar un enjambre, donde hay que cumplir más restricciones para evitar que colisionen entre sí, y para que completen la tarea de forma eficiente. Desplegar un enjambre de VANTs en vez de uno solo proporciona beneficios adicionales cuando, por ejemplo, la necesidad de carga excede la capacidad de elevación de un único VANT, o cuando al desplegar varios VANTs simultáneamente se acelera la misión y se cubre un área mayor. Con esta finalidad, en este trabajo presentamos el protocolo Mission-based UAV Swarm Coordination Protocol (MUSCOP), una solución que permite a varios VANTs coordinar perfectamente el vuelo mientras realizan misiones planificadas. Los resultados experimentales muestran que el protocolo propuesto permite al enjambre alcanzar un grado de cohesión elevado independientemente de la formación de vuelo adoptada, e incluso en presencia de un canal de comunicación con muchas pérdidas, consiguiendo retardos en la sincronización insignificantes y desfases mínimos en la posición con respecto al caso ideal.

Actualmente hay otros escenarios, como las operaciones de búsqueda y rescate, donde el despliegue de enjambres de VANTs guiados manualmente puede ser necesario. En estos casos, las órdenes del piloto son desconocidas *a priori* (impredicibles), lo que significa que los VANTs deben responder prácticamente en tiempo real a los movimientos del VANT líder para mantener la consistencia del enjambre. Por ello, en esta tesis proponemos el protocolo FollowMe para la coordinación de VANTs en un enjambre donde el líder es controlado por un piloto, y el resto de VANTs lo siguen en tiempo real para mantener la cohesión del enjambre. Las simulaciones muestran la validez del protocolo de coordinación de enjambres propuesto, detallando los límites de la solución, y definiendo la distancia mínima entre VANTs para evitar colisiones.