

Autopilotos para RPAS

Actualmente, los autopilotos diseñados por SOTICOL Robotics Systems integran tres bandas de comunicaciones (*datalink*) simultáneas, permitiendo el seguimiento y control de la plataforma según el enlace más apropiado y de forma redundante.



La instrumentación de tratamiento de imágenes, dota a las plataformas de visión en longitud de onda visible y longitud de onda infrarrojo. Adicionalmente, los autopilotos pueden disponer de la capacidad de realizar y transmitir fotografía de alta resolución y transmisión de imagen de vídeo en tiempo real (resolución vídeo FPV).

Los autopilotos están compuestos por una arquitectura modular multi-nivel con capacidades de tolerancia a fallos, distinguiéndose los siguientes subsistemas:

- Control de actitud
- Planificación y control óptimo
- Autolocalización avanzada
- Supervisión
- Comunicaciones

Dicha arquitectura modular permite al sistema realizar operaciones de supervisión de la misión y monitorización del resto de los subsistemas, asegurando en todo momento la disponibilidad de la plataforma.

Es de destacar el módulo de autolocalización óptica basado en tratamiento digital de imagen y telemetría láser, que se integra con el resto de la instrumentación mediante técnicas de fusión sensorial.

El hecho de disponer de un sistema de control de alto nivel, le permite realizar funciones complejas de programación y planificación, como ser armado y activado en vuelo o utilizar servomecanismos alternativos de manipulación o activación de apertura o conmutación física, entre los que se destaca el dispositivo de paracaídas de seguridad. Aunque se trata de una capacidad opcional, en determinadas misiones puede ser conveniente utilizar el sistema de recuperación mediante paracaídas, que en caso de fallo total o accionamiento manual deseado, le permite detener totalmente los subsistemas y realizar descenso seguro de emergencia y resolver situaciones extremas de fallo total o límite de autonomía. En operaciones especiales podría ser utilizado para ser elevado a gran altitud y utilizado como parte de la misión, permitiendo su descenso sigiloso para una posterior armado y activado de las funciones de navegación.

Capacidades funcionales

Los autopilotos desarrollados disponen de una capacidad funcional operativa que les permite tener un control y una autonomía total sobre la plataforma, así como una capacidad tolerante a fallos, al disponer de características de monitorización y resolución de fallos software de forma autónoma. Para ello, estos autopilotos integrarán los siguientes elementos:

- Sistema de control multi-proceso modular con funcionalidades distribuidas, (control de actitud, planificación, comunicaciones y monitorización)
- Instrumentación de autolocalización inercial (GPS, acelerómetro, giróscopo, sensor presión barométrica diferencial – altímetro).
- Instrumentación de autolocalización avanzada, mediante sistema óptico de alta resolución y guía láser, obteniendo precisión milimétrica en medidas de distancias a objetos hasta 10 m.
- Sistema de fusión sensorial avanzado, que le permite integrar la información disponible según el grado de verosimilitud de la fuente.

- Sistema de planificación óptima de tiempo real, que le permite recalculer completamente la trayectoria hasta 10 veces por segundo, contemplando variaciones dinámicas en el sistema como cambio de posición o rumbo en el objetivo.
- Estabilizador independiente de control de cámara de 3 ejes, que le permite mantener enfocado un blanco, a pesar del movimiento de la plataforma aérea (seguimiento de objetivos).
- Sistema de protección, en caso de peligro para la plataforma o para la misión, permitiendo abortar y recuperar el modo de vuelo a un modo seguro si la actitud de la plataforma supera los umbrales de seguridad o retornar a base evitando el fallo por limitaciones de autonomía o enlace de control (*failsafe*).
- Dispositivo de recuperación mediante paracaídas de 4 m, en caso de fallo total del sistema o por requerimiento de control manual.

Planeamiento de vuelo (navegación aérea)

Con los autopilotos diseñados por SOTICOL Robotics Systems, las plataformas aéreas pueden ser controladas según distintos modos de operación, permitiendo conmutar entre los distintos modos para ser gobernada de forma manual o autónoma.

- **Modo manual**
La plataforma responde en modo remoto sin ninguna restricción ni medida de seguridad. La fiabilidad de la misión responde únicamente a la habilidad del piloto controlador.
- **Modo manual seguro**
Establece restricciones a las acciones indicadas por el operador y retoma el control en caso de detección de peligro. La plataforma en este modo establece automáticamente la acción de retorno en caso de detección de fallo ya sea por pérdida sensorial, pérdida de enlace de comunicaciones o detección de riesgo de autonomía.

- **Modo misión autónomo**

La plataforma ejecutará de forma autónoma la misión encomendada, ya se trate de recorrido fijado mediante *waypoints* u orientado a objetivo, mantenimiento estático, aterrizaje remoto o cualquier combinación de eventos temporales y acciones programables.

- **Modo autónomo control óptimo**

La plataforma se guiará por objetivo, siendo la plataforma la que elegirá la trayectoria óptima para alcanzarlo. Este tipo de vuelo es especialmente útil en operaciones de exploración, cuando el entorno se descubre en tiempo real sobre la marcha y se necesita maximizar el tiempo de vuelo.

En todo momento la plataforma acepta órdenes de alto nivel, del tipo “retorno a casa”, “permanecer estático”, “seguir a objetivo a distancia constante” o “realizar recorrido prefijado mediante *waypoints*”. Estas funciones de alto nivel son gobernadas por el subsistema de “planificación y control óptimo”.

Controladores para vehículos terrestres y robots

Los controladores diseñados por SOTICOL Robotics Systems para vehículos terrestres y robots permiten realizar planificación óptima de su movimiento considerando restricciones cinemáticas, dinámicas e incluso obstáculos, tanto estáticos como dinámicos, interpuestos por su camino.

Los controladores están compuestos por una arquitectura modular multi-nivel con capacidades de tolerancia a fallos, distinguiéndose principalmente tres subsistemas: “planificación y control óptimo”, “comunicaciones” y “autolocalización avanzada”.



Capacidades funcionales

Los controladores desarrollados disponen de una capacidad funcional operativa que les permite tener un control y una autonomía total sobre la plataforma, así como una capacidad tolerante a fallos, al disponer de características de monitorización y resolución de fallos software de forma autónoma. Para ello, estos controladores integrarán los siguientes elementos:

- Sistema de control multi-proceso modular con funcionalidades distribuidas, (planificación, comunicaciones y monitorización)
- Instrumentación de autolocalización avanzada.
- Sistema de fusión sensorial avanzado, que le permite integrar la información disponible según el grado de verosimilitud de la fuente.

- Sistema de planificación óptima de tiempo real, que le permite recalculer completamente la trayectoria, contemplando variaciones dinámicas en la propia plataforma.

Planificación de trayectorias

Con los controladores diseñados por SOTICOL Robotics Systems, las plataformas terrestres pueden ser controladas según distintos modos de operación, permitiendo conmutar entre los distintos modos para ser gobernada de forma manual o autónoma.

- ***Modo manual***

La plataforma responde en modo remoto sin ninguna restricción ni medida de seguridad. La fiabilidad de la misión responde únicamente a la habilidad del operador.

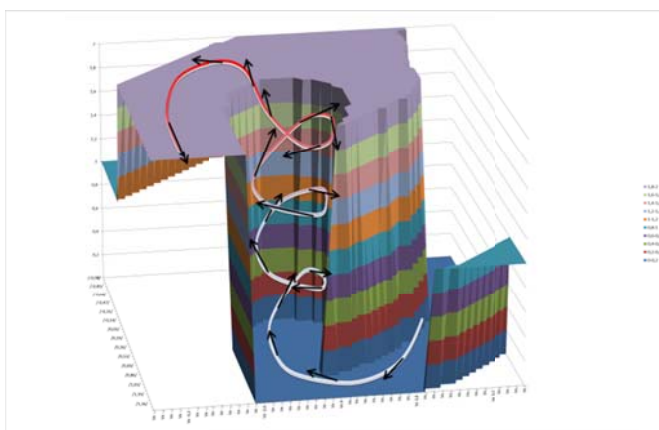
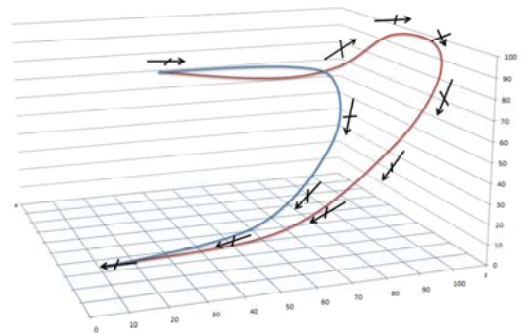
- ***Modo autónomo control óptimo***

La plataforma se guiará por objetivo, siendo la plataforma la que elegirá la trayectoria óptima para alcanzarlo. Este tipo de trayectoria es especialmente útil en operaciones de exploración, cuando el entorno se descubre en tiempo real sobre la marcha.

Control óptimo del tráfico aéreo y planificación óptima de trayectorias con tecnología Detect & Avoid

La tecnología desarrollada por SOTICOL Robotics Systems es capaz de implementar una gestión óptima del tráfico aéreo en los RPAS en tiempo real. Las características más relevantes de esta tecnología son su optimalidad, complejidad de cálculo lineal y la capacidad de realizar una navegación óptima evitando colisiones con criterios específicos de optimización (por ejemplo, en tiempo mínimo, mínimo riesgo o mínimo consumo de combustible). La tecnología propuesta se puede aplicar de forma simultánea a N aeronaves moviéndose dentro de un mismo espacio aéreo. La tecnología combina métodos matemáticos, conceptos de control celular y técnicas de aprendizaje.

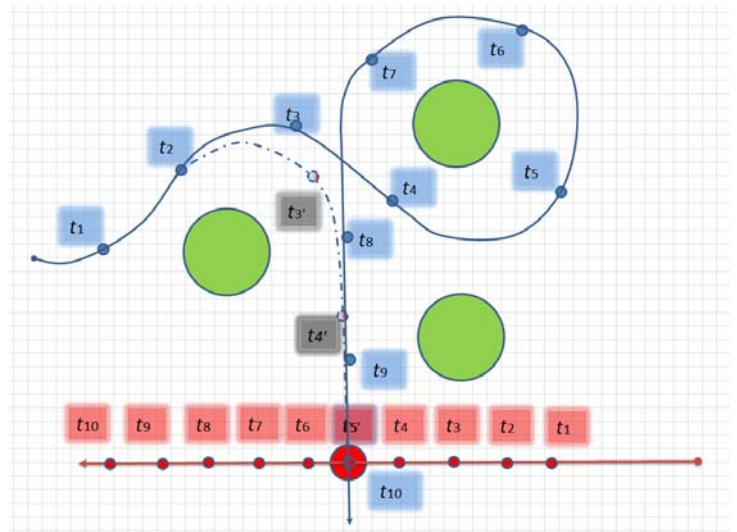
La gráfica de la derecha muestra una trayectoria óptima en tiempo (azul) y a su lado otra óptima en energía (rojo) aprovechando las características ascendentes del medio.



En este caso, la gráfica indicada se refiere a una trayectoria 4-D para una plataforma de ala fija, que determina una vía de escape ascendente y vertical. La plataforma minimiza el número de ciclos requeridos en el interior del tubo para alcanzar la salida en el menor tiempo posible.

Por último, la gráfica siguiente muestra la ejecución de una trayectoria 5-D, donde la línea azul discontinua muestra el escenario inicial con posible colisión en t_5' . Así en t_2 , se propone un cambio de trayectoria en tiempo real (línea azul continua), tras considerar una posible colisión

en t_5' con otra aeronave (línea roja). La planificación alternativa considera factores de riesgo en primer lugar, ante una proximidad excesiva o una velocidad anormalmente reducida, optando por retrasar el instante de paso por la zona de conflicto a (t_{10}).



Funcionamiento

El autopiloto, corazón de toda la funcionalidad, debe ser implantado en cada una de las plataformas aéreas, por lo que debe ser el elemento que gobierne y dirija a las mismas. De este modo, su ejecución en una de ellas, permitirá por un lado conocer el espacio aéreo disponible durante toda la misión y por otro, estimar la posición y velocidad de otras plataformas que podrían interferir con el primero. Así, se generará una trayectoria 4-D (posición, velocidad) o 5-D (posición, velocidad, tiempo) para alcanzar su destino final óptimamente, teniendo en cuenta otras aeronaves en movimiento y minimizando determinados criterios.

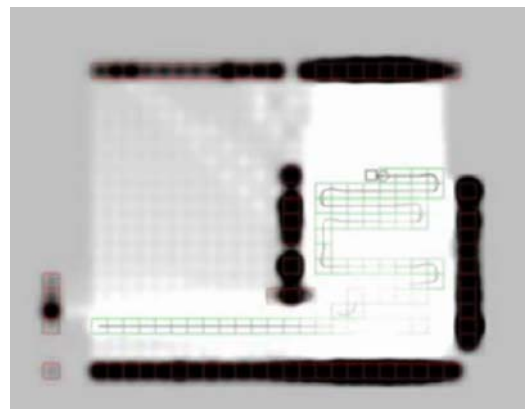
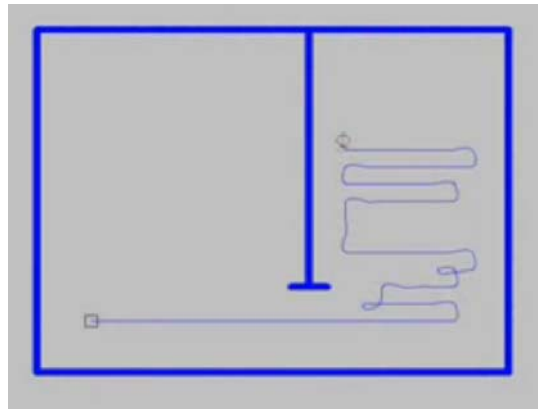
La planificación de la navegación se realiza de forma iterativa en tiempo real dado que las trayectorias de otras aeronaves podrían ser desconocidas o cambiar con el tiempo. Las trayectorias 4-D o 5-D se generan a partir de la dinámica de la aeronave, que se obtiene mediante una interacción con ella en tiempo real y durante la navegación.

La tecnología exclusiva de Soticol Optimal Detect & Avoid (SODA), implementa la planificación óptima de trayectorias 4-D o 5-D en tiempo real, con el propósito de trazar la trayectoria óptima que evite colisión en condiciones extremas, considerando objetos móviles o aeronaves en el espacio de evasión, maximizando la garantía de éxito aun en situaciones de persecución, sin necesidad de requerir tiempo de proceso y actuando siempre en tiempo real, como lo haría un piloto experto con miles de horas de entrenamiento.

Autolocalización indoor & outdoor

El sistema de autolocalización indoor & outdoor desarrollado por SOTICOL Robotics Systems estima la posición y orientación de la plataforma, a la vez que genera un descubrimiento del entorno mediante la generación de un mapa 2-D o 3-D. La precisión y características de los sensores utilizados (principalmente sónares) contribuyen de una forma directa a la calidad de los resultados obtenidos. Gracias al empleo de una algoritmia basada en técnicas y métodos estimadores matemáticos, SOTICOL Robotics Systems consigue alcanzar precisiones milimétricas haciendo uso de sensores de bajo coste.

Las siguientes imágenes muestran un ejemplo de exploración y descubrimiento de una plataforma utilizando únicamente un sensor sonda. En el ejemplo mostrado, el sistema robótico explora dos habitaciones y retorna a la posición inicial cuando ha finalizado completamente la exploración.



Capacidades funcionales

La implementación del algoritmo “Simultaneous Location And Mapping” o SLAM realizada por SOTICOL integra fusión sensorial con múltiples sensores simultáneamente (infrarrojos, ultrasonidos, imagen, etc.). Ello le permite cartografiar el entorno y determinar su posición, aún en condiciones de falta de iluminación, seleccionando automáticamente los sensores de infrarrojos o ultrasonidos, adaptándose automáticamente a los cambios de condiciones del entorno. El sistema desarrollado dispone de la capacidad de construir un mapa dentro de un entorno totalmente desconocido, o actualizar otro de un entorno conocido, manteniendo una trazabilidad de su posición actual. Además, el sistema de autolocalización, tanto *indoor* como *outdoor*, resuelve la técnica de secuestro que hace el problema de la localización más difícil.

Estación de Control Terrena SOTICOL

La Estación de Control Terrena SOTICOL (*SGCS, SOTICOL Ground Control Station*) incorpora una tecnología de autolocalización basada la fusión sensorial entre posicionamiento GPS y sensorización inercial proporcionando apoyo tanto a plataformas aéreas (en tareas de aproximación y aterrizaje) como a plataformas terrestres (en tareas de planificación y control). El apoyo a plataformas aéreas es especialmente útil en aquellos casos donde la superficie de aterrizaje se está moviendo (por ejemplo, la cubierta de un buque).

Además, la SGCS también se puede utilizar cuando los cambios en la misión deben realizarse en tiempo real o necesitan llevar un control manual y de este modo, proporcionar el modo de trabajo *First Person View (FPV)* .

SOTICOL Robotics Systems tiene asimismo la capacidad de desarrollar la tecnología para los enlaces de telemetría. De esta forma, existen dos modelos de SGCS diferentes y exclusivos, incluso con la capacidad de adaptarse a las necesidades requeridas del cliente:

- **Control Remoto (RC)**

Con una pantalla de 7 " y con la capacidad de mostrar imágenes y telemetría en tiempo real. Tiene un peso de 500 gramos y que nos permite realizar un control manual y un cambio de misión en tiempo real.



- **Estación Remota Portable (RPS)**

Con una pantalla de 17" y dotado de una gran potencia de cálculo, que nos permite realizar el procesamiento de imágenes en tiempo real. Además, tiene la posibilidad de programar las misiones interactivas en tiempo real, a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

