

En Profundidad

APOS-UE: Advanced Position and Orientation System for Urban Environments

Autores: D. Jesús Pareja Muñoz,
D. Daniel Martínez Bastida, Sener
Aeroespacial.

Palabras clave: localización, GNSS
denegado, fusión de datos, SLAM, UAV,
INS.

Líneas I+D+i ETID relacionadas: 2.3.1,
2.5.1, 9.1.6, 9.1.7, 9.2.2.

Introducción

El proyecto APOS-UE es un proyecto europeo de categoría B de la EDA en

(UxVs), estén dotados de capacidades de posicionamiento y orientación de alta precisión en entornos urbanos, en interior y en exterior, donde la señal GNSS puede estar disponible, degradada o denegada.

Para navegar con precisión en estas condiciones, el sistema APOS-UE cuenta con diversas tecnologías basadas en diferentes tipos de sensores y técnicas:

- Tecnología SLAM: localización y mapeado simultáneo;
- Tecnología INS/Mag: navegación magneto-inercial;
- Tecnología 2D/3D Matching;
- Tecnología Micro-UAV.

Cada una de estas tecnologías aporta una solución de navegación parcial o

completa se muestra al operador a través de un dispositivo portátil HMI (Interfaz Hombre-Máquina).

El demostrador desarrollado ha sido validado tanto en simulación como en pruebas reales de campo, realizadas en las instalaciones del centro de entrenamiento en zonas urbanas CENZUB, en Francia.

Tecnología SLAM

La tecnología SLAM, o localización y mapeado simultáneo (por sus siglas en inglés), utiliza un sistema visual constituido por diversos sensores ópticos para proporcionar la posición y orientación del soldado en el interior de edificios. Así mismo, también proporciona el camino recorrido, así como el mapa del entorno del soldado.



Figura 1. Esquema funcional del sistema APOS-UE. (Fuente: elaboración propia)

el que colaboran empresas de los tres países miembros participantes: España, Francia e Italia. El objetivo principal es desarrollar un demostrador para un futuro sistema de navegación en el que tanto el operador como las máquinas y robots autónomos

completa, proporcionando posición y/u orientación. Estas cuatro soluciones de navegación son fusionadas a través de un algoritmo de sincronización y fusión de datos que aporta una solución de navegación única. Finalmente, la solución de navegación

Para ello, el sistema cuenta con una cámara con sensor de profundidad que proporciona imágenes RGB en las que cada píxel llevaba asociado un dato de distancia (imágenes RGB-D), así como una unidad inercial (IMU) que permite conocer los incrementos

de posición y orientación en la trayectoria recorrida con una alta tasa de refresco.

Además, esta solución dispone de un receptor GNSS para que, en caso de estar disponible la señal GNSS, se pueda sincronizar la solución de localización, obteniendo una corrección georreferenciada que servirá como origen de coordenadas del sistema.

Desde el punto de vista operativo, esta tecnología funciona en escenarios *indoor*, permitiendo la localización y generar con una elevada precisión mapas de edificios, *a priori* desconocidos. A pesar de no disponer previamente de un mapa, esta tecnología es capaz de reducir y corregir el error de localización acumulado cuando se revisita un punto ya visitado, gracias a la construcción del mapa en tiempo real.

sensores de tecnología MEMS, tanto inerciales como magnéticos (magnetómetros, giróscopos y acelerómetros), con una tasa de refresco elevada para medir el estado y el movimiento del soldado. Mediante la aplicación de diversos modelos del tipo de movimiento (caminar, correr, etc.) se puede estimar la localización y la trayectoria seguida.

Si, además, se dispone de antemano de los mapas del entorno (tanto *outdoor* como *indoor*) se puede incrementar la precisión y el rendimiento de esta solución, puesto que se pueden eliminar algunas de las trayectorias candidatas, según el movimiento actual del soldado que colisionen con los obstáculos del mapa.

Desde el punto de vista operativo, esta tecnología puede funcionar tanto en escenarios *outdoor* como

La tecnología *2D/3D Matching* emplea sensores de vídeo estereoscópicos para proporcionar la localización y orientación absoluta del soldado mediante la asociación y la comparación frente a un mapa 3D previamente predefinido y obtenido.

El sistema dispone de dos modos de funcionamiento: el modo de creación de mapa y el modo de navegación. Durante el modo de creación de mapa, el sistema utiliza los sensores para extraer características del entorno, así como la señal obtenida del receptor GNSS, para crear un modelo de mapa 3D georreferenciado para ser utilizado posteriormente. Si en esta fase no se dispusiera de la señal GNSS (como en el interior de edificios), el mapa 3D generado no se encontraría georreferenciado, produciendo una solución relativa.

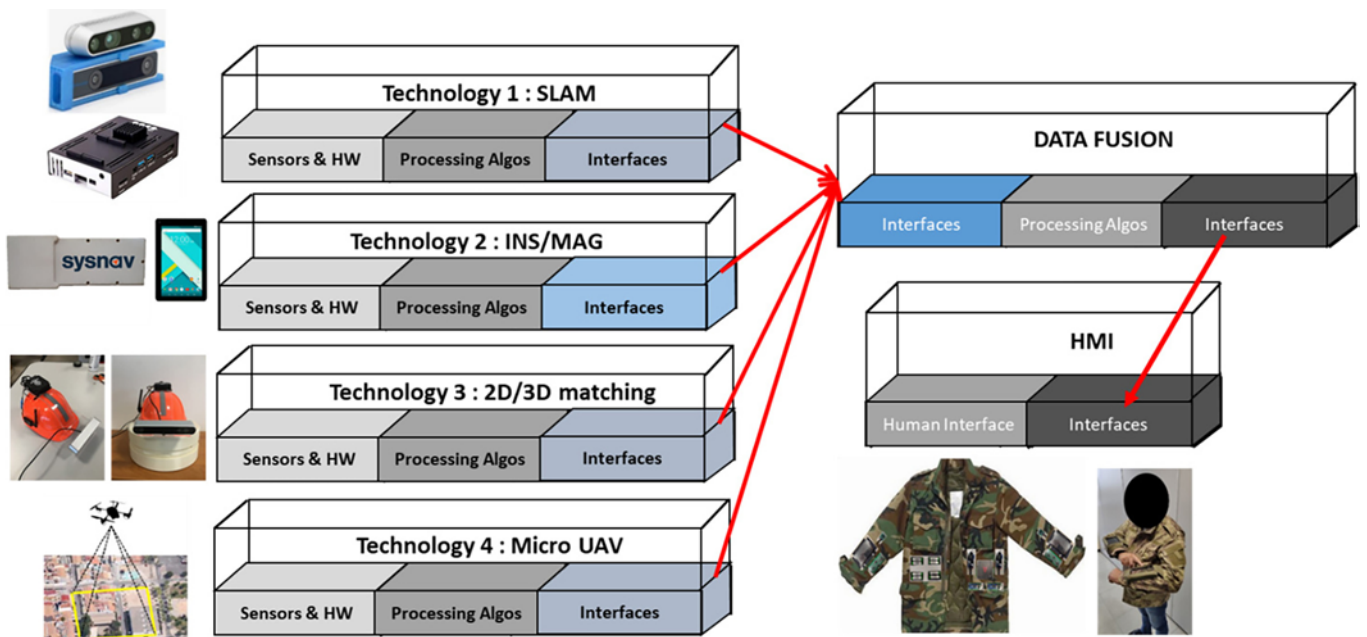


Figura 2. Sistema APOS-UE completo. (Fuente: elaboración propia)

Finalmente, esta tecnología ha sido integrada en una mochila-chaleco que permite incluir, tanto los sensores ópticos como la unidad de procesamiento necesaria, para computar los algoritmos, produciendo la salida de la solución de navegación en tiempo real.

Tecnología INS/Mag

Esta tecnología hace uso de una combinación de diversos pequeños

indoor, pudiendo admitir, en caso de estar disponible, la señal de GNSS para corregir y referenciar la solución generada en el caso *outdoor*.

Esta tecnología ha sido integrada en un dispositivo portable que se enrolla en el tobillo del soldado y que se comunica de manera inalámbrica con un dispositivo móvil, el cual controla los distintos modos de funcionamiento y obtiene la solución calculada por el dispositivo portable.

Durante el modo de navegación, el dispositivo extrae las características del entorno a través del sensor de vídeo instalado, permitiendo comparar estas características con las obtenidas en el mapa 3D generado previamente, pudiendo computar una posición y orientación del soldado.

Desde el punto de vista operativo, esta tecnología puede funcionar tanto en escenarios *outdoor* como *indoor*,

En profundidad

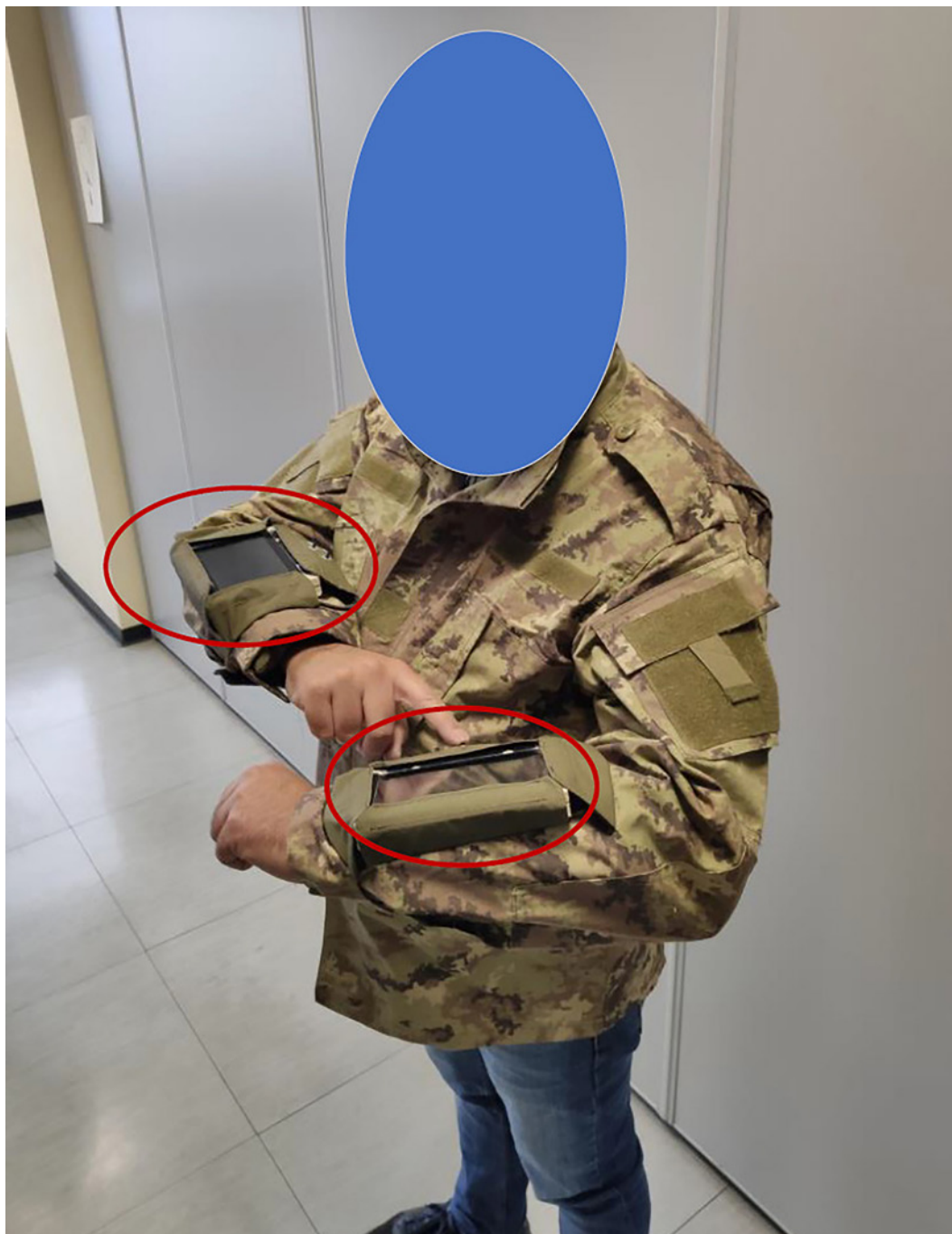


Figura 3. Ejemplo de pantalla mostrada al operador, en la imagen se puede apreciar los mapas precargados (tanto mapa satélite como mapeado de edificios indoor), así como la trayectoria seguida, como salida del bloque de fusión de datos. (Fuente: elaboración propia)

siempre y cuando se disponga del mapa 3D predefinido del entorno.

Esta tecnología ha sido integrada en un casco, ubicándose, por tanto, los sensores en la cabeza del soldado, tanto el receptor GNSS como la cámara estereoscópica. Este casco deberá conectarse a una unidad de procesamiento externa al propio casco y que puede ser transportada

en cualquier tipo de mochila o chaleco que lleve el soldado.

Tecnología Micro-UAV

Esta tecnología produce una solución de navegación mediante el despliegue de una pequeña plataforma aérea Micro-UAV que monta una cámara, mediante la que se puede emitir una imagen aérea en tiempo real de la

posición del soldado. Esta emisión de imagen es recibida por la unidad de procesamiento, que se encarga, mediante técnicas de *matcheado* de imágenes y algoritmos de *tracking*, de estimar la posición actual del soldado en el plano.

Desde el punto de vista operativo, la tecnología Micro-UAV está prevista para funcionar únicamente en escenarios *outdoor*, debido a la dificultad y al peligro de volar el sistema Micro-UAV en el interior de edificios a una altura suficiente.

Debido a la propia naturaleza de esta tecnología, los sensores han sido integrados en la plataforma Micro-UAV que será desplegado a voluntad por el operador. La unidad de procesamiento, encargada de comunicarse con el Micro-UAV y de computar la solución de posición, puede ser transportada en cualquier tipo de mochila o chaleco que lleve el soldado.

Fusión de datos

Este bloque es el encargado de realizar la fusión de todas las tecnologías, produciendo una única solución de navegación, en posición y orientación, en todos los escenarios, tanto *indoor* como *outdoor*. De esta manera, este bloque genera la salida que alimenta a la interfaz del soldado y, por tanto, es la información que se mostrará finalmente.

Mediante el uso de diversos modelos de estimación y el empleo de un avanzado filtro híbrido de fusión de datos, que combina el uso de filtros de Kalman con filtros de partículas, el sistema es capaz de obtener una precisión superior y gestionar las no linealidades de manera eficaz.

El principal reto de este bloque es gestionar las elevadas no linealidades que se producen ante el cambio de escenario (*indoor* a *outdoor*), debido a la conexión/desconexión de las diversas tecnologías, o ante determinados eventos bruscos externos (pérdida de señal GNSS, despliegue de tecnología Micro-UAV, etc.).

Así mismo, el bloque de fusión de datos proporciona el valor de confianza de la solución, la cual se alimentará a la interfaz HMI para ser mostrada al operador. De esta manera, el operador es consciente de la precisión del sistema de localización ante los determinados factores externos (existencia de mapa precargado, tiempo sin correcciones externas y disponibilidad de señal GNSS, entre otros).

Interfaz HMI

El último bloque funcional del sistema APOS-UE es la interfaz HMI, que se encarga de realizar la comunicación de control y comando entre el soldado operario y el resto del sistema. Además, la interfaz muestra, a través

de diversas pantallas, información sobre la localización del soldado, así como diversas métricas e indicadores de interés sobre las distintas tecnologías.

Además de mostrar la solución de localización definitiva del sistema, existe otro tipo de información que puede ser de gran utilidad para el operario, y que también se muestra a través de las pantallas de la interfaz. Así, la visión por imagen proporcionada por el Micro-UAV, el modelo 3D del mapa previamente cargado al inicio de la misión o la reconstrucción del mapa 3D del entorno, realizado por la tecnología SLAM, se muestran como información adicional a través de diversas pantallas, que puede ser de gran utilidad para el operador.

Esta tecnología ha sido integrada, a través de dos pantallas y una unidad de procesamiento de pequeñas dimensiones, en una pieza de vestimenta para el tronco superior que el soldado deberá llevar equipado. Las pantallas, a través de las que se mostrará toda la información, se encuentran situadas en las mangas,

así como diversos botones para el mando y control de la interfaz.

Conclusiones

Como resultado de los esfuerzos aunados durante la realización del proyecto APOS-UE, se ha conseguido impulsar las diversas tecnologías involucradas hasta un nivel de madurez tecnológica TRL 5, debido a la validación de las tecnologías en un entorno táctico en instalaciones militares. Durante dicha ratificación pudo también ser validada la transición entre escenarios *outdoor* e *indoor*, lo que permite validar el funcionamiento, con independencia de la disponibilidad de la señal GNSS.

Como futuras líneas y objetivos estratégicos se propone la inclusión de sensores ópticos de diferentes espectros (IR, EO/IR) para poder abordar distintas condiciones de luz, el desarrollo de una tecnología de navegación basada en soluciones LiDAR para lograr una alta precisión en escenarios *indoor* y, por supuesto, la inclusión de todas las tecnologías, junto a la fusión de datos y la interfaz HMI, en un único sistema en tiempo real.

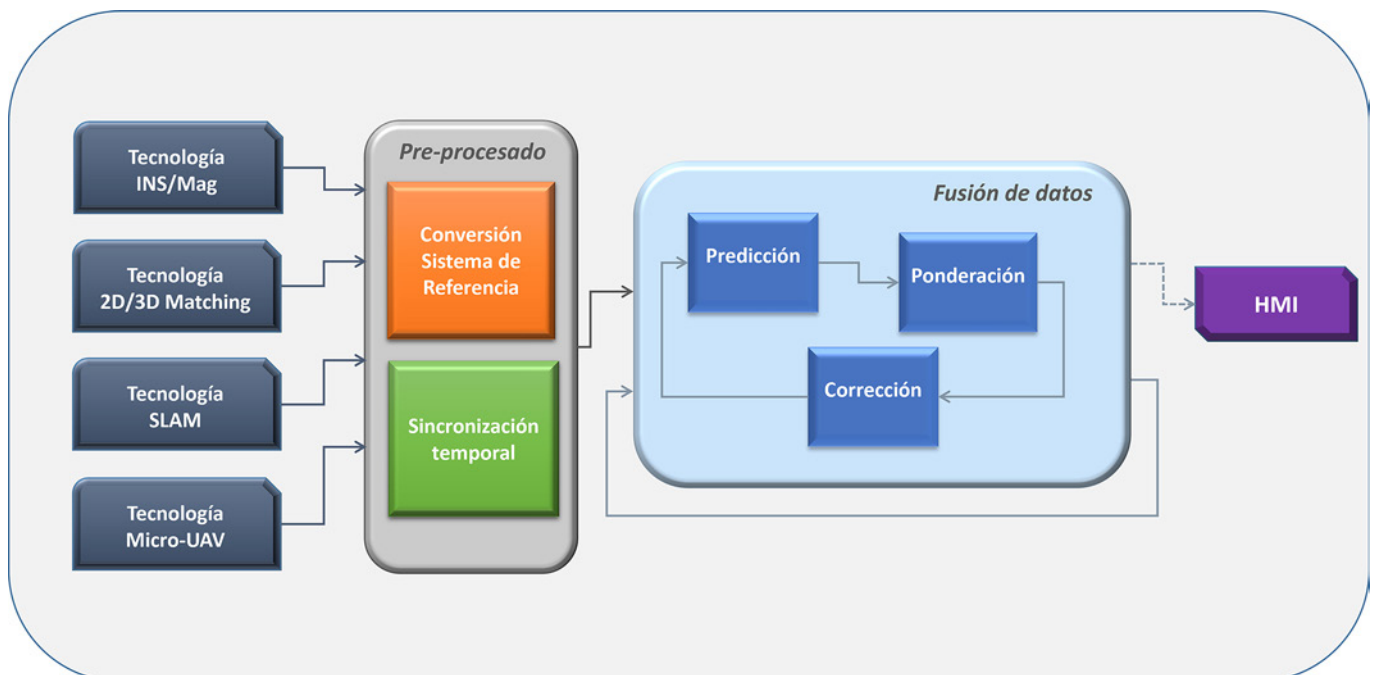


Figura 4. Integración en pieza de vestimenta. (Fuente: elaboración propia)