

Desarrollo actual de la robótica terrestre en aplicaciones de defensa y seguridad

David García Dolla, Nodo Gestor SOPT.

Palabras clave: robótica terrestre, autonomía, misiones, entorno.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 3.1.4.

Existe un acuerdo general sobre el creciente e importante papel de la robótica terrestre en el ámbito de defensa y seguridad. En algunos países como EEUU, la robótica está considerada como uno de los elementos que van a cambiar sustancialmente la manera de llevar a cabo las operaciones militares en el futuro, lo que ha supuesto que dediquen importantes cantidades económicas a su desarrollo y potenciación y que ya dispongan de varios miles de unidades en servicio.

Los denominados robots terrestres (UGS) son sistemas consistentes en una o varias plataformas, móviles o estacionarias, sin ningún operador humano a bordo, que realizan un conjunto de tareas controladas o supervisadas de forma remota por un operador humano desde una estación de control. Existen salvedades a esta definición, como los exoesqueletos [1].

A modo de resumen, las principales aplicaciones en defensa y seguridad en las que se han desarrollado sistemas con un adecuado grado de madurez son las siguientes:

- **Detección de IEDs:** Robots que hacen uso de sensores específicos para detectar alguna propiedad física que de indicación de la presencia de un explosivo. Suelen ser pequeños (transportables por personas o vehículos ligeros), teleoperados y dotados de sensores muy específicos y ciertas capacidades de manipulación.
- **Desactivación de explosivos:** robots teleoperados, dotados de brazos manipuladores para llevar a cabo acciones de precisión. De mayores dimensiones que los anteriores, normalmente son trans-

portables por vehículos, si bien hay casos de robots pesados. En ocasiones también incluyen funcionalidades de detección de IEDs.

- **Limpieza de rutas:** Normalmente consiste en maquinaria robotizada pesada (excavadoras o similares) teleoperada o por control remoto, dotada de rodillos, etc.
- **Desminado humanitario:** Normalmente coordinado por autoridades civiles en zonas post-conflicto. Encaminado a la eliminación completa de minas para restituir la vida civil. Implica marcado y revisión exhaustiva del terreno, etc.
- **Exploración de ambientes con contaminación NBQR:** Robots dotados de sensores para medir las condiciones ambientales, y dispositivos de toma de muestras. Transportables por personas o vehículos ligeros, en general teleoperados o con ciertas capacidades de seguimiento de rutas.
- **Vigilancia de perímetros:** Robots encargados de la patrulla de perímetros, normalmente en bases e instalaciones (suele estar el terreno acondicionado). Puede tratarse de pequeñas plataformas o de vehículos terrestres robotizados. Siguen rutas predefinidas (mayor grado de autonomía).
- **Vigilancia de áreas:** Pequeños robots móviles que realizan reconocimiento en un área, enviando las imágenes adquiridas a una estación de control.

De reducidas dimensiones (transportables por personas o vehículos ligeros), con capacidades avanzadas de movilidad por el terreno y ciertas capacidades de seguimiento de rutas o barrido del terreno.

- **Apoyo al asalto urbano:** Pequeños robots que se lanzan dentro de viviendas para la adquisición de imágenes previas al asalto. Pueden tener unas geometrías muy particulares.
- **Robots armados para apoyo al combate:** Robots dotados de armamento para su empleo como estaciones armadas móviles, en las que la decisión de fuego es responsabilidad del operador.
- **Logística:** transporte de cargas, etc., A menudo son vehículos terrestres para transporte dentro de bases. Siguen rutas predefinidas y disponen de capacidad de evitar obstáculos (mayor grado de autonomía). Hay algún ejemplo muy avanzado basado en robots cuadrúpedos.
- **Ingeniería:** Maquinaria pesada automatizada para apoyo a la realización de obras.
- **Evacuación médica:** Robots para evacuación médica. En general son vehículos terrestres robotizados, normalmente teleoperados.
- **Búsqueda y rescate:** Empleo de robots para avanzar en zonas de difícil acceso (naturales o urbanos,


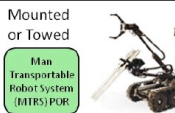


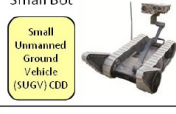


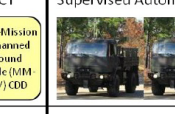




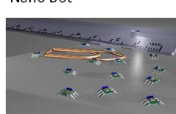


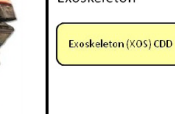
Soldier Transportable	Vehicle Transportable	Self Transportable	Appliqué
 Crew Served Bot	 Mounted or Towed Man Transportable Robot System (MTRS) POR	 Soldier Follower – IBCT Squad Mission Equipment Transport (SMET) CDD	 Remote Operation Husky Mounted Detection System (HMDS) POR
 Small Bot Small Unmanned Ground Vehicle (SUGV) CDD	 Medium Wingman – SBCT Multi-Mission Unmanned Ground Vehicle (MMUGV) CDD	 Heavy Wingman – HBCT	 Supervised Autonomy Convoy Active Safety Technology (CAST) CDD
 Micro Bot	 Armed	 Squad Member	 Full Autonomy Combat Autonomous Mobility System (CAMS) KTD
 Nano Bot Battlefield Extraction Assist Robot (BEAR) Initiative	 Humanoid	 Squad Member	 Exoskeleton Exoskeleton (XOS) CDD

Fig. 1. Tipos de robots terrestres. Fuente: DoD EEUU ([2]).

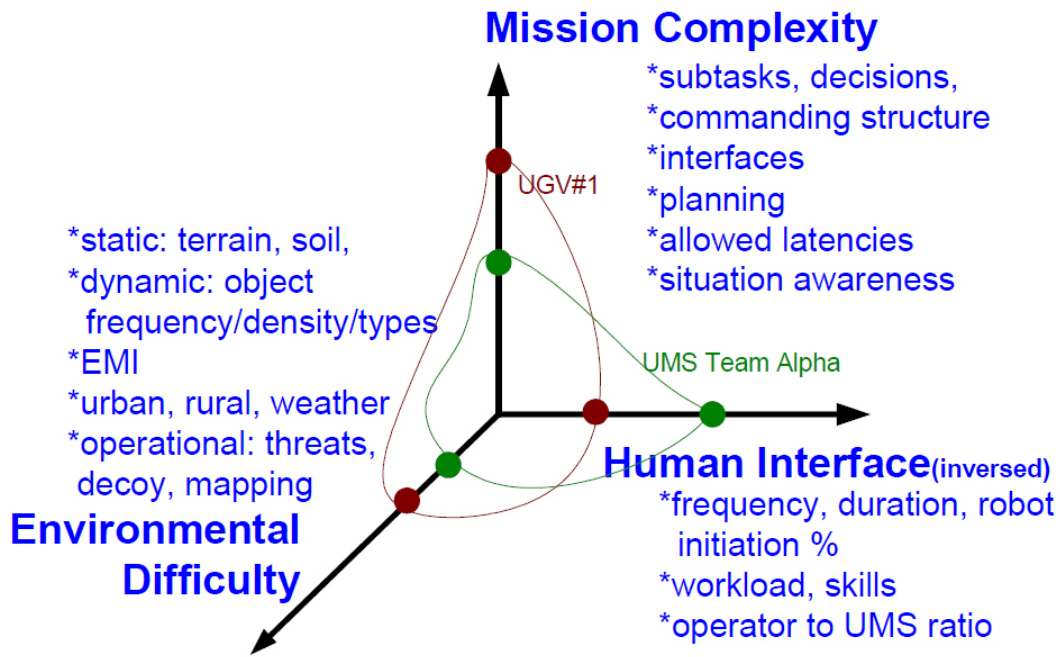


Fig 2. Modelo detallado de ALFUS (Fuente [3]).

tras una catástrofe,...) y encontrar personas atrapadas.

- Ayuda al combatiente: exoesqueletos.

Las aplicaciones anteriores condicionan notablemente sus características (dimensiones, arquitectura física, sensores, actuadores, comunicaciones, etc.). La figura 1 da una idea de la gran variedad de tipos de sistemas existentes.

Los beneficios del uso de robots son claros: permiten aumentar el alcance de los soldados y reducir su carga física, permite acceder a lugares peligrosos y son capaces de realizar determinadas tareas mejor que los soldados.

No obstante, la realidad actual es que a diferencia del enorme crecimiento en la demanda y empleo de sistemas no tripulados en el ámbito aéreo (UAS), el empleo de UGS es más limitado y presenta problemas: la mayor parte de los robots son teleoperados, a menudo resultan difíciles de controlar, pueden ser lentos, lo que dificulta que se integren en los tiempos requeridos en las operaciones, son caros y a menudo presentan averías, etc, y muy en particular, los robots más 'inteligentes', no se ponen en servi-

cio pues no se puede garantizar su comportamiento bajo cualquier condición.

De todos los motivos que limitan el desarrollo de todo el potencial de los sistemas robóticos, posiblemente los asociados a la tecnología sean los más relevantes. Para entender la problemática es útil consultar el documento [2] el cual, aunque publicado ya hace algunos años, es una excelente referencia que recopila los principales retos tecnológicos a resolver en la presente década (navegación autónoma, comunicaciones, potencia, visión, arquitectura, interfaz robot-soldado, manipulación, movilidad y cargas de pago). De todos ellos, posiblemente los aspectos relacionados con el guiado en el entorno y la interpretación automática de la información proporcionada por los sensores son los más limitantes, dadas sus importantes implicaciones en términos de movilidad en el terreno, adaptación al entorno y autonomía.

En concreto, la manera de entender y caracterizar la autonomía de los robots está ocupando el centro de una parte importante de las discusiones. Para ello, en los últimos años se han venido desarrollando diferentes mo-

delos para representar el grado de autonomía de los UxVs. Uno de los más destacables en el modelo de Niveles de Autonomía de sistemas no tripulados (ALFUS), desarrollado hace una década, que contempla cinco niveles en función de tres dimensiones: complejidad de la misión, complejidad del entorno y la necesidad de intervención del operador humano (ver figura 2).

Esta aproximación por niveles es una simplificación práctica de la realidad que ha sido puesta en duda en estudios recientes por considerarse que pone demasiado énfasis en las máquinas, en lugar de en el sistema integrado hombre – máquina [4] o por las dificultades de su puesta en práctica [5], en particular a la hora de caracterizar objetivamente las capacidades de los robots.

Independientemente de esas discrepancias, se trata de un modelo que establece un marco genérico aplicable a todo tipo de UxVs o a redes de UxVs, que permite clasificar las diferentes funciones de los sistemas de acuerdo a cinco niveles:

- Nivel 1 (Control remoto): El operador está situado en la escena y controla el sistema en base a su propia visión.

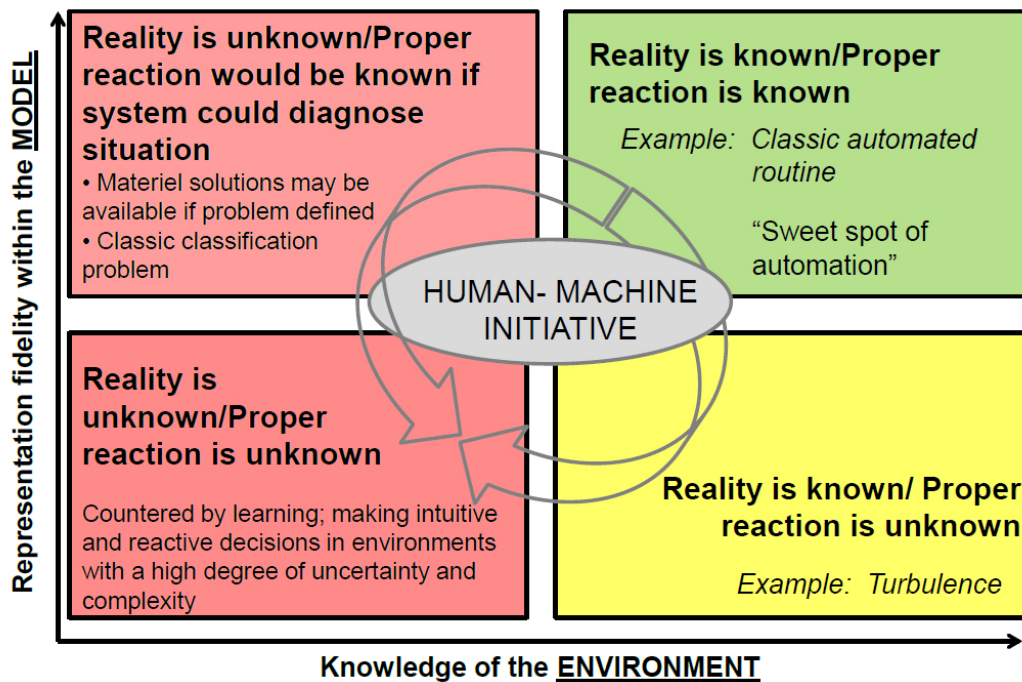


Fig 3. Conocimiento y control del entorno y la situación (Fuente: [6]).

- Nivel 2 (Teleoperación): Se le dota al sistema de capacidad de captación de datos del entorno que son transmitidos a un operador que opera remotamente la plataforma y toma las decisiones.
- Nivel 3 (Dirigido por el humano): El operador realiza la mayor parte de las tareas de análisis, planificación y decisión, mientras que la adquisición de datos y la actuación la comparten el sistema y el operador.
- Nivel 4 (Ayudado por el humano): El sistema y el operador comparten las tareas de análisis, planificación y decisión, mientras que la adquisición de datos y la actuación básicamente la realiza el sistema.
- Nivel 5 (Autónomo): Máximo nivel de independencia del sistema con mínima influencia del operador humano respecto al funcionamiento del sistema autónomo.

Actualmente, es perfectamente viable abordar sistemas que cubran el nivel 1 y se dispone de múltiples sistemas en servicio en el nivel 2 (teleoperación). En el nivel 3 (dirigido por el humano), que ya atribuye al robot mayores grados de autonomía, aparecen las dificultades, que son crecientes a medida que se tiene menos control y

conocimiento sobre el entorno y más compleja y exigente es la misión. Se pueden distinguir entornos razonablemente controlados (interior o perímetros de bases y campamentos; carreteras asfaltadas y señalizadas, etc.) en los que se está logrando poner sistemas en servicio con un cierto grado de autonomía para determinadas misiones (transporte logístico o vigilancia). En el otro extremo de complejidad del entorno (terreno complejo y desconocido) y la misión (situaciones imprevisibles, cambios rápidos, posibilidad de recibir ataques, etc.), es poco realista pensar en la posibilidad de ascender a medio plazo a niveles superiores de autonomía. La figura 3 recoge el espacio de situaciones posible.

A pesar de todas estas dificultades, de cara al futuro es posible ser optimista. Debido al claro carácter dual de las tecnologías de base, existe un importante esfuerzo inversor a nivel internacional que previsiblemente permitirá ver como los retos expuestos van siendo superados progresivamente.

El hecho de que a nivel nacional exista una importante capacidad (en particular a nivel académico y cada vez más a través de pymes) en la mayor

parte de las disciplinas técnicas afectadas y que las ventajas operativas de usar robots sean muchas, permite aventurar una introducción progresiva de este tipo de sistemas en las FAS en los próximos años.

Referencias

[1]. Boletín de Observación Tecnológica en Defensa nº 40.
 [2]. “Unmanned Ground Systems Roadmap”, Robotic Systems Joint Project Office. DoD EEUU, 2011.
 [3]. Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS) Framework: An Update. Hui-Min Huang, Kerry Pavvek, James Albus, Elena Messina. 2005 SPIE Defense and Security Symposium, Orlando, Florida.
 [4]. “Task Force Report: The role of autonomy in DoD systems”, Defence Science Board, DoD EEUU.
 [5]. Levels of autonomy and autonomous system performance assessment for intelligent unmanned systems. US Army Corps of Engineers, ERDC/GSL SR-14-1, abril, 2014.
 [6]. Presentación “DoD Priorities for autonomy research and development”, M. O. Stone, NDIA Disruptive Technologies Conference, November 8-9, 2011.