

Robots de Seguridad Civil

Jose Breñosa, Patricia García. UPM.

Resumen—En el presente artículo se muestra el estado del arte de los robots destinados a la seguridad civil. En primer lugar se presenta el marco global al que van destinados este tipo de robots y su aceptación en la sociedad actual. Muy ligados a los robots de seguridad se encuentran los de defensa, de donde se derivan muchos de ellos. Se pretende hacer una distinción entre ambos campos haciendo una clasificación del tipo de robots que se utilizan en la seguridad civil, sus arquitecturas y el tipo de aplicaciones al que se destinan. Se analizarán algunos de los ejemplos más relevantes, especialmente modelos que ya están en funcionamiento y que han demostrado su valía, a saber: el AUNAV, el UAV AirRobot y el mSecurity. Para finalizar, se presentan los diversos proyectos más importantes con aplicación directa o indirecta en investigaciones de la Universidad Politécnica de Madrid, así como en el ámbito nacional español y el marco europeo.

I. INTRODUCCION

Desde que se conocen las tres primeras "formulaciones matemáticas impresas en los senderos positrónicos del cerebro" que Asimov decía que todo robot debía tener, ya se vislumbraba la intención de proteger al ser humano. Ya se establecía entonces que el valor de una vida humana sería superior al de un robot; sin embargo, la supuesta ética que se pretende implantar en los robots con estas leyes entra en conflicto cuando los robots intentan aplicarse a las áreas de defensa y seguridad.

Este documento recopila los esfuerzos del ser humano por crear robots capaces de realizar tareas de seguridad civil minimizando los daños tanto de las personas como de los bienes físicos. Se revisan las diversas configuraciones y aplicaciones de uso en esta área que, a pesar de no ser tan conflictiva como la de los robots militares dedicados a Defensa, sí que puede estar envuelta en algunas controversias éticas o vacíos legales que no dejan definir donde se encuentra el límite de lo correcto.

Hay que tener en cuenta que muchos de los avances en robótica de seguridad civil vienen heredados de las investigaciones militares de Defensa, es por ello a veces difícil delimitar el uso de un determinado robot en un área concreta.

Hace más de veinte años que la industria privada y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos comenzaron a interesarse por el prometedor campo de la robótica. Después de importantes desarrollos de la industria,

la aplicación de robots de seguridad inteligentes empieza a hacerse realidad tanto en escenarios interiores como exteriores. Cabe destacar el alto índice de robótica de seguridad que se emplea en países como Estados Unidos o Japón, aunque su uso se ha extendido a nivel mundial.

Además de las ventajas de una mayor eficacia y la reducción de operativos humanos para las funciones tradicionales de seguridad, es importante tener en cuenta que el aumento de robos, violencia e incluso el terrorismo provocan que la sociedad demande una evolución de este nuevo enfoque alternativo de la seguridad.

Las expectativas de investigación y logros a obtener vienen en muchos casos alimentadas por conceptos de la robótica que distan mucho de la empleada en la industria, puesto que la propaganda realizada por el séptimo arte y la literatura de ciencia ficción no hacen justicia a los grandes, aunque lentos y costosos, avances que se consiguen en la realidad.

En este artículo en primer lugar hablaremos del interés e importancia que tiene el uso de robots en la seguridad civil frente a sistemas algo más tradicionales, así como de las dificultades y barreras de implantación, ya sea por motivos éticos, legales o por deficiencias en el desarrollo de la tecnología.

Posteriormente se describirán las arquitecturas de los robots más empleadas hasta la actualidad, clasificando las diferentes tecnologías según el ámbito de la seguridad civil al que van destinados. Estudiando también algunos de los robots más relevantes en este campo, sometiéndolos a un juicio crítico.

Finalmente se repasan las diferentes líneas de investigación de la robótica en la Protección Civil en los marcos español y europeo, aventurando hacia dónde deberían dirigirse los pasos futuros en los robots de seguridad civil.

II. INTERÉS E IMPORTANCIA DEL USO DE ROBOTS EN SEGURIDAD CIVIL

Una de las mayores ventajas del uso de los robots es que puede realizar ciertas tareas en las que un ser humano correría riesgos debido a entornos hostiles o peligrosidad en la tarea en sí, o incluso también en aquellas en las que las capacidades humanas están limitadas por la fisonomía y factores como la fuerza o precisión. En la mayor parte de estos casos el robot no tiene por qué desarrollar su trabajo en un entorno especialmente adaptado a sus características, de hecho podría ser totalmente desconocido, continuamente cambiante y con una importante interacción con las personas.

Artículo revisado a fecha de 10 de Abril de 2010.

J. B. trabaja en el Grupo de Robótica y Máquinas Inteligentes en la Universidad Politécnica de Madrid (e-mail: josebrenosa_di@yahoo.es)

P. G. trabaja en el Grupo de Robótica y Máquinas Inteligentes en la Universidad Politécnica de Madrid (e-mail: patriciagb@etsii.upm.es)



Fig. 1 – Robot SCOUT de PIAP

Un robot se compone de materiales más resistentes que los de un ser humano que están formados por piel, carne y huesos; ofrecerá por tanto, una mayor tolerancia ante ciertas amenazas que podrían provocar serios daños o incluso la muerte a una persona.

Desde el punto de vista de rendimiento, los beneficios obtenidos al utilizar la robótica en la seguridad son numerosas: se consigue tener al ser humano alejado de situaciones potencialmente peligrosas; y la eficacia en la realización de la mayoría de tareas de vigilancia y seguridad es mucho mayor en los robots que en los seres humanos. Al ser máquinas, no se aburren, con lo que no hay una falta de atención durante las horas de vigilancia. Se obtiene una optimización del rendimiento: un robot no se cansa, no necesita comer, no tiene miedo, no olvida sus órdenes, no le afectan los sentimientos o comportamientos emocionales que en los seres humanos afectan negativamente.

Además, la utilización del robot de seguridad sitio tiene ciertas ventajas en relación a ciertos escenarios: el entorno de operación se conoce de antemano y en cierta medida se adaptará para permitir la instalación robótica; y los costos basados en la experiencia de las medidas de seguridad convencionales e inventario documentado de contracción en conjunto proporcionan una base sólida y creíble para la relación coste / beneficio de las compensaciones

La utilización de robots voladores o equipos terrestres que patrullan un perímetro en busca de intrusos en tareas de vigilancia y seguridad, permite aumentar el área controlada, además de poder contar con sensores que le permiten obtener más información que la que obtiene el ser humano, ya sea a través de visión en espectros diferentes, análisis de sustancias químicas ambientales, o percepción de sonidos o movimientos que pasarían desapercibidos a un ser humano. Frente al equipo humano se obtienen ciertas ventajas como puede ser el no reducir su capacidad de reacción en función de variables ajenas a las condiciones de operación, o incluso el no manifestar cansancio.

La actual tendencia en robótica de seguridad civil a corto plazo parece ser el de la seguridad, donde un robot puede patrullar la casa en ausencia propietarios, con humo y detectores de movimiento, y enviar vídeo directamente al

teléfono móvil 3G del titular en caso de detección de intrusos o fuego.

No hay que dejar de lado los intereses que pueden generar la venta de este tipo de sistemas, al vendérselo a empresas o industrias para la vigilancia de sus dependencias. Las ventas comerciales de sistemas automatizados e inteligentes de vigilancia pueden suponer en el futuro un coste muy inferior al que requeriría el equivalente humano.

El avance casi parejo de la automatización de la vivienda y el hogar digital puede favorecer el empleo de estos sistemas de seguridad en las viviendas. Los sistemas de vigilancia autónomos totalmente configurables podrían realizar además otras tareas del hogar, como comunicarse con la casa, grabar video, avisar a la policía en caso de intrusión, ponerse en contacto con el teléfono móvil, supervisar la vivienda en tiempo real, o incluso programar tareas del hogar a distancia.

Sin excepción, debemos considerar la seguridad de vivir en el mundo contemporáneo, ya sea como un individuo u organización.

Por lo tanto el conocimiento en un enfoque sistemático hacia la seguridad es importante. Vivir actitudes con este conocimiento traerá grandes cambios para la sociedad. Es hora de decir adiós a las medidas de seguridad convencionales provisional, y aprovechar lo que las nuevas tecnologías nos ofrecen.

III. DIFICULTADES Y RETOS DE LA IMPLANTACIÓN DE LA ROBÓTICA EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD CIVIL.

Si dotar a un robot de capacidad ofensiva ya es peligroso debido a algún posible fallo, el hecho de que utilice esa capacidad por evaluación y decisión del propio robot es más peligroso.



Fig 2 – Robot ofensivo RIOTBOT de TECHNOROBOT

Sin embargo, pese a la curiosidad o las ventajas que puedan ofrecer el uso de sistemas robóticos en la seguridad civil, existen a día de hoy, muchas limitaciones que hacen que no sean óptimos. Estas mermas respecto a los sistemas tradicionales se encuentran principalmente en la movilidad de los robots, en la capacidad de interactuar con los seres humanos o a adaptarse a situaciones cambiantes no previstas

Una de las barreras que se encuentra la robótica es que se encuentra en periodo de investigación. Es un hecho que los humanos tendemos a depositar más confianza en los sistemas tradicionales ya probados que ofrecen garantías de buen funcionamiento que a arriesgarnos a emplear sistemas novedosos.

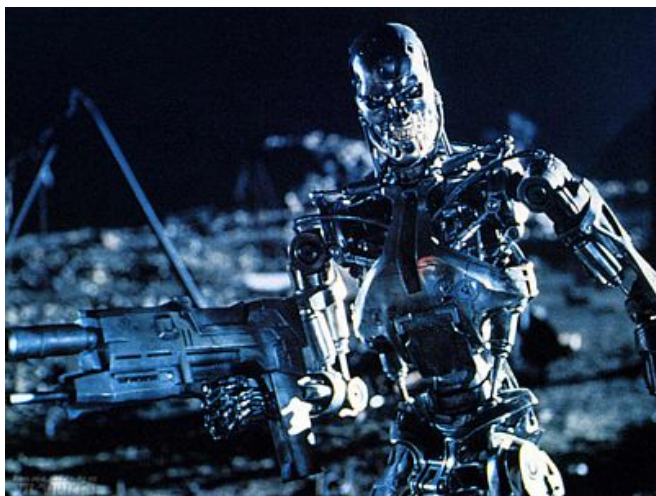


Fig 3 – Robot de ciencia ficción Terminator T-800

El papel del cine y la ciencia ficción también provoca una cierta barrera social, pues la gente se hace una imagen bastante catastrofista de lo que podría pasar si se dotase a estas máquinas de cierta inteligencia, la cual a su vez, resulta imprescindible para esa toma de decisiones.

Esto y el hecho de que los sistemas robóticos no sean todavía del todo óptimos plantean otra barrera al desarrollo. Las limitaciones en su movilidad, en la capacidad de interactuar con el ser humano, en adaptarse a situaciones distintas de las previstas o en modificar el tipo de actividad para la que ha sido diseñado plantean más barreras a la introducción de los robots en el mercado de la seguridad civil.

Si por un momento un robot puede poner en peligro la vida de un humano, son muchos los retractores. Por el contrario los robots militares al considerarse una extensión del propio soldado por ser teleoperador, sí que están aceptados socialmente, dado que toda la responsabilidad en las decisiones recae en el operador que mantiene bajo control el armamento.

Esto plantea dudas éticas de si un robot debería tener o no una autonomía total de decisión. ¿Se debería programar la ética a un robot? ¿Sería factible? ¿Es tan sencillo y fácil de implementar como parece? Uno de los problemas que surgen es que muchas normas pueden chocar entre sí, creándose excepciones unas de otras, y aumentando por tanto la dificultad de su programación y la probabilidad de que se pueda producir un error. ¿Debería por ejemplo un robot con capacidad de decisión rechazar una orden por poseer más información del entorno?

Desde el punto de vista legal, los robots pueden ser aceptados como meros productos pero cuando tienen más

autonomía, de incumplir alguna ley, no está claro cómo un robot puede ser castigado.

La mayoría de las veces los robots son teleoperados porque la tecnología de la que se nutren los robots de seguridad civil es todavía bastante insuficiente para muchas de las tareas que hay que realizar. En seguridad Civil, los robots no deben dañar al ser humano, con lo cual incluso en el caso de los más ofensivos, la munición o los sistemas utilizados serán de tipo no letal.

Además de la barrera ética hay que considerar la cantidad de vacíos legales al respecto, puesto que se trata de nuevos sistemas. Entonces, en el caso de error ¿En quién debería recaer la responsabilidad? ¿En el operador, el fabricante o el programador?

Todas estas barreras éticas, legales y sociales se convierten en un freno para su expansión en el mercado, lo cual provoca que no haya una inversión en investigación ni un abaratamiento de la producción. Lo cual provoca un estancamiento.

Como además también la tecnología se encuentra muy limitada en algunos aspectos, se genera una falta de seguridad en como se podría comportar el robot en ciertos escenarios, por ello se tiende a adoptar posturas más conservadoras para estar cubiertos ante posibles fallos.

Está claro que el comportamiento del robot debe ser programado. Pero el cómo hacerlo correctamente es un reto, puesto que habría que programar todas y cada una de las reglas considerando todos los escenarios posibles, o bien programar a partir del aprendizaje, con buenos resultados en escenarios perfectamente definidos y con claros objetivos pero de resultados impredecibles ante entornos dinámicos y con alto ruido en la adquisición de datos.

IV. CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES Y TIPOS DE ARQUITECTURAS DE ROBOTS

Para poder crear un entorno seguro y proteger ante posibles amenazas es necesario analizar el término “seguridad”. Son cinco las claves que hay que tener en cuenta: Prevención, Protección, Preparación, Respuesta y Recuperación.

Según esto las actividades que los robots realizan en la actualidad en este campo pueden ser: vigilancia de perímetros de seguridad mediante rondas de patrullas, reconocimiento de posibles amenazas (como detección de armas o sustancias peligrosas y/o nocivas), adquisición de datos en zonas peligrosas/contaminadas, acceso a zonas restringidas o de difícil acceso, manipulación de objetos o sustancias peligrosas y la limpieza de zonas con minas o desactivación de explosivos.

Aunque trabajen en el campo de la seguridad civil, no es muy usual que dichos robots tengan elementos de retención, ataque o disuasorios. Suele tratarse de sistemas no ofensivos debido a las barreras éticas y sociales expuestas anteriormente, aunque hay algunas excepciones que se detallarán más adelante.

Teniendo en cuenta estas características, hay diferentes

tipos de robots con arquitecturas determinadas para llevar a cabo su misión. Por lo general un robot se desarrolla para trabajar en un único medio tierra mar o aire, aunque en ocasiones se diseñan para varios. Es por ello que se pueden clasificar principalmente según el entorno para el que han sido diseñados:

A. Robots Marinos de Seguridad Civil:

En esta categoría hay que puntualizar según el robot opere bajo o sobre la superficie, según esto tenemos AUV y ASV.

AUV – Vehículos Submarinos Autónomos. Se utilizan sobre todo en Defensa, en seguridad civil se dedican a detección y desactivación de mina, También se enfocan a la supervisión de estructuras marítimas tras huracanes u otros desastres naturales, o para labores de limpieza.



Fig. 4 – ROV Penguin B3. Desactivación de minas.

ASV – Vehículos de Superficie Autónomos. En su mayoría dedicados a Defensa. En los últimos años se está extendiendo su uso a la vigilancia costera como apoyo a los guardacostas. También es frecuente utilizarlos como apoyo de superficie a unidades AUV, en trabajos de desactivación, limpieza o investigación.

Se componen en su mayoría de sistemas de flotación, rotores con hélices para la navegación. Dotados con cámaras para tener visión, ya sea bajo o sobre la superficie. En el caso de que el robot se destine a tareas de manipulación, como es frecuente en los submarinos, tendrán brazos manipuladores.

La comunicación con el dispositivo de control base para la teleoperación suele ser cableada para los submarinos e inalámbrica para los de superficie

B. Robots Aéreos de Seguridad Civil:

Los UAV, Vehículo Aéreos No tripulados, suelen utilizarse en misiones de vigilancia a vista de pájaro, adquisiciones de datos, o de inspección remota de zonas de difícil acceso.

Tienen estructuras idénticas a vehículos aéreos tripulados de mayor escala como aviones, helicópteros o dirigibles, aunque se están experimentando con nuevas formas que

ofrecen ciertas ventajas en vuelo. En este último caso se encuentran los cuadricópteros que pese a tener grandes restricciones de peso tienen una gran estabilidad. El recién patentado Phantom Sentinel pese a su forma singular tiene la ventaja de poder hacer vigilancias invisibles y cercanas al objetivo proporcionando una visión en 360°.

Compuestos por rotores con hélices también disponen de un giróscopo para el control de vuelo. Además portan una cámara para proporcionar la visión, y la comunicación es inalámbrica. En ocasiones pueden llevar incorporados sensores de medición.

C. Robots Terrestres de Seguridad Civil:

En tierra es donde más han proliferado la mayoría de robots de seguridad civil. Las áreas de aplicación suelen ser para los cuerpos de seguridad como la policía, la vigilancia privada en empresas o industria, y la vigilancia doméstica.

Los robots para cuerpos de seguridad del estado suelen heredarse de los de Defensa y aplicaciones militares. Entre ellos podemos encontrar de tipo arrojadizo para la recopilación de información en zonas hostiles, como el tipo huevo, el tipo carrito de dos ruedas, de cuatro ruedas o tipo oruga. Suelen utilizarse por fuerzas especiales, SWAT o GEOs para incursiones tácticas. Son teleoperados no armados, y con una o varias cámaras y micrófonos para obtener información de video y/o audio.



Fig. 5 – Robots arrojadizos: Robot Eyeball R-1 y Recon Scout Bot.

Los robots ofensivos de seguridad civil se encuentran dentro de esta categoría destinados a equipos antidisturbios, utilizados como medida disuasoria con armamento para Pepperball o bolas de pintura disparadas a presión. Sólo pueden ser teleoperados debido a que están armados, y tienen que estar controlados por visión directa o a través de una cámara que incorporen. Ha habido versiones de robots ofensivos con dispositivos de lanzamiento de una red para atrapar a un sospechoso, o de arriconarlo y desorientarlo con humo blanco tipo niebla, sin embargo por los riesgos que puedan presentar no han pasado de ser prototipos.

Los equipos especiales también utilizan robots manipuladores teleoperados como los utilizados por los equipos TEDAX de la guardia civil y la policía Nacional, se utilizan para la desactivación de bombas, y detección y manipulación de sustancias peligrosas. Son robots de pequeño, medio y gran tamaño con configuraciones de cuatro o seis ruedas, o tipo oruga simple o combinado para

facilitar el paso por obstáculos. Cuentan con uno o varios sistemas de visión y un brazo robótico con un elemento terminal que suele ser de tipo pinza de gran precisión. En ocasiones están armados para desactivar mediante destrucción del objetivo.

Finalmente los cuerpos de seguridad del estado en algunos países empiezan a incorporar el uso de UGV, Vehículos de Tierra No tripulados, para la vigilancia de las fronteras. Suelen ser vehículos de gran tamaño que cuentan con un sistema de visión y sistema de posicionamiento. Su función es la de alertar a la base en caso de amenaza. Existen UGV armados pero van destinados exclusivamente a Defensa.

Los sistemas de vigilancia privada ya sean para empresas o para la industria son soluciones más comerciales, por un lado tenemos los robots de vigilancia y las cámaras de video inteligentes.

Los robots de vigilancia son dispositivos móviles fabricados en una base robótica estándar para el movimiento con ruedas u oruga, sobre la que se montan una o varias cámaras, un sistema de posicionamiento y otro de comunicaciones. La base suelen contar con distintos tipos de sensores de proximidad, y dependiendo de la solución comercial pueden tener más valor añadido como pueden ser el reconocimiento facial, visión térmica o visión nocturna. Pueden ser destinados a espacios interiores o exteriores

Cabría hacer mención de cámaras de video inteligentes, que son controladas por un software inteligente de detección de movimiento o de identificación facial. Pueden ser fijas con motores para tener varios grados de libertad y cubrir grandes áreas de visibilidad, o incluso estar montadas sobre raíles guía por los que circulan.

Por último en el apartado de la vigilancia doméstica, las soluciones que hay, son en su mayoría derivados de los robots para entretenimiento con alguna función de red inalámbrica, detección de movimiento y captura de imagen que les permite comunicarse con un servidor y mantener al usuario informado a través del teléfono móvil si hubiera alguna actividad anormal en su ausencia.

V. ROBOTS IMPLANTADOS EN LA ACTUALIDAD.

En el sector de la seguridad civil cada vez se está implantando más el uso de robots debido a las enormes ventajas que presentan frente a los sistemas tradicionales.

Debido a los avances tecnológicos y a los esfuerzos e inversiones que durante décadas se han estado realizando, se pueden disfrutar hoy día de soluciones adecuadas que seguirán mejorando con el paso de los años.

Los primeros y más relevantes robots que aparecieron destinados a la seguridad se contemplan en la Tabla I:

El primero de ellos tan sólo pretendía demostrar la autonomía de un robot. Posteriormente, la evolución de unos sistemas a otros se debe a una mayor complejidad de los sistemas de los sensores que portan, que van resolviendo pequeños problemas muy específicos.

Siendo el PROWLER el primer sistema militar autónomo teleoperado para la vigilancia en terrenos exteriores.



Fig. 6 – ROBERT I / ROBERT II / PROWLER / SENTRY MDARS-int / CYBERGUARD / ROBERT III / MDARS-ext

TABLA I
CRONOLOGÍA HISTÓRICA EN ROBÓTICA DE SEGURIDAD

Sistema	Época	Organización
ROBERT I	1980-1982	Naval Postgraduate School
ROBERT II	1982-1992	SPAWAR System Center ²
PROWLER	1983-1986	Robot Defense Systems
SENTRY	1983-1990	Denning Mobile Robots
MDARS-interior	Desde 1988	SPAWAR System Center, Cybermotion
CYBERGUARD	Desde 1990	Cybermotion
ROBERT III	Desde 1992	SPAWAR System Center
MDARS-exterior	Desde 1993	SPAWAR System Center, RST

Finalmente, en el ROBERT III se equipa con armamento no letal como dardos tranquilizantes o bolas de goma, pero tan sólo con un fin demostrativo de la respuesta automática que puede conseguirse con la robótica.

Desde estos primeros robots hasta la actualidad tan solo han pasado 30 años, y la evolución que han sufrido en los 10 últimos ha sido asombrosa. Tanto en el sector de la seguridad y defensa como en otros.

En la actualidad los robots destinados a seguridad civil que más se encuentran integrados dentro de la sociedad son los de desactivación de explosivos de los grupos TEDAX, los cuales llevan ya unos años operando con gran éxito y aceptación. Aunque en realidad su procedencia es de origen militar, se han incorporado varias unidades en la Guardia Civil y Policía Nacional para la lucha contra el terrorismo.

Esta herencia del sector de Defensa también la han experimentado otros robots específicos de las fuerzas de asalto, como pueden ser los SWAT en Estados Unidos o los grupos GEO de la policía en diversos países. Destacan en este campo los robots arrojados que dotan de sistemas de visión y escucha en zonas de conflicto tipo el EyeBall R1 o el TRM de PIAP de diseño idéntico al ya reconocido Recon Scout Bot; así como los que sin ser arrojados permiten la exploración de zonas de difícil acceso como el SCOUT de PIAP muy similar al DragonRunner, pero a los que se les puede montar brazos manipuladores o sistemas de visión, para dotar al robot de elementos manipuladores teleoperados.

Hasta el momento estos robots de las Fuerzas de

Seguridad del Estado no portan armamento pese a ser teleoperador, puesto que están enfocados a un uso civil. Sin embargo es importante destacar la aparición del RIOTBOT que cuenta con un sistema de visión de alta calidad y una carabina Pepperball TAC-700 de munición no letal que sólo puede ser disparada por el teleoperador. Esta nueva visión de robot enfocado al uso civil permite el control de disturbios, desórdenes civiles, motines en cárceles, redadas policiales, neutralización de sospechosos, e inspección y aseguramiento de interiores entre otras ventajas.

Otros robots de gran aceptación son los UAV, que permiten la vigilancia y seguimiento desde posiciones aventajadas desde el aire, ya en el Reino Unido se ha efectuado alguna detención por parte de la policía gracias a un UAV Quadrotor, el AirRobot, utilizado para el seguimiento de un sospechoso.

Los UAV también son empleados fuera del ámbito policial para la exploración, vigilancia o como apoyo a unidades de rescate como se hizo en la catástrofe provocada por el huracán Katrina en New Orleans.

El resto de vehículos no tripulados como UGV, UUV (ASV y AUV), aplicados en tierra y agua, suelen tener de momento un uso militar, pero se espera que poco a poco se vayan normalizando su uso en el ámbito civil pasando a formar parte de los equipos de guardia fronteriza o las flotas de guardacostas. En España, recientemente la Guardia Civil ha probado el Predator, un UAV de la compañía estadounidense General Atomics, para completar la vigilancia marítima proporcionada por el sistema SIVE de sensores administrado por EADS-CASA y distribuido a lo largo de nuestras costas.

En los últimos años los robots de vigilancia han evolucionado mucho hacia el sector privado empresarial e industrial, hasta el punto de que ya hay robots como soluciones comerciales para la vigilancia de determinadas zonas.



Fig. 7 – Robots MOSRO (interior) y OFRO (exterior)

Durante la Copa Mundial de Fútbol en Alemania en el año 2006, los robots OFRO y MOSRO de RoboWatch

Technologies fueron puestos a prueba a prueba en tareas de vigilancia exterior e interior respectivamente. Este tipo de robots permite detectar agentes químicos o biológicos, sustancias explosivas y movimientos sospechosos en un radio de 30 metros. Estos sistemas se pueden utilizar para patrullar en barcos y puertos, plantas industriales, zonas de acceso restringido o aeropuertos.

Cada vez proliferan más los robots de este tipo dedicados a la vigilancia empresarial e industrial, puesto que las tareas que realizan son sencillas: labores de inspección a lo largo de una ruta preestablecida o teleoperada y comunicación cualquier información relevante o principio de amenaza a la base central. Algunas soluciones comerciales son: PatrolBot de Activ Media Robotics, GUARDIAN de Robotnik Automation, el T-34 y el Mujiro Rigurio ambos de la compañía japonesa TMSUK, o el mSecurit de la compañía española MoviRobotics cuyo caso se tratará en profundidad en el siguiente apartado.

En Corea del Sur han dado un paso más con estos robots rondadores, aprobándose su uso para patrullar las calles. Además se cuenta con el GuardRobo D1 de Sohgo Security Services Co., patrullando bancos, centros comerciales y empresas, que envía un video a la comisaría más cercana en el caso de alerta.

No se debe olvidar el apartado de la seguridad doméstica, dado que el aumento de los robots de servicio como acompañante o como entretenimiento y los intentos de diferenciación entre marcas y modelos, pueden incorporar también funciones de vigilancia y reconocimiento. Aunque en estos casos las soluciones pueden ser no aconsejables para su uso como seguridad en el hogar.

Esto se debe a que al tratarse de un sector de menor poder adquisitivo que el anterior poseerá deficiencias en los sistemas como puede ser una seguridad insuficiente en las comunicaciones inalámbricas, lo cual puede abrir una ventana a usos malintencionados del robot como caballo de Troya, pues ofrece información del interior de la vivienda a alguien que lo pueda operar desde el exterior.

Entre los ejemplos que podemos encontrar en el ámbito doméstico, se puede optar desde soluciones más serias como el ROBOCATCH montado sobre una plataforma del tipo WIFIBOT, o el EGIS-SR de Dasarobot; o pasar a otro tipo de modelos como el Rovio de WowWee, el Roborior de TMSUK o el estadounidense Spy-Cye, que podrían considerarse más como un juguete que como un robot destinado a vigilancia doméstica.

VI. ROBOTS RELEVANTES EN SEGURIDAD CIVIL

Debido a la gran variedad de situaciones y por tanto de configuraciones para las que son diseñados este tipo de robots, se van a analizar tres modelos muy diferentes en el campo de la seguridad civil. La descripción se centrará en modelos de robots muy utilizados en la seguridad civil en la actualidad, pero sus características pueden ser aplicadas a otros modelos y marcas de arquitectura similar.

A. AUNAV

La familia de vehículos robotizados AUNAV y SUPER AUNAV, ha sido creada específicamente para tareas de desactivación de explosivos, es actualmente el estándar reglamentario utilizado desde el año 2003 por todos los Grupos Policiales Españoles.

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DEL AUNAV

MEDIDAS	
Longitud total	1.710mm
Anchura total	670mm
Altura total	1.350mm
Peso total	600kg
MEDIDAS DE LA CAJA	
Longitud	1.600mm
Anchura	470mm
Altura	450mm
MATERIALES	
Dimensiones de los tramos articulados(mm)	1.060-625-700-470
Longitud brazo extendido	3.500 mm
Long. efectiva desde la parte anterior del carro	2.150 mm
DISTANCIAS VERTICALES DE ALCANCE DEL BRAZO	
Desde el suelo hasta 3.800 mm sobre el suelo	
Brazo con 4 articulaciones en sentido vertical	
CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES	
Autonomía de operación	4h
Control	Remoto
CONSOLA DE OPERACIÓN	
Mediante consola basada en PC y pantalla color plana, joystick y mandos	
Visualización de imágenes de todas las cámaras	
Comunicación sin hilos o por cable	
TRACCIÓN	
Fuerza de tracción	750kg
Fuerza de elevación del brazo extendido	702kg
PINZA MULTIFUNCIÓN	
Fuerza de penetración	500kg
Fuerza de apertura	5.770kg.
Fuerza de compresión	3.890kg
ACOPLAMIENOS PARA:	
Cañones disruptores, escopeta, pinzas varias, elementos para cortar, levantar, arrastrar e incluso destruir objetos	
ELEMENTOS TECNOLÓGICOS	
Funcionamiento electro hidráulico	
4 cámaras de video de alta resolución más 2 opcionales.	
2 cámaras con posicionador y zoom, iluminación auxiliar	
4 faros Led Alta Luminosidad	

Los vehículos AUNAV se venden como la solución más avanzada e innovadora del mercado por su estudio de interfaz hombre-máquina, así como una buena ergonomía y practicidad en la operación. Sin embargo, la empresa PIAP comercializa soluciones igualmente válidas.

Esta unidad está disponible en el mercado internacional, donde numerosos países, han manifestado un notable interés en disponer de este robot manipulador. Entre sus particularidades destacan su potencia y fuerza, y la gran precisión y exactitud de operación.

Dispone de un elaborado diseño de la pinza, que junto con su precisión y robustez, permite abordar desde las más delicadas manipulaciones hasta una fuerza destructora de

más de 5.000 Kg.

La rotación de la pinza es de 360°, cuenta con movimientos suaves y precisos que permite manipulaciones de los objetos complejas y delicadas.

AUNAV permite además el soporte de elementos auxiliares como sistemas de inspección por rayos-X, disruptores, sistemas de corte o hidrocorte.

La consola de control manejar todo el vehículo AUNAV, se realiza a través de un PC portátil y un joystick. La interfaz hombre-máquina ha sido especialmente estudiada para elaborar la correspondiente aplicación de control. El acceso a cualquier función del robot puede ser realizado a través del joystick prácticamente con una sola mano.

La pantalla permite mostrar simultáneamente, tanto el estado operativo de la máquina como las imágenes obtenidas a través de las cámaras de video.



Fig 8 – Robot AUNAV

AUNAV permite la utilización de accesorios necesarios para EOD (Explosive Ordnance Disposal) y NRBQ (Nuclear, Radiológico, Biológico y Químico). Sistemas de inspección por rayos X, cañones disruptores, herramientas de hidrocorte, o escopeta que se situarán en el extremo terminal del brazo manipulador del robot.

B. UAV AirRobot

El AirRobot es la solución UAV de AirRobotGMBH&Co. que es un cuadricóptero que ha alcanzado gran protagonismo debido a las detenciones que se han realizado con su ayuda en el Reino Unido.

Gracias a su sistema de propulsión eléctrica silenciosa y a su reducido tamaño es prácticamente indetectable. Resulta ideal para vigilancia y observación, filmación y fotografía aérea, y se puede emplear como plataforma para cargas inferiores a 330 g.

Para su operación basta con una sola persona, que controla el avión remotamente desde el centro de control, que recibe y registra las imágenes y los datos enviados desde el UAV. Dispone de sistema de guiado basado en GPS y

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DEL AIRROBOT

DATOS GENERALES	
Peso:	< 1 kg
Tamaño:	< 1 m d. / Diámetro.
Duración vuelo:	> 20 min.
Carga estándar:	200g
Distancia:	500 m
Transporte:	desmontable.
Vídeo en color:	durante el día (470 líneas).
Vídeo en b/n:	amanecer(570 línea,0.0003 lux)
Cámara digital:	10 MPíxel
IR cámara térmica:	320 x 240 puntos
rango detección actividad humana	hasta 100 m (330 pies).
Control de inclinación vertical:	mediante sensores.
ESTACION RECEPTORA	
2,3 - 2,5 GHz enlace seguro, 4 receptores para vídeo-transmisión.	
Mini stand.	
Sistema de radiocontrol por baterías.	
Adaptador de recarga.	
Software con documentación de sencillo	
Manejo	usando la pantalla táctil
Señal de audio en la estación receptora para el control de misiones mediante auriculares.	
Recepción de señal de vídeo	pantalla táctil TFT de TabletPC las gafas de recepción de vídeo
COMPONENTES	
Cuatro discos eléctricos:	2000 rpm
funcionamiento silencioso.	
Control de altitud:	Barométrica.
Protección:	Anillo de protección y mecanismo de aterrizaje
Receptor: 35 MHz	
LiPo-Batería: 14,8 V, 2,05 Ah	
Sensores: giroscópicos y de aceleración.	
Duración del vuelo:	aprox. 20 minutos.
Diámetro y peso:	< 1m / <1 kg.
Aterrizaje autónomo: si se pierde la comunicación por radio o con insuficiente batería.	

baliza de emergencia.

Una característica fundamental de estos sistemas es su transportabilidad, puesto que su emplazamiento es cambiante. Esto les confiere una alta rentabilidad y potencialidad, lo cual se puede conseguir gracias a la facilidad de dichos sistemas para adaptarse a las condiciones del entorno de operación.

Sus puntos fuertes son la estabilidad, lo silencioso que es frente a otros UAV, y su facilidad de vuelo y transporte. Como puntos en contra se podrían enumerar la duración de baterías que suele ser en torno a los 20 minutos, lo cual hace que sean planes de vuelo muy breves comparados con otros UAVs que tienen mayor autonomía sobre todo en vehículos de combustible.

Otra desventaja es su poca capacidad de carga, que requerirá en muchas ocasiones de elementos y sensores muy ligeros. Es por ello que este tipo de vehículos se utiliza sobre todo para tareas de vigilancia.

En cuanto a la obtención, manejo y transmisión de la información, gracias a la aplicación de nuevas técnicas de protección de la misma es posible conseguir unas comunicaciones más seguras, difíciles de detectar e

interferir. Sin embargo, a pesar de los grandes avances en estas tecnologías, se siguen produciendo fallos en el sistema o errores de operación.



Fig. 9 – UAV AirRobot

Lo cual significa que hay todavía muchos elementos a perfeccionar: sistemas de propulsión, estaciones de control, sistemas de transmisión/recepción de datos, navegadores GPS, sensores.

Las aplicaciones de seguridad civil son entre otras:

- Vigilancia de fronteras
- Vigilancia de costas
- Reconocimiento y adquisición de objetivos
- Detección y control de incendios
- Control de tráfico de carreteras
- Rescate de naufragos
- Control del entorno ecológico
- Situaciones de emergencia y catástrofes
- Vigilancia aérea de ultra bajo coste.
- Disponibilidad inmediata.
- Vigilancia del entorno cercano
- Vigilancia en operaciones especiales
- Observación de entornos de difícil accesibilidad
- Vigilancia local en vías de circulación
- Vigilancia en trazados ferroviarios
- Vigilancia fronteriza y portuaria

C. mSecurit

El mSecurit de MoviRobotics es un robot de vigilancia con capacidad para realizar rondas en exteriores de forma semi-autónoma, detectar intrusos y dar la alarma al centro de control.

Es la herramienta de trabajo ideal de un vigilante, al cual le proporciona toda la información de forma remota a su puesto de control, de esta manera se consigue una mayor cobertura de vigilancia, y protección ante riesgos y peligros.

Dispone de un sistema de navegación avanzada para exteriores que le permite realizar las rondas de vigilancia de forma semi-autónoma. Evita los obstáculos que encuentra en su camino, y vigila activamente todo el recorrido gracias a su sistema de detección de intrusos.

Es eficaz incluso en condiciones de oscuridad total, humo, polvo o niebla, puesto que cuenta con sensores de proximidad, cámara nocturna y térmica.

En caso de intrusión, mSecurit activa la alarma en el

centro de control, informando al vigilante de la situación mediante imágenes y datos. El vigilante, desde el puesto de mando, puede teleoperar el vehículo para hacer una inspección remota de la zona y obtener toda la información del lugar para tomar la decisión adecuada.



Fig. 10 – Robot mSecurit de MoviRobotics

Con este robot conseguimos la automatización e intensificación de las rondas de vigilancia. Mejora la calidad de la vigilancia. Las cámaras de mSecurit aumentan considerablemente la capacidad de visión puesto que puede acceder desde distintos puntos de vista según la movilidad del robot, de esta forma se mejora la cobertura de la vigilancia. Se puede acceder a zonas en instalaciones con un nivel de cobertura débil, o situaciones temporales en las que se necesita un refuerzo de vigilancia.

Reducción de riesgos al vigilante: El robot no expone al vigilante a riesgos laborales o de seguridad, y el personal puede mantener al mSecurit en el lugar de la incidencia para recabar imágenes y datos mientras permanece en el centro de mando realizando las acciones oportunas.

Este robot ofrece una solución de seguridad para determinadas instalaciones, que por su complejidad o extensión, plantean dificultades técnicas que hacen complicada su realización, consiguiendo un ahorro en costes de instalación de sistemas de seguridad fijos.

Aplicaciones:

- Exteriores e interiores.
- Zonas perimetrales.
- Puertos, Aeropuertos, Fronteras.
- Huertos solares.
- Recintos nucleares o militares
- Polígonos vallados.
- Aparcamientos exteriores.
- Instalaciones estratégicas.
- Instalaciones militares.
- Zonas en recintos industriales con riesgo de concentraciones de gases.

El sistema de navegación y control del robot puede ser mediante rutas prefijadas de forma autónoma, telecontrol mediante joystick, gestión de rutas a través de interfaz GUI, o con un sistema de aprendizaje de rutas. Dispone además de sensores de ultrasonidos e infrarrojos para la detección y evitación de obstáculos.

El sistema de visión cuenta con cámaras de giro vertical y horizontal y con zoom, dispone además de cámara térmica nocturna para detección y monitorización de objetos en

movimiento a través de un software inteligente para la detección de intrusiones. Además, filtra con facilidad objetos que harían disparar la alarma en sistemas de vigilancia fija habitual como nubes, hojas de árbol, pequeños animales, etc.

TABLA III
CARACTERÍSTICAS DEL mSECURIT

DIMENSIONES	
Longitud:	53 cm.
Ancho:	46 cm
Altura:	85 cm.
Peso:	28 Kg.
Capacidad de carga:	20Kg
Plataforma	4 ruedas tipo "skid steer".
Max. Pendiente:	35°
SISTEMA DE VIDEO:	
Monitorizado remoto de video	En PC Cliente.
Giro de Cámara	horizontal/vertical
Zoom óptico / digital	x10/ x10
Resolución:	512 líneas
Funcionamiento	día / noche.
Cámara térmica Infrarroja	Monitorizado detección de movimiento.
Resolución cámara IR:	320x230
Software inteligente	detección de intrusión.
Generación de alertas	configurables por el usuario.
INTERFAZ DE USUARIO (GUI)	
Controlador joystick tipo Playstation	
GUI basada en navegador WEB	
Display de Navegación, Cámaras, Telecontrol, Estado, Diagnósticos.	
Grabación de imágenes, audio, evidencias.	
Generación de alertas configurables por el usuario.	
COMUNICACIONES:	
Wireless LAN con nivel de seguridad WPA, 2.4GHz	
Wifi de largo alcance o Wimax (según condiciones)	
BATERIA:	
Baterías (2) de 12V	
Baterías (2) de Ni-MH (opcional)	
Velocidad máxima: 3 Km/h.	
Autonomía: máximo 7 horas.	
Carga manual y fácil sustitución de baterías.	

Con este tipo de vehículos se consigue una gran rapidez de despliegue, es portable y de pequeño tamaño y peso. El vigilante desde el puesto de control puede manejar varios robots a la vez, para el control de varias zonas.

Existe la opción comercial de incluirle la capacidad de realizar monitorizado preventivo de parámetros medioambientales como la temperatura, gases, termografía

Como desventaja principal presenta el uso de codificación WPA en WiFi, con lo cual será necesario el uso de repetidores si las extensiones de terreno a cubrir son grandes. Además la codificación WPA pese a ser de las más seguras, no es completamente segura ante ataques.

El robot dispone de un sistema antivandalismo, de tal manera que si el robot es levantado del suelo o volcado, dispara una alarma que llega a la aplicación.

Dispone de una autonomía de máximo 11 horas y la capacidad para identificar cuándo se encuentra bajo de batería, en cuyo caso retorna a la estación base para ser recargado. Dependiendo de la configuración elegida, el propio robot puede conectarse a una estación de carga o bien el vigilante puede sustituir las baterías de forma manual.

VII. DESARROLLOS EN LA U.P.M.

Aunque no hay proyectos dedicados exclusivamente a la robótica de seguridad civil en el Departamento de Automática de Universidad Politécnica de Madrid, sí que se llevan a cabo algunos que podrían orientarse a la vigilancia.

Los tres proyectos a nombrar están a cargo del grupo de investigación de Robótica y Cibernética de dicho departamento.

En el proyecto FRACTAL (Flota de Robots Cooperativos Terrestres y Aéreos) los diferentes robots considerados: UAV y UGV, tienen diferentes capacidades y distintos grados de autonomía. La finalidad radica en el estudio y desarrollo de los algoritmos embarcados en los vehículos, para la percepción, actuación, localización, control y navegación autónoma o teleoperada. Este es el paso previo a la cooperación y coordinación de sistemas de robots. Múltiples.

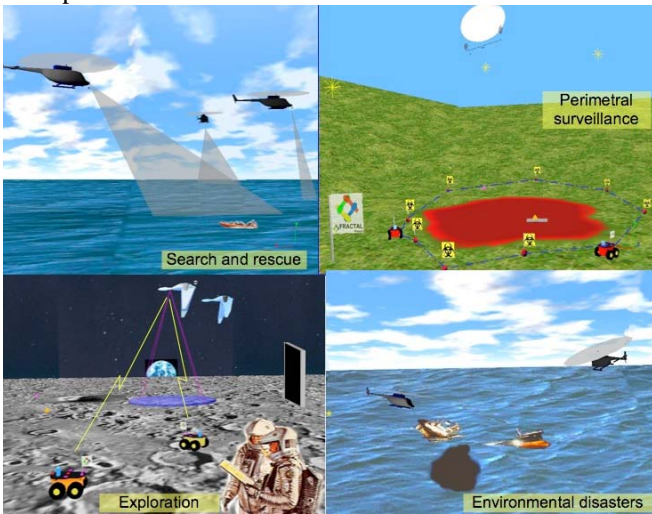


Fig. 11 – Proyecto FRACTAL

NMRS (Networked Multi-Robots System) es un proyecto bastante ambicioso de la Agencia de Defensa Europea (EDA), en el que varios Robots Autónomos, actúan de manera coordinada para intervenir en misiones de defensa y seguridad.

Por último, VAMPIRA (Guiado, Navegación y Control de Vehículo Aéreo Autónomo) se ha desarrollado en el periodo 2003-2006, teniendo como objetivos el desarrollo de un mini-helicóptero autónomo (UAV). Pero sigue habiendo varias líneas de investigación en torno a UAVs en otros grupos del Departamento de Automática.

VIII. DESARROLLOS EN EUROPA ESPAÑA

Dentro del marco nacional hay varios proyectos y líneas de investigación interesantes destinados a la seguridad civil.

En el Instituto de Automática Industrial del CSIC se lleva a cabo proyectos de investigación de robots para medios hostiles y aplicaciones especiales, como por ejemplo el de Técnicas de Sensorización y Control para la Detección y Localización Eficiente de Minas Antipersonal, que se realiza a través de un robot hexápodo con un brazo para la detección

de minas.

También cabe destacar que la corporación europea EADS quiere hacer en España la plataforma de lanzamiento de su último proyecto militar, el avión no tripulado UAV Advance "Talarion" y considera que puede establecerse aquí un centro de entrenamiento y una línea de ensamblaje final.



Fig. 12 – UAV "Talarion" de EADS-CASA

EADS contempla el proyecto "Talarion" como un medio para que Europa consiga autonomía en la capacidad de fabricación de la próxima generación de UAV de media altura y larga permanencia en el aire (proyecto MALE), con lo que conseguiría romper la exclusividad que tienen en el mercado los americanos e israelíes.

Por otro lado, Thales busca la cooperación con BAE Systems para fabricar un UAV europeo.

Es importante mencionar dos empresas españolas dedicadas a la robótica de seguridad: MoviRobotics y TechnoRobot.

MoviRobotics ha creado el robot vigilante mSecurit, ya mencionado anteriormente. Esta compañía lleva tres años en activo, y van mejorando las características de su robot.

TechnoRobot decidió lanzarse a la creación de un robot teleoperado ofensivo de seguridad civil, el RiotBot. Una solución española que emplea armamento no letal de tecnología estadounidense.

IX. DESARROLLOS EN EUROPA

Dentro del desarrollo Europeo hay que mencionar el concurso ELROB (European Land-Robot Trial), en el que se demuestran las capacidades y habilidades de los robots modernos en la seguridad y defensa.

Se celebran alternativamente cada año modalidades diferentes: una militar y otra civil. La mayoría de los equipos participantes no ven el C-ELROB como una competición o demostración de sus robots, sino más bien como una oportunidad de probar el comportamiento en un nuevo escenario con nuevos elementos, y de esta forma ir perfeccionando su modelo.

Dentro de lo que serían los proyectos europeos de seguridad civil, a parte del NM-RS de la EDA ya mencionado anteriormente, hay que tener en cuenta a AIRobots y a TRIDENT.

El objetivo de AIRobots es desarrollar una nueva generación de robots de servicio aéreos para apoyar los seres

humanos en actividades que requieren un robot para interactuar de manera activa y segura, en diversas aplicaciones, tales como la inspección de edificios y de grandes infraestructuras, recogida de muestras ambientales, o la manipulación aérea a distancia.

El vehículo tendrá que interactuar con el medio ambiente de una forma no destructiva y flotar cerca de los puntos de operación. Además deben estar dotados de sensores y terminales robóticos apropiados para las tareas a realizar.

Por su parte, TRIDENT propone una nueva metodología para múltiples tareas de intervención submarina. TRIDENT se basa en las nuevas formas de cooperación entre un humano situado en la superficie y siendo especialista en la tarea a realizar en el fondo mediante la intervención de vehículos submarinos autónomos.

Para su realización, en primer lugar el I-AUV realiza una exploración reuniendo datos ópticos y/o acústicos del fondo para realizar la planificación con referencias geográficas para situar el ASC (Autonomous Surface Craft). De esta forma el ASC y el AUV se posicionan adecuadamente para operar entre sí. La manipulación de los objetos se realizan a través de una mano unida a un brazo robot redundante con la percepción correcta. Esta nueva metodología permitirá que el usuario especifique una tarea para el objeto y que el robot lo manipule de forma totalmente autónoma.

X. LINEAS FUTURAS Y CONCLUSIONES.

Las líneas futuras de investigación de la Robótica en la Seguridad Civil debería de tener varios frentes abiertos dependiendo del área al que van a ir destinadas.

Impulsar más la creación de robots personales mediante concursos o ferias para dar a conocer las nuevas tendencias ayudaría a progresar y avanzar más rápidamente.

Aunque los sistemas de vigilancia están muy avanzados, todavía queda bastante por hacer en temas como el reconocimiento facial.

Utilizar los robots que ya se tienen en áreas en las que pueden dar un gran rendimiento, e impulsar su utilización y difusión: por ejemplo, los vehículos no tripulados o robots de vigilancia podrían emplearse la vigilancia de aeropuertos, vías de tren y zonas portuarias.

Podría realizarse una automatización del transporte público de personas con robots logísticos no tripulados semi-teleoperados para aumentar la eficiencia y seguridad en las carreteras y vías de comunicación.

Extender el uso de los UAV, UGV y UMV como apoyo a las patrullas de fronteras, para evitar el tráfico no regulado tanto de personas como de sustancias.

XI. CONCLUSION

Tras haber dado un repaso completo al estado del arte en la Robótica aplicada a la Seguridad Civil, se puede observar como la mayoría de las aplicaciones van orientadas a la ayuda y cooperación con las Fuerzas de la Ley o con la vigilancia pasiva.

Aunque en un principio se heredaban los robots de los



Fig. 13 – Robot doméstico para entretenimiento Rovio.

utilizados por las fuerzas militares en los proyectos de Defensa, cada vez más salen iniciativas propias de la seguridad civil.

Pese a que los robots de vigilancia son los más avanzados, su uso es de momento bastante restringido y va abriéndose camino poco a poco en la sociedad. Ya existen soluciones comerciales que se espera que en pocos años comiencen a venderse y a producirse en grandes cantidades.

Respecto a la vigilancia en el hogar, de momento se utilizan los propios robots de compañía a los que se les agrega este valor añadido de seguridad. Sin embargo, se pueden convertir en un arma de doble filo si no se protegen bien ante ataques externos de comunicaciones.

Para que estos sistemas arranquen definitivamente, debería tener que invertirse más en investigación y publicitar más este tipo de soluciones, para que la robótica de servicios pueda ser accesible a todo el mundo y pertenezca a nuestra vida cotidiana al igual que lo son un televisor, un teléfono móvil o una cafetera.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Antonio Barrientos la dedicación y entusiasmo que siempre pone en todas las asignaturas que imparte, de igual forma agradecerle la aportación de referencias para el desarrollo del presente artículo, el cual ha sido creado para la asignatura Robots de Servicio del Máster de Automática y Robótica de la Universidad Politécnica de Madrid.

REFERENCES

- [1] EUROP, "Robotic Visions to 2020 and beyond", The strategic research agenda for robotics in Europe, 07/2009.
- [2] White Paper Core Group Congreso de la OTAN Bonn Septiembre de 2004. <http://www.european-robotics.eu/index2.html>.
- [3] "Security Research – Towards a more secure society and increased industrial competitiveness" European Commission Enterprise and Industry.
- [4] Ronald C. Arkin and Lilia Moshkina, "Lethality and Autonomous Robots: An Ethical Stance"

- [5] Mr. Henry L Jones, Lt. Dennis Burns and Dr. Steve Morris
“Autonomous Robots in SWAT Applications: Research, Design, and Operations Challenges”
- [6] “The Navy Unmanned Surface Vehicle (USV) Master Plan”. July 23, 2007.
- [7] “The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan”. November 9, 2004
- [8] “Unmanned Aircraft Systems (UAS) Roadmap ”. August 4, 2005.
- [9] Commander H.R. (Bart) Everett (Rtd), A Brief History of Robotics in Physical Security*. Space and Naval Warfare Systems Center, San Diego, D3701.
- [10] European Commission through the Coordination Action for Robotics in Europe (CARE) “An Executive Summary of the Strategic Research Agenda for Robotics in Europe”. <http://www.robotics-platform.eu/>.