

Sistemas robóticos e interfaces inmersivos para aplicaciones robustas de búsqueda exploración

Robotic systems and immersive interfaces for robust search and exploration applications

Christyan Cruz Ulloa ¹

¹ Universidad Politécnica de Madrid

Correspondencia Autores: christyan.cruz@car.upm-csic.es

Recibido: 19 de agosto 2022, Publicado: 18 de diciembre de 2022

Resumen— Los entornos de desastre, catástrofes naturales o atentados, dejan como resultado pérdidas humanas, en medio de zonas colapsadas de acceso potencialmente riesgoso para rescatistas, debido al colapso de estructuras o eventuales explosiones. La Robótica de Búsqueda y Rescate ha sido una línea con gran auge dentro de este campo en las últimas décadas, brindando principalmente soporte a brigadas de intervención. La implementación de un método es importante para la identificación automática de víctimas en estos entornos a través de redes neuronales convolucionales, imágenes térmicas y ROS (Robot Operating System). Para ello se utilizan ciertos tipos de robots que tienen características especiales para búsqueda y rescate debido a su gran destreza para moverse en terrenos no estructurados, en los cuales han sido dotados de un sistema especializado de visión térmica. Para validar este desarrollo se han llevado a cabo pruebas en entornos pos- desastre reconstruidos. El método propuesto ha permitido generar mapas 2D enriquecidos con información de potenciales víctimas e incendios para su posterior uso. Los principales resultados han mostrado una eficacia superior al 90% para la identificación de víctimas totalmente visibles y víctimas parcialmente cubiertas por escombros.

Palabras clave— Robot Cuadrúpedo, ROS, Redes Neuronales Convolucionales, Imágenes Térmicas, Búsqueda y Rescate.

Abstract— Disaster environments, natural catastrophes or attacks result in human losses, in the midst of collapsed areas of potentially risky access for rescuers, due to the collapse of structures or possible explosions. Search and Rescue Robotics has been a booming line within this field in the last decades, mainly providing support to intervention brigades. The implementation of a method is important for the automatic identification of victims in these environments through convolutional neural networks, thermal imaging and ROS (Robot Operating System). For this purpose, certain types of

robots are used that have special characteristics for search and rescue due to their great dexterity to move in unstructured terrain, in which they have been equipped with a specialized thermal vision system. To validate this development, tests have been carried out in reconstructed post-disaster environments. The proposed method has allowed the generation of 2D maps enriched with information on potential victims and fires for later use. The main results have shown an efficiency of more than 90% for the identification of fully visible victims and victims partially covered by debris.

Keywords— Quadruped Robot, ROS, Convolutional Neural Networks, Thermal Imaging, Search and Rescue.

I INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas se han producido 7.348 desastres naturales a nivel mundial que han provocado aproximadamente 1,23 millones de muertes y afectado a más de 4.000 millones de personas, según un informe de la UNDRR (Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres). En su mayoría son producidas por inundaciones, tormentas y terremotos, siendo estas el 40%, 28% y 8% respectivamente. En catástrofes como grandes tormentas, las víctimas mortales rondan el 10% de los afectados, mientras que en los terremotos las víctimas mortales rondan en torno al 49%.

En estos escenarios, la robótica ayuda a la rapidez y eficacia de su gestión. Las víctimas pueden estar tanto en la superficie como enterradas bajo escombros. Los robots de búsqueda y rescate especializados en reconocimiento y búsqueda de víctimas están diseñados para ayudar a la localización de aquellas víctimas que se encuentran fuera de la visión de los operarios o en lugares poco accesibles. Asimismo, su utilización permite que los operarios no se expongan a peligros, como por ejemplo nuevos derrumbamientos.

Se han entrenado diferentes modelos pre- entrenados de redes neuronales convolucionales, para validar este método propuesto se ha llevado a cabo una serie de pruebas en escenarios pos-desastre reconstruidos según los estándares del NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología). Donde personas simulando ser víctimas se han distribuido.

La visibilidad de estas ha sido variable, teniendo personas cubiertas por escombros de manera total o parcial. Los principales resultados de este desarrollo muestran una detección de víctimas con un porcentaje alto para los tres tipos de redes entrenadas. En la actualidad la detección de víctimas utilizando redes neuronales e imágenes térmicas ha sido un campo poco explorado, por lo cual uno de los pilares de relevancia de este artículo. El sistema implementado tiene una amplia ventaja sobre sistemas convencionales como cámaras RGB que no funcionan en condiciones de poca luminosidad. En estos escenarios, la robótica ayuda a la rapidez y eficacia de su gestión. Las víctimas pueden estar tanto en la superficie como enterradas bajo escombros. Los robots de búsqueda y rescate especializados en reconocimiento y búsqueda de víctimas están diseñados para ayudar a la localización de aquellas víctimas que se encuentran fuera de la visión de los operarios o en lugares poco accesibles. Asimismo, su utilización permite que los operarios no se expongan a peligros, como por ejemplo nuevos derrumbamientos.

Las labores de búsqueda y rescate de víctimas son las actividades realizadas por equipos de emergencia destinadas a localizar a personas en situación de emergencia para proceder a sacarlas del peligro. Además, contempla las labores de tratado y transporte de heridos a centros hospitalarios. En los últimos años, con el apogeo de la Visión Artificial debido a las nuevas técnicas que emplean redes neuronales para tareas como la clasificación y detección de objetos en imágenes y videos, se han explorado e investigado su aplicación en múltiples áreas. Una de estas áreas es la de termografía, en la que se busca la aplicación de los nuevos modelos de visión a la detección de objetos o personas, haciendo especial énfasis en el estudio de estas últimas. Las principales áreas de aplicación de la visión artificial junto a termografía actualmente son vigilancia y reconocimiento facial.

II MÉTODOS Y MATERIALES

Sistema robótico y sensores.

Las partes que conforma un robot móvil (Fig. 1) son las partes mecánicas, el chasis y la columna que da soporte a todo el robot, consta además de otros elementos como se

observa en la Figura 1 que son un motor brushless, estos son muy ocupados en el área de la robótica ya que su control es muy fiable, se tiene sensores específicos y de tipo laser, se consta de drivers de controles de potencia, los sistemas de alimentación y los sistemas de encendido y tarjetas de control que son los encargados de controlar de algoritmos del robot y por último se tiene la conexión inalámbrica.



Figura 1. Partes de los robots

Software y gestión de información

El desarrollo integral se ha llevado a cabo mediante ROS (Robot Operating System), que en la actualidad es el protocolo estándar a nivel de desarrollo dentro del campo de la Robótica.

La Figura 2 muestra el esquema de conexión del flujo de datos entre el puesto de mando y el Robot en campo. El procesamiento a nivel de robot se ejecuta en uno de sus ordenadores a bordo donde se generan los mapas de entorno y se ejecuta el control a bajo nivel del sistema de locomoción. Por otra parte, en el puesto de mando se recibe toda la información y se ejecuta el procesamiento a alto nivel. Se procesa en tiempo real la imagen térmica transmitida mediante la red neuronal para determinar donde existe una potencial víctima y a su vez colocar una marca dentro del mapa. Por otra parte, se envían comandos de velocidad lineal y angular para continuar con la exploración dentro del entorno.

La ventaja de ROS es que su gestión de comunicación es mediante tópicos, que genera una mayor eficiencia en la redivisión de mensajes y estos mensajes pueden ir desde bytes hasta imágenes y matrices completas entre otros. Otra de las ventajas de ROS es un sistema centralizado donde el master se encuentra en el ordenador más potente y los esclavos pueden estar en campo con una conexión remota

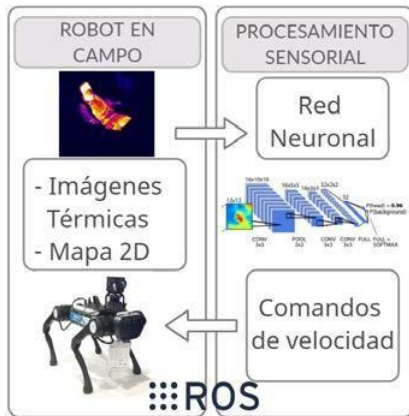


Figura 2. Software de los robots

Movilidad en entornos complejos reales

Para que esto no sea una problemática se deben usar robots con sistemas de locomoción específicos, como los cuadrúpedos (Fig. 3). Este tipo de robots se caracteriza por tener un rango de libertad que consta, si existe un terreno con un desnivel gracias a su control en tiempo real se hace más fácil que el robot atravesase este tipo de camino.

Las altas velocidades que puede alcanzar este robot lo hacen muy ideal para desplazarse en entornos de desastres.



Figura 3. Robots Cuadrúpedos

Otro tipo de robot que se utiliza en las operaciones de búsqueda son los robots oruga (Fig. 4), debido que poseen una gran tracción y gran agarre al suelo, lo que le permite al mismo tiempo subir superficies inclinadas con pendientes superiores a los 30° y superar obstáculos como escaleras, escombros.



Figura 4. Robots Oruga

Otro robot que se utiliza son los Antropomórficos (Fig. 5), este tiene una configuración de patas de tipo C y la combinación de locomoción trípode es capaz de desarrollar movimientos complejos y desplazarse a velocidades regulares

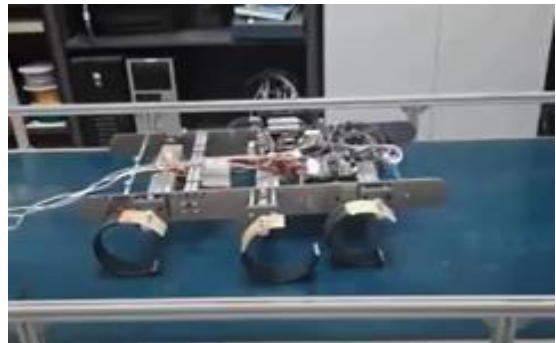


Figura 5. Robots Antropomorfos

El robot con ruedas (Fig. 6) se utiliza para distancias largas en terrenos con condiciones de operación, puede ir a las zonas de desastres para inspección. Los robots con ruedas son más sencillos y más fáciles de construir, la carga que pueden transportar es mayor, relativamente. Tanto los robots basados en cadenas como en patas se pueden considerar más complicados y pesados, generalmente, que los robots de ruedas para una misma carga útil.



Figura 6. Robots de ruedas

III PRUEBAS Y RESULTADOS

Las problemáticas que han surgido sobre la tecnología se basan en el:

Control/ tele operación y gestión de información de sistemas robóticos en campo

Las distintas soluciones que se han dado para esta problemática se basan en interfaces de realidad virtual (RV) e interfaces de realidad mixta (RM), donde las actividades que se realiza con cada realidad aportan en un ámbito específico de la problemática, puesto que en la RV se incluye un ambiente simulado para el operario donde solo necesita de los visores para poder simular una condición real con consecuencias reales pero controladas y sin exposición a ningún peligro gracias a los sensores de temperatura, sensores de proximidad, entre otros muchos sensores que permiten vivir un experiencia lo más real posible.

Por otra parte, se tiene que la RM la cual es una tendencia en el día de hoy puesto que presenta mayor control de simulaciones con respecto a la RV, en la RM no solo se puede visualizar el campo de acción sino también posee un ambiente propio lo más parecido al real donde se podrá sentir de mejor manera ya sea la superficie de trabajo, se tiene mayor control en herramientas.

Este tipo de herramientas un tanto futuristas se planea aplicar en los siguientes campos:

- Reconstrucción y análisis de entornos desconocidos (PC/ PC+term).
- Asistencia a equipos de rescate
- Asistencia a víctimas con equipos de comunicación, botiquines, entre otros.
- Identificación y localización de víctimas y rescatistas/ transeúntes/ (PC/ PC + term)

Estas aplicaciones permiten contribuir a la sociedad no solamente al área automotriz, sino también médica, mecatrónica, software, entre otras ramas de la ingeniería.

Este tipo de aplicaciones ayuda a reducir el peligro del trabajo a realizar ya sea por la dificultad del terreno, ya sea por temas de salud o distanciamiento, por temas de alto riego, entre otros.

IV CONCLUSIONES

El uso de sistemas embebidos, redes neuronales y robots específicos generan soluciones robustas a aplicaciones en entornos reales

Las tecnologías inmersivas RV/RM permiten gestionar sistemas robóticos altamente complejos, mediante interfaces e interacción con el entorno.

Los sensores específicos (lidar, cámaras térmicas) permiten generar aplicaciones robustas en entornos de desastre gracias a su principio de funcionamiento.

Los diferentes sistemas de locomoción (patas/orugas/antropomórficos) facilitan desplazamiento a lo largo de entornos no estructurales.

REFERENCIAS

- [1] Universidad de las Fuerzas Armadas [@Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga]. (03 de septiembre del 2021). II Congreso de ciencia y tecnología ESPE 2021 con enfoque en ingeniería automotriz y mecatrónica.
- [2] Reyes, B., Gómez-Rosero, S., Peralta- Zurita, D., Ronquillo, C., Flores, A., Pastas, J., & Karolys, B. (2018). Diseño de un agente robótico especializado en búsqueda de objetivo común basado en sistemas de robótica de enjambres. UTCiencia" Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo", 5(1), 21-29.
- [3] Díaz Umaña, C., & Salas Laurens, S. M. (2017) DORA-E, Sistema robótico de búsqueda y navegación.
- [4] Cruz Ulloa, C., Prieto Sánchez, G., Cerro Giner, J. D., & Barrientos Cruz, A. (2022). Sistema robótico inteligente de exploración térmica para Misiones de búsqueda y restate.
- [5] Bermudez, G., Nova, K. S., & Infant, W. (2004). La robótica en actividades de búsqueda y restate urbano. Origen, actualidad y perspectivas. Tecnum, 8(15), 97-108.
- [6] Solís-Ortega, R. (2017). Enjambres de robots y sus aplicaciones en la exploración y comunicación. In Memorias de congresos TEC.
- [7] Vértiz-Hernández, J. A., Rodríguez- Salas, L., Vital-Ochoa, O., & Medina-Ibarra, D. I. Robot Móvil Autónomo y Tele operado. Circuitos y Sistemas Multidisciplinar Vol., 16.
- [8] Gutiérrez Castillo, V. A., & Salas Cárdenas, D. A. Diseño y simulación de arquitectura cuadrúpeda tipo canina utilizando sistema robótico modular mecabot.
- [9] Alcoba, M. S., & Muñoz, G. P. Comparación de Métodos de Búsqueda Robótica para apoyar al Desminado Humanitario Comparison of Robotic Search Methods to support Humanitarian Demining.
- [10] Girón, M., Molina, W., & Palacios, C. Y. Una Arquitectura de Agente Robótico Móvil para la Navegación y Mapeo de Entornos de Trabajo. para la búsqueda posterior a un sismo, y mitigación de incendios de baja escala.
- [11] Cruz, C., Cerro, J. D., & Barrientos, A. (2022). Robótica colaborativa de búsqueda y rescate, una clasificación basada en interacción física. In XLIII Jornadas de Automática (pp. 679-686). Universidade da Coruña. Servizo de Publicacións.

- [12] Laura Ramos, E. D. D. Y. (2020). robot de exploración, reconocimiento y ayuda en rescate humano.
- [13] Álvarez, F. R., Garzón, J. Á. M., Vargas, B. N. L., Ordóñez, M. A. L., & Godoy, J. D. F. (2021). sistemas inteligentes autónomos para ejecutar misiones de búsqueda y reconocimiento. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.
- [14] Martín García, R. (2021). Arquitectura para robots de búsqueda y rescate urbano mediante el uso de algoritmos de anti feromonas.
- [15] Abderrahim, M. Desarrollo de un sistema robótico de triaje rápido para situaciones de catástrofe
- [16] Bent, E., Shayler, P., La Rocca, A. (2011). The effectiveness of stop-start and thermal management measures to improve fuel economy. University of Nottingham.