

Un prototipo de robot mascota para interacción con ancianos

De La Cruz, A., Cabezaolías, C., Maroto-Gómez, M., Castillo, J. C., Salichs, M.

RoboticsLab, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.

To cite this article: De La Cruz, A., Cabezaolías, C., Maroto-Gómez, M., Castillo, J. C., Salich, M. 2023. A Pet Robot Prototype for Interaction with Seniors. XLIV Jornadas de Automática, 569-574.
<https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498609.569>

Resumen

La robótica social aparece con el objetivo de interactuar con las personas, comprenderlas y apoyarlas con diferentes tareas, entre otras finalidades. En los últimos años, con el aumento de la esperanza de vida, el número de personas mayores con algún tipo de deterioro cognitivo ha aumentado. Además, muchas de estas personas se sienten solas y carecen de estimulación emocional. Diversos estudios confirman que la robótica social puede contribuir a aliviar este problema. El propósito de este trabajo es mostrar el desarrollo de un primer prototipo de robot mascota para realizar tareas, como el acompañamiento y la estimulación cognitiva, con personas mayores. Para ello se opta por una apariencia agradable que llame la atención y permita la integración de todos los elementos. El desarrollo del proyecto incluye la selección de todos los componentes hardware del robot, así como la implementación de una versión inicial de la arquitectura software que permita interactuar con los usuarios.

Palabras clave: Robótica social, Robot de compañía, Envejecimiento de la población, Interacción humano-robot.

A Pet Robot Prototype for Interaction with Seniors.

Abstract

Social robotics appears with the aim of interacting with people, understanding them and supporting them with different tasks, among other purposes. In recent years, with the increase in life expectancy, the number of elderly people with some kind of cognitive impairment has increased. In addition, many of these people feel lonely and lack emotional stimulation. Several studies confirm that social robotics can help alleviate this problem. The purpose of this work is to show the development of a first prototype of a pet robot to perform tasks, such as companionship and cognitive stimulation, with elderly people. For this purpose, a pleasant appearance that attracts attention and allows the integration of all the elements is chosen. The development of the project includes the selection of all the hardware components of the robot, as well as the implementation of an initial version of the software architecture that allows interaction with users.

Keywords: Social robotics, Companion robot, Population ageing, Human-Robot Interaction.

1. Introducción

Hoy en día, uno de los nuevos desafíos tecnológicos consiste en acercar las nuevas tecnologías a nuestra vida cotidiana (Núñez et al., 2011). Para abordar este desafío, surge el campo de la robótica social, cuyo objetivo principal es permitir la interacción entre robots y seres humanos. En este ámbito, existen diversos tipos de robots con la capacidad de establecer vínculos emocionales con los usuarios, comprendiendo y respondiendo

a las emociones humanas. Así, se han desarrollado robots sociales para ser utilizados en aplicaciones como la asistencia, las terapias o la ayuda a personas dependientes (Salichs et al., 2020; Mišeikis et al., 2020).

Es inevitable percatarse de que la población está experimentando un envejecimiento acelerado y los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística de la Unión Europea así lo confirman (INE, 2023). Estos datos revelan un aumento del 10 %

en la proporción de la población envejecida en un lapso de 20 años, proyectando que para el año 2040 casi el 30 % de la población total estará conformada por personas mayores de 65 años. En muchos casos, la vejez está acompañada de la soledad debido al aislamiento personal y emocional. Este factor reduce la calidad de vida de las personas mayores, haciéndolas más vulnerables e influyendo en el desarrollo de enfermedades de salud mental. En muchas ocasiones, esta soledad se combate con la compañía de mascotas. Estas proporcionan beneficios que mejoran el estado de ánimo, aumentan la motivación y la capacidad para tomar decisiones, reducen el estrés y los comportamientos agresivos e incluso ayudan a mitigar la depresión (García Ramos et al., 2021).

Entre las diversas aplicaciones de la robótica social, se encuentran los robots mascota, diseñados para combatir la soledad, realizar estimulación cognitiva, apoyo emocional o entretenimiento con las personas mayores, entre otras cosas (Hudson et al., 2020). Estos robots suelen tener forma de animal y están diseñados para ser agradables al tacto, permitiendo que los usuarios los acaricien y abracen. Los robots mascota desempeñan un papel valioso al brindar compañía a las personas mayores (Abdi et al., 2018), al mismo tiempo que fomentan su sentido de la responsabilidad. Además, se ha comprobado que el uso de estos robots conlleva beneficios para los usuarios, como la mejora de la capacidad de comunicación y la reducción de variables negativas, como el estrés, la depresión, la ansiedad y el dolor (Bharatharaj et al., 2015). Estos robots, al igual que otros robots sociales, se caracterizan por su apariencia amigable, sus movimientos corporales y su estrategia de interacción humano-robot (HRI), que puede involucrar voz, gestos y tacto.

En la literatura encontramos algunos ejemplos. *PARO*, conocido como Nuka en Europa, es uno de los robots mascota más populares (Shibata and Coughlin, 2014). Este robot con forma de foca bebé posee diversas capacidades destacadas, como el reconocimiento de su nombre, la percepción de la presencia de los usuarios, la detección de si está siendo levantado y la regulación de su temperatura corporal, entre otras funciones. *Ne-CoRo* es otro robot mascota que adopta la forma de un gato (Libin and Libin, 2005). Lo que lo distingue es su capacidad para adaptar su personalidad según la interacción con el usuario. *Huggable* es un robot con forma de oso desarrollado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés) (Stiehl et al., 2006). Tiene la capacidad de diferenciar la interacción con humanos mediante el tacto, conocer su propia ubicación, expresar emociones e incluso ser teleoperado. También está equipado con cámaras para el procesamiento de imágenes. Su principal aplicación ha sido brindar compañía a niños en la planta oncológica de un hospital (Stiehl et al., 2005). *Probo* es otro robot de aspecto abrazable con forma de elefante (Saldien et al., 2008). Este robot puede realizar tareas de entretenimiento, comunicación y asistencia médica. *Babyloid* es único en su forma humana, representando la forma de un bebé (Kanoh, 2014). Sirve como una alternativa para aquellos a quienes no les atraen los animales. *Babyloid* genera un comportamiento similar al de los bebés, moviéndose, llorando y repitiendo palabras, además de detectar caídas y tacto. *Chobonyan* es otro robot mascota con forma de gato, destacando por los movimientos de su cola para expresar alegría o tristeza (Hayashi and Kato, 2015).

Teniendo en cuenta las características de los robots mascota actuales, en este proyecto se presenta un prototipo de robot mascota para compañía de personas mayores, el robot Mia. Mia es un robot social abrazable desarrollado por el Robotics Lab para ser utilizado como robot mascota por personas de edad avanzada. Su objetivo principal es aportar compañía a dichas personas, teniendo como objetivo secundario estudiar los beneficios de las mascotas en la interacción con ancianos, tomando como referencia los resultados positivos que este tipo de terapias han proporcionado para apaciguar los efectos de enfermedades de deterioro cognitivo, como la demencia (Guevara Zaracho et al., 2020) o el Alzheimer (García Olivares, 2020). Para ello, se requieren funcionalidades básicas como emitir sonidos, mover ciertas partes del cuerpo o reconocer palabras por voz. Este robot ha sido desarrollado para disponer de una plataforma experimental con la que seguir investigando acerca de estrategias HRI que motiven a los usuarios. Además, pretende ser una alternativa de bajo coste que mejore las características que ofrecen los robots de compañía actuales.

El artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se exponen los elementos hardware con sus respectivas conexiones y la apariencia final del robot. Posteriormente, en la sección 3 se describe el funcionamiento del robot mediante la exposición de sus módulos software y la generación de su comportamiento. Finalmente, la sección 4 aborda las principales conclusiones extraídas de este trabajo.

2. Plataforma

En esta sección se describen los elementos hardware del robot Mia. Primero, se describe su arquitectura hardware, enumerando los componentes que utiliza y las relaciones entre ellos. Después, se aborda su apariencia y especificaciones físicas.

2.1. Arquitectura hardware

La arquitectura hardware del robot tiene como elementos principales una CPU, varios sensores y actuadores, un sistema de sonido, un controlador específico para los motores, otro controlador general para el resto de sensores y actuadores y un sistema de alimentación. La Figura 1 muestra la disposición y relación entre estos elementos en el robot.

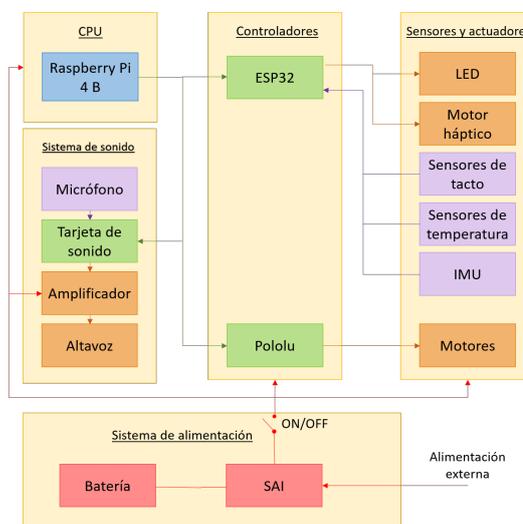


Figura 1: Diagrama de la arquitectura hardware de Mia.

El componente más importante del hardware del robot es su CPU, una Raspberry Pi modelo 4B ¹. La Raspberry es una placa con todos los componentes esenciales de un ordenador convencional integrados de forma compacta. Así, tenemos un ordenador de bajo coste que sirve para multitud de aplicaciones. La elección de este dispositivo se basa en su tamaño reducido, su amplia capacidad de memoria de acceso aleatorio de 8 GB (RAM, por sus siglas en inglés) y su capacidad de comunicación vía Wi-Fi y Bluetooth. También destaca su bajo consumo de energía, lo que ayudará a lograr tiempos de funcionamiento duraderos y a evitar problemas de calentamiento.

El sistema de sonido del robot permite captar audio y reproducir sonidos. Este sistema incluye un micrófono con reducción de ruido, una tarjeta de sonido conectada por USB a la Raspberry Pi, un amplificador y un altavoz. Estos componentes fueron seleccionados por su tamaño compacto, su rendimiento y su precio asequible.

Cuatro servomotores y un controlador permiten que el robot realice ciertos movimientos. Los servomotores utilizados son capaces de dar una fuerza adecuada para mover las articulaciones del robot. Estos motores actúan en las dos orejas, la nariz y la cola del robot. Para gestionarlos se utiliza un controlador de servomotores del fabricante Pololu ², capaz de gobernar hasta seis servomotores, por si se deseara dotar de movimiento a alguna parte del cuerpo más en el futuro. Este controlador se conecta por USB a la Raspberry Pi, la cual gestiona los comandos a dichos motores.

Para interactuar con el usuario, el robot dispone de una serie de sensores y actuadores que permiten percibir el entorno y actuar en él. Mia dispone de dos LED RGB, uno para cada mejilla, configurables en color e intensidad; un motor háptico, que permite mejorar la expresividad del robot y simular acciones como la de respirar; cinco sensores de tacto, colocados en la cabeza, la espalda, la tripa y las dos orejas para saber en qué zona lo están tocando; cuatro sensores de temperatura, colocados junto a los motores para poder detectar sobrecalentamiento y apagar el robot inmediatamente, evitando posibles peligros; y una unidad inercial (IMU, por sus siglas en inglés), con la que se puede obtener la posición y orientación del robot para saber, por ejemplo, si el usuario lo tiene en brazos. Para manejar todos estos sensores y actuadores, se utiliza un microcontrolador ESP32 ³, muy similar a los de la familia Arduino.

Por último, un elemento crítico para que el robot sea portátil es su sistema de alimentación, que está formado por una batería recargable y un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI, por sus siglas en inglés). La batería es de tipo LiPo y permite mantener el robot encendido alrededor de 7 horas. Para gestionar la alimentación, se utiliza el SAI que permite ajustar la tensión de salida, cargar la batería cuando el robot está conectado a su fuente de alimentación y proteger eléctricamente el sistema de alimentación.

Todos los componentes anteriores, están situados en una estructura mecánica de plástico (PLA) que está colocada en el interior del peluche. El resultado final del montaje completo de la estructura se muestra en la Figura 2.

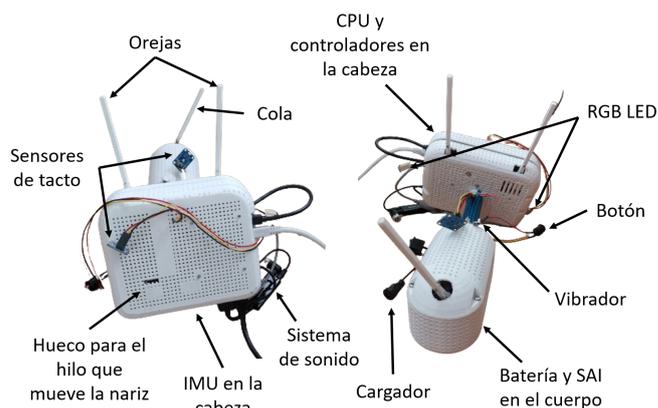


Figura 2: Montaje completo del robot.

2.2. Apariencia

En la Figura 3 se muestra el aspecto externo del robot y se indica la ubicación de los componentes electrónicos dentro de él. En un robot mascota es crucial que dichos componentes situados en su interior no se noten cuando el usuario lo utilice. Por esta razón, se rellena el peluche de dielcro, lo que proporciona al robot una sensación de abrazable. El peluche tiene unas dimensiones de 47 cm de largo y 33 cm de ancho y pesa alrededor de 2 kilos, asemejándose a una mascota real. Su forma de conejo se eligió debido a su apariencia agradable y su capacidad para generar interés en los pacientes, además de las amplias dimensiones de su cabeza donde se pueden alojar todos los componentes electrónicos.

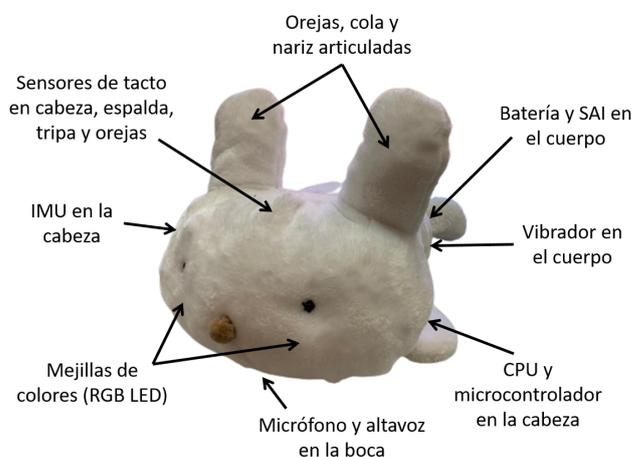


Figura 3: Apariencia del robot Mia.

3. Funcionamiento

En esta sección se describe el funcionamiento del robot social Mia. Primero, se expone su arquitectura software, presentando los elementos y módulos que la definen. Después, se explica la generación de sus comportamientos, mostrando la

¹Página oficial de la Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>

²Página oficial del controlador Pololu: <https://www.pololu.com/product/1350>

³Página oficial del microcontrolador ESP32: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

máquina de estados implementada y alguna de las expresiones que el robot es capaz de realizar.

A continuación, se explican las características más importantes y la función de los paquetes software de este proyecto. El software de control del robot es Robot Operating System (ROS) Noetic, implementado en el sistema operativo Ubuntu en la Raspberry Pi. Está compuesto por siete paquetes asociados a los componentes hardware y comunicados entre sí de forma asíncrona. Todos los paquetes han sido desarrollados específicamente para este proyecto, a excepción del encargado de analizar el audio procedente del repositorio de ROS (Hendrix, 2022). La Figura 4 muestra el diagrama de la comunicación.

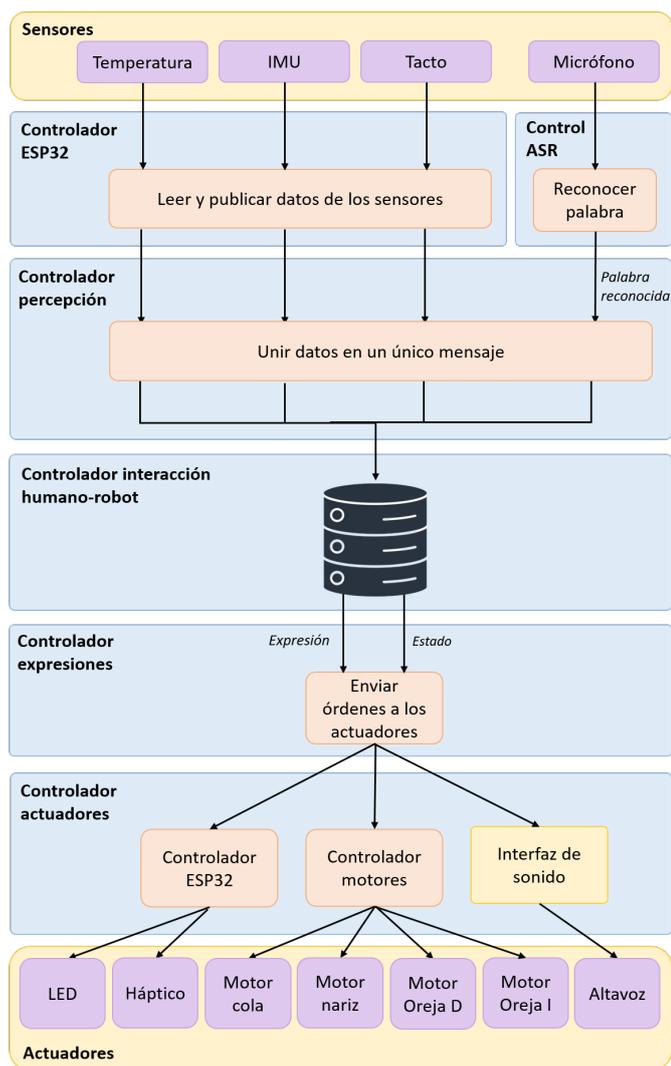


Figura 4: Diagrama de la arquitectura software de Mia.

3.1. Arquitectura software

En este proyecto se busca que el robot tenga un comportamiento principalmente reactivo. Esto implica que, para tomar decisiones, el robot considera el estado actual de los sensores. Así, se utilizan los valores captados por los sensores para generar las respuestas necesarias en los actuadores.

La información captada por el ESP32 se encuentra en un lenguaje de bajo nivel que los paquetes no pueden comprender. Por esta razón, se crea el componente denominado *Controlador ESP32*. Este se encarga de traducir la información para que

los demás paquetes puedan entenderla y comunicarse correctamente con los dispositivos hardware. De esta manera, todos los elementos de la arquitectura pueden conocer el estado actual de los sensores, a excepción del micrófono, y tomar decisiones basadas en ellos. Para trabajar con esta información, este paquete establece un puente de comunicación con el paquete encargado de procesar la percepción del robot, conocido como *Controlador de Percepción*, como se explica más adelante.

El robot es capaz de captar comandos por voz. Para ello, se necesita el módulo del *Controlador de Reconocimiento Automático de Voz (ASR)*, por sus siglas en inglés. Este paquete tiene la función de analizar el audio captado por el micrófono y compararlo con las posibles palabras a reconocer. Para ello, se utiliza *PocketSphinx*, algoritmo elegido debido a su bajo coste computacional y su capacidad para funcionar sin conexión a internet (Hendrix, 2022). Requiere un archivo que contenga las posibles palabras a reconocer. En nuestro caso, este archivo está formado por un total de 20 palabras, como "hola", "duérmete" o "Mia". Cada palabra está asociada a un nivel de confianza mínimo que varía entre 10^{-1} y 10^{-50} , lo que permite establecer restricciones más rigurosas para las palabras más cortas.

El *Controlador de Percepción* tiene la misión de recopilar toda la información útil para el comportamiento del robot, empaquetarla en un único mensaje y transmitirla para su uso en el resto de paquetes. Cada 0,5 segundos el paquete coge toda la información que ha recibido en ese periodo, la introduce dentro de un mismo mensaje y la publica. Este paquete está conectado con el *Controlador de Interacción Humano-Robot*, encargado de generar la interacción entre el robot y el usuario, utilizando la información recopilada.

El comportamiento del robot se basa en tres estados: dormido, activo y apagado, que se describen en el apartado 3.2. Si el robot se encuentra en el estado activo, está alerta de su entorno y puede generar acciones en relación a él. El paquete denominado *Controlador de Interacción Humano-Robot* se encarga de asignar estas expresiones del estado activo. Las expresiones son las acciones que realiza el robot y pueden conllevar a cambios de estado. Para determinar una expresión, el robot debe cumplir ciertas condiciones establecidas por los sensores. Para conocer el estado de los componentes, se comunica con el *Controlador de Percepción*. Las acciones de las expresiones se describen con reglas. Una vez asignada la expresión, el robot procede a efectuarla, para lo cual se comunica con el paquete *Controlador de Expresiones*.

El paquete *Controlador de Expresiones* se encarga de llevar a cabo las acciones por medio de los actuadores. Para ello, se realiza una comunicación con la interfaz de sonido y los dos paquetes encargados del funcionamiento del resto de actuadores. Del funcionamiento de los LED y el motor háptico se encarga el paquete *Controlador ESP32*, explicado anteriormente. Como se explicó en la sección 2.1, los motores se gestionan por un controlador individual con el cual también debe comunicarse el paquete *Controlador de Expresiones*. Finalmente, se debe conectar con la interfaz de sonido, formada por la tarjeta de sonido, para reproducir el audio asociado a la expresión a través del altavoz, pasando previamente por el amplificador.

Tabla 1: Ejemplos de expresiones del robot.

TIPO	EXPRESIÓN	ESTADO PREVI	CONDICIÓN	ACTUADORES	ESTADO SIGUIENTE
Activa	Feliz	Activo	Toque de barriga Toque de cabeza	LED: Color verde Servomotores: Orejas Háptico: Pulsos de 1 segundo Altavoz: Sonido de risa	Activo
	Despertarse	Dormido	ASR "Despierta" Toque de tacto Movimiento de la IMU	LED: Color turquesa Servomotores: Orejas Altavoz: Sonido de lamento	Activo
	Dormirse	Activo	ASR "Duérmete"	LED: Color azul Háptico: Un pulso de 1 segundo Altavoz: Sonido de bostezo	Dormido
Inactiva	Inactiva 1	Activo	20 segundos sin estímulos	Servomotores: Orejas	Activo
De estado	Dormido	Dormido	—	LED: Color azul Servomotores: Orejas, cola y nariz a reposo Háptico: Desactivado Altavoz: Desactivado	Dormido

3.2. Gestión de comportamiento

En la versión actual del sistema el comportamiento programado en el robot es reactivo. La gestión de comportamiento se realiza a través del *Controlador de Interacción Humano-Robot* y del *Controlador de Expresiones*, los cuales dotan de expresividad al robot tomando la información del *Controlador de Percepción*. Su funcionamiento se divide en dos aspectos: estados y expresiones. Mia tiene tres estados independientes: dormido, activo y apagado. El robot puede estar dormido, estado en el que solo están encendidos los LED; activo, estado en el que el robot realiza las expresiones correspondientes en función de los estímulos recibidos; o apagado, estado en el que se desactivan todos los componentes. Este estado se ejecuta si se pulsa el botón de encendido o se sobrecalientan los motores. En la Figura 5 podemos apreciar la lógica del robot.

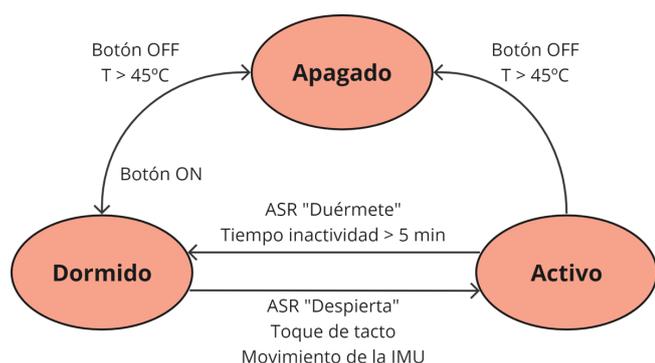


Figura 5: Máquina de estados de Mia.

Las expresiones son un conjunto de comandos que se mandan a los actuadores en función de los estímulos externos. Estas expresiones pueden ser de tres tipos: activas, inactivas o de estado. Las expresiones activas son aquellas que se realizan en función de los estímulos provocados por la interacción con el usuario. Así, dependen de los sensores de tacto, la IMU y el ASR. Las expresiones inactivas son aquellas que se realizan aleato-

riamente cuando llevamos cierto tiempo sin interactuar con el robot. Duran un periodo de tiempo muy corto porque solo tienen la intención de dar vivacidad al robot. Estas expresiones consisten en mover alguno de los motores de los que dispone el robot. Las expresiones de estado son aquellas que se realizan una sola vez justo al pasar a un estado después de completar una expresión activa o inactiva. En el estado apagar, se desactivan todos los actuadores. En el resto de estados, estas expresiones se basan en darle un color determinado a los LED, mover los servomotores a su posición de reposo y apagar el resto de actuadores. En la Tabla 1 se muestran varios ejemplos de algunas de las expresiones que el robot es capaz de realizar.

El siguiente enlace dirige a un vídeo donde se muestra el funcionamiento del robot en su estado actual: <https://youtu.be/xmD1oYLHScA>.

4. Conclusiones

Es importante adaptar la tecnología para mejorar el bienestar y la calidad de vida de las personas. Por ello, los robots sociales son importantes, ya que brindan compañía y apoyo emocional, especialmente a personas solas o en situaciones de aislamiento. Como se ha comentado en el presente artículo, se ha demostrado en numerosos estudios que los robots mascotas pueden aliviar la soledad que sufren las personas mayores.

El robot mascota desarrollado tiene la cualidad de ser fácilmente "abrazable", gracias a su diseño ergonómico y materiales suaves al tacto. Además, tiene un peso ligero que lo asemeja a una mascota real. Su apariencia ha sido cuidadosamente diseñada para ser agradable y amigable, lo que fomenta la interacción con los usuarios. En cuanto al sistema hardware elegido e implementado, se cumple correctamente con todas las funcionalidades básicas, como mover ciertas partes del cuerpo, emitir sonidos o reconocer palabras por voz. Por otro lado, el software del robot ha sido desarrollado para proporcionar un comportamiento acorde al nivel actual de desarrollo. Se han implementado algoritmos y lógicas de programación que permiten al robot

realizar acciones y responder a las interacciones de manera adecuada. Aunque el comportamiento puede considerarse básico, es funcional y cumple con las expectativas establecidas para la etapa actual de desarrollo del robot.

En el futuro, se realizarán pruebas adicionales de funcionamiento y evaluación del sistema, incluyendo pruebas específicas con personas mayores para comprender los beneficios que el robot les puede proporcionar. En cuanto al desarrollo del hardware, se realizarán nuevas implementaciones, como la incorporación de un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) y un sistema de disipación de la temperatura por todo el cuerpo del peluche. Estas mejoras buscan aumentar la funcionalidad y la comodidad con el robot, proporcionando una experiencia aún más satisfactoria para los usuarios.

Agradecimientos

La investigación que ha conducido a estos resultados ha recibido financiación de los proyectos: «RoboCity2030-DIH-CM», Madrid Robotics Digital Innovation Hub, S2018/NMT-4331, financiado por «Programas de Actividades I+D en la Comunidad de Madrid» y cofinanciado por el Fondo Social Europeo (FSE) de la EU; «Robots sociales para mitigar la soledad y el aislamiento en mayores» (SoRoLi), PID2021-123941OA-I00, financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI), Ministerio Español de Ciencia e Innovación; «Robots sociales para reducir la brecha digital de las personas mayores» (SoRo-Gap), TED2021-132079B-I00, financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI); «Mejora del nivel de madurez tecnológica del robot Mini» (MeNiR), PDC2022-133518-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR.

Referencias

Abdi, J., Al-Hindawi, A., Ng, T., Vizcaychipi, M. P., 2018. Scoping review on the use of socially assistive robot technology in elderly care. *BMJ open* 8 (2), e018815.

- Bharatharaj, J., Huang, L., Al-Jumaily, A., 2015. Bio-inspired therapeutic pet robots: Review and future direction, 1–5.
DOI: 10.1109/ICICS.2015.7459940
- García Olivares, C., 2020. Terapia asistida con animales en personas con Alzheimer.
- García Ramos, J., et al., 2021. Afrontado nuevos retos del trabajo social: la relación personas mayores-mascotas como una fuente importante de beneficios.
- Guevara Zaracho, S. M. d., et al., 2020. Proyecto de investigación: Eficacia de la terapia asistida con animales en pacientes con demencia del hospital nuestra señora de los dolores en santa cruz de la palma.
- Hayashi, R., Kato, S., 2015. Chobonyan: soft-stuffed robot in palmtop size and light weight for therapy. In: 2015 IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE). IEEE, pp. 112–113.
- Hendrix, A., 2022. Pocketsphinx - ros wiki.
URL: <http://wiki.ros.org/pocketsphinx>
- Hudson, J., Ungar, R., Albright, L., Tkatch, R., Schaeffer, J., Wicker, E. R., October 2020. Robotic pet use among community-dwelling older adults. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences* 75 (9), 2018–2028.
URL: <https://europepmc.org/articles/PMC7566965>
DOI: 10.1093/geronb/gbaa119
- INE, 2023. Proporción de personas mayores de cierta edad por provincia, ine.
URL: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=1488>
- Kanoh, M., 2014. Babyloid. *Journal of Robotics and Mechatronics* 26 (4), 513–514.
- Libin, A., Libin, E., 2005. Robots who care: Robotic psychology and robototherapy approach. In: AAAI Fall Symposium: Caring Machines. pp. 67–74.
- Mišėikis, J., Caroni, P., Duchamp, P., Gasser, A., Marko, R., Mišeikienė, N., Zwilling, F., De Castelbajac, C., Eicher, L., Früh, M., et al., 2020. Lio-a personal robot assistant for human-robot interaction and care applications. *IEEE Robotics and Automation Letters* 5 (4), 5339–5346.
- Núñez, P., Bustos, P., Jaramillo, E., Bachiller, P., García-Varea, I., 2011. Robots sociales para la mejora de la calidad de vida de las personas dependientes.
- Saldien, J., Goris, K., Yilmazyildiz, S., Verhelst, W., Lefeber, D., 2008. On the design of the huggable robot probo.
- Salichs, M. A., Castro-González, Á., Salichs, E., Fernández-Rodicio, E., Maroto-Gómez, M., Gamboa-Montero, J. J., Marques-Villarroya, S., Castillo, J. C., Alonso-Martín, F., Malfaz, M., 2020. Mini: a new social robot for the elderly. *International Journal of Social Robotics* 12, 1231–1249.
- Shibata, T., Coughlin, J. F., 2014. Trends of robot therapy with neurological therapeutic seal robot, paro. *Journal of Robotics and Mechatronics* 26 (4), 418–425.
- Stiehl, W. D., Breazeal, C., Han, K.-H., Lieberman, J., Lalla, L., Maymin, A., Salinas, J., Fuentes, D., Toscano, R., Tong, C. H., et al., 2006. The huggable: a therapeutic robotic companion for relational, affective touch. In: ACM SIGGRAPH 2006 emerging technologies. pp. 15–es.
- Stiehl, W. D., Lieberman, J., Breazeal, C., Basel, L., Lalla, L., Wolf, M., 2005. The design of the huggable: A therapeutic robotic companion for relational, affective touch. In: AAAI Fall Symposium: Caring Machines. pp. 91–98.