

Robot mascota con carácter social y emocional para interacción multi-modal en aplicaciones de compañía y entretenimiento

Maroto-Gómez, Marcos^{a,*}, Lewis, Matthew^b, Malfaz, María^a, Castro-González, Álvaro^a, Salichs, Miguel Ángel^a, Cañamero, Lola^c

^aDepartamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Carlos III de Madrid. Avenida de la Universidad, 30. 28911 Leganés, Madrid, España.

^bEECAIA Lab, Adaptive Systems Research Group, School of Physics, Engineering and Computer Science (SPECS), University of Hertfordshire, Herts AL10 9AB, Hatfield, United Kingdom.

^cETIS Lab–CY Cergy Paris Universite, ENSEA, CNRS UMR 8051, 2 Avenue Adolphe Chauvin, 95032 Cergy-Pontoise Cedex, France.

To cite this article: Maroto-Gómez, M., Lewis, M., Malfaz, M., Castro-González, Á., Salichs, M.Á. & Cañamero, L., 2023. A Social and Emotional Pet Robot for Multi-modal Interaction in Companionship and Entertainment. XLIV Jornadas de Automática, 645-649. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498609.645>

Resumen

La robótica social abarca un gran número de aplicaciones entre las que se encuentra la compañía y el entretenimiento. Sin embargo, ambas áreas no han sido demasiado exploradas y presentan grandes retos en el diseño de robots autónomos que realmente reduzcan la soledad de sus usuarios fomentando una interacción human-robot adecuada. Este artículo presenta los métodos utilizados para desarrollar comportamientos sociales en robots mascota autónomos con el objetivo de aportar compañía y entretenimiento a sus usuarios. Además, proponemos estrategias para mejorar la expresividad del robot mediante el uso de emociones. El sistema propuesto se integra en MiRo, un robot mascota con apariencia animal diseñado para aplicaciones de entretenimiento y compañía al que se le dota de interacción multi-modal para interactuar con sus usuarios mediante juegos y comportamientos afectivos.

Palabras clave: Robots mascota, Robots sociales, Emociones, Entretenimiento, Compañía, Interacción multi-modal

A Social and Emotional Pet Robot for Multi-modal Interaction in Companionship and Entertainment

Abstract

Social robotics addresses a large number of areas including companionship and entertainment. However, these applications have not been explored much and present great challenges in the design of autonomous robots that actually reduce the loneliness of their users by fostering adequate human-robot interaction. This paper presents methods to develop social behaviors in autonomous pet robots to provide companionship and entertainment to their users. In addition, we propose strategies to improve the expressiveness of the robot through the inclusion of emotions. The proposed system is integrated into MiRo, an animal-like pet robot designed for entertainment and companionship applications with multi-modal interaction engaging users through games and affective behaviors.

Keywords: Pet robots, Social robots, Emotion, Entertainment, Companionship, Multi-modal interaction

1. Introducción

El uso de robots mascota ha mostrado numerosos beneficios para reducir la soledad de personas mayores (Banks et al., 2008), mejorar el deterioro cognitivo de personas mayores (Leng et al., 2019) o proporcionar entretenimiento y compañía a niños con capacidades especiales (Moerman et al., 2019). Estos robots demuestran tener capacidades que se aproximan a

las de una mascota real, reduciendo algunas de sus desventajas como el ruido que provocan, la higiene que necesitan o su alimentación y bienestar. Pese a ello, como demuestran algunos estudios realizados en los últimos años (Bharatharaj et al., 2015; Maroto-Gómez et al., 2023), todavía estos robots no tienen la madurez tecnológica para operar autónomamente proporcionando una experiencia plena al usuario.

*Autor para correspondencia: marmarot@ing.uc3m.es

En los últimos años, sólo PaRo (Kang et al., 2020) y Aibo (Schellin et al., 2020), dos robots mascota de éxito mundial, han demostrado poseer las capacidades adecuadas para participar en entornos reales y cumplir las expectativas generadas. Sin embargo, el rango de comportamientos de ambos robots todavía requiere de un mayor grado de desarrollo, para permitir a sus usuarios interactuar con el robot de diferentes formas (interacción multi-modal). Por ello, dotar a robots mascota con distintos modos de interacción multi-modal y comportamientos emocionales que mejoren la interacción humano-robot resulta de interés para continuar mejorando las capacidades de estos sistemas.

Este artículo presenta el desarrollo de comportamientos para robots mascota autónomos con carácter social y emocional cuya principal aplicación es aportar compañía y entretenimiento a sus usuarios. Como se ha detallado anteriormente, existen evidencias de los beneficios de utilizar robots mascota para mejorar la vida de personas mayores o niños. Pese a ello, todavía existen numerosos retos para mejorar este tipo de robots en entornos reales. La principal motivación de este trabajo es presentar estrategias de interacción multi-modal específicamente diseñadas para estas aplicaciones, utilizando a su vez generación de emociones para mejorar la interacción human-robot.

El sistema propuesto ha sido integrado en el robot mascota MiRo (Collins et al., 2015), una plataforma con apariencia animal dedicado a entretenimiento y educación. En este trabajo, extendemos sus capacidades para generar comportamientos emocionales en el robot para, además de entretenimiento, aportar compañía a sus usuarios intentando reducir su soledad aprovechando su gran similitud en apariencia con un animal. Los comportamientos seleccionados se basan en cómo se comportan los animales teniendo en cuenta tres tipos de interacción: cognitiva, utilizando un juego de identificación pelotas de colores; afectiva, usando contacto con el robot en forma de caricias; motriz, realizando una actividad de seguimiento al usuario.

A continuación, la sección 2 describe al robot social MiRo, plataforma que se ha utilizado para integrar el sistema propuesto. Después, la sección 3 presenta el modelo de generación de comportamientos autónomos para aportar compañía y entretenimiento en robots mascota. Esta sección hace énfasis en cómo se generan las emociones en el robot para mejorar su expresividad e interacción con el usuario. La sección 4 enumera los trabajos futuros para continuar esta línea de investigación. Por último, la sección 5 presenta las conclusiones finales.

2. El robot social MiRo

El robot mascota MiRo (Collins et al., 2015), mostrado en la figura 1 interactuando con un usuario, fue creado por la empresa Consequential Robotics como una plataforma que pretendía ofrecer entretenimiento y educación a sus usuarios. Este robot posee una apariencia de animal semejante a un conejo o perro y unas capacidades de percepción y actuación bastante desarrolladas.

En cuanto a sus capacidades de percepción, el robot cuenta con dos cámaras stereo en los ojos para percibir el entorno, micrófonos en las orejas para reaccionar a ruidos de alrededor, sensores capacitivos de tacto en su cuerpo y en la cabeza para detectar contacto y sensores de iluminación para percibir la luz

ambiente. Además, MiRo posee sensores de ultrasonidos en la nariz para evitar colisionar con obstáculos y sensores de altura para evitar caerse en cambios de nivel.

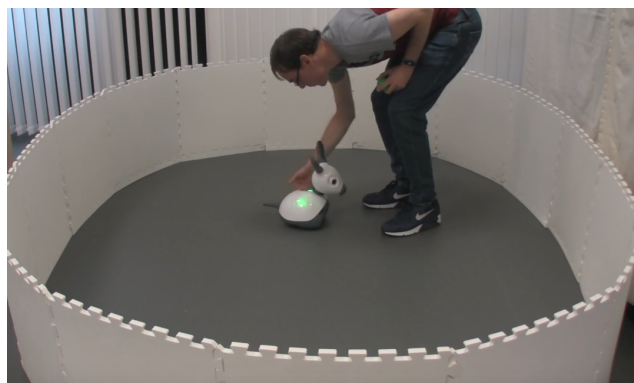


Figura 1: El robot mascota MiRo jugando con un usuario al juego de identificar las pelotas de colores.

Sus capacidades de actuación le permiten navegar por el entorno gracias a un sistema de movimiento diferencial basado en dos ruedas. Además, es capaz de mover las orejas, cuello, cabeza, párpados y cola e iluminar sus cuerpo de distintos colores, mostrando una gran expresividad. Por último, el robot tiene un altavoz para reproducir sonidos no verbales que simulan los reproducidos por un animal.

Por defecto, MiRo cuenta con un sistema de navegación y generación de comportamientos aleatorios que le permiten mostrar un comportamiento autónomo reaccionando a ciertos estímulos (como la dirección de los sonidos que percibe). Sin embargo, este comportamiento es puramente reactivo y su generación no tiene en cuenta la intervención de sus usuario. La siguiente sección profundiza en cómo empleamos las capacidades sensoriales y de actuación del robot para conseguir un comportamiento social y emocional orientado al usuario que tiene como objetivo aportarle compañía y entretenimiento.

3. Generación de comportamiento

La generación de comportamientos sociales y emocionales dedicados a compañía y entretenimiento abarcan desde la percepción del entorno hasta la descomposición de las decisiones de alto nivel en comandos efectivos para los actuadores del robot. A continuación, tomando como referencia la figura 2, se describe este proceso utilizando como referencia las características del robot MiRo.

3.1. Percepción del entorno

Utilizando los dispositivos sensoriales del robot, se han realizado una un total de tres detectores para evaluar y procesar la información y poder mejorar la interacción multi-modal humano-robot. Estos detectores realizan las siguientes funciones:

- **Detección de presencia del usuario:** Utilizando el detector de personas y caras proporcionado por OpenCV (Adusumalli et al., 2021) y utilizando como base las cámaras estéreo situadas en los ojos del robot, es posible percibir la presencia del usuario. De esta forma, los

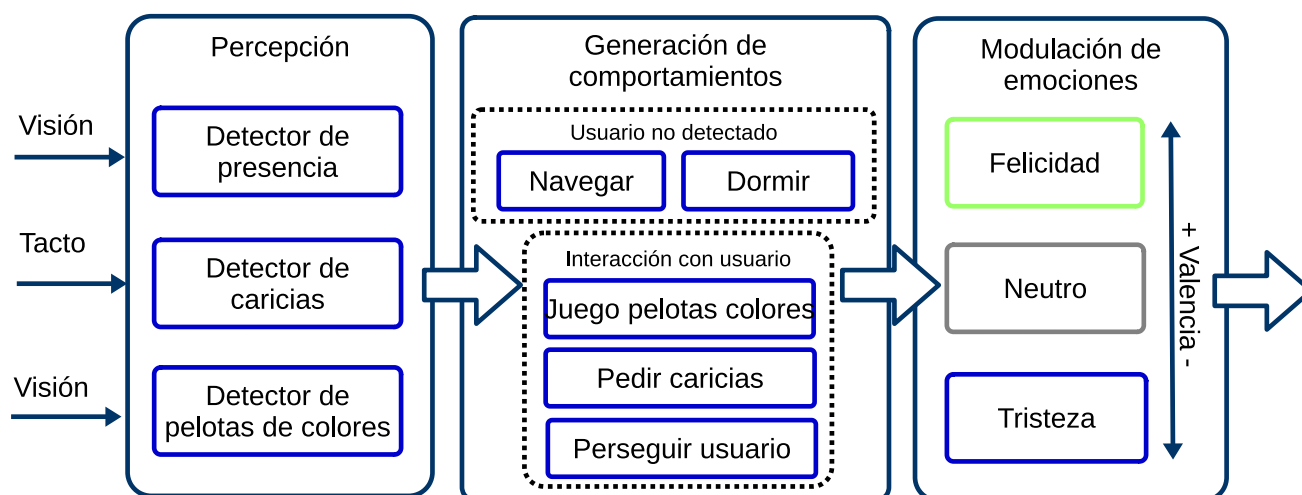


Figura 2: Generación autónoma de comportamientos multi-modales de compañía y entretenimiento integrados en el robot mascota MiRo.

comportamientos destinados a aportar compañía y entretenimiento sólo se ejecutan si se detecta a un usuario. Este detector también se utiliza para el juego de perseguir al usuario.

- **Detección de caricias:** Utilizando la información de los sensores capacitivos de tacto, se ha realizado un detector para distinguir entre contactos corta y larga duración. De esta forma, el robot es capaz de interpretar los contactos de larga duración como una caricia.
- **Detección de pelotas de colores:** Para realizar los juegos de interacción multi-modal que se describen a continuación, se implementó un detector de pelotas utilizando la librería OpenCV. Este detecto utiliza las cámaras de los ojos del robot para filtrar por forma (circular) y color (azul, verde, rojo y amarillo) pelotas que se utilizan para realizar uno de los juegos de entretenimiento de los que dispone el robot.

3.2. Interacción multi-modal: comportamientos de compañía y entretenimiento

La interacción humano-robot multi-modal consiste en permitir al usuario interactuar con el robot utilizando diferentes métodos como pueden ser la voz, el tacto, o gestos (Azofeifa et al., 2022). En este trabajo, se implementan dos tipos de comportamiento en el robot MiRo que tienen distintos objetivos. Por un lado, existen los comportamientos *navegar* y *dormir* que sirven para buscar al usuario en el área de interacción y evitar una interacción continua (véase figura 1).

- **Navegar:** El robot se mueve por el entorno buscando a un usuario que esté dispuesto a interactuar con él.
- **Dormir:** El robot simula que está descansando y duerme para no cansar al usuario con una interacción continua.

Por otro lado, el robot dispone de tres comportamientos de interacción multi-modal (cognitivo, afectivo y motriz) para aportar compañía y entretenimiento al usuario tomando como inspiración los que muestran algunos animales de compañía. Estos comportamientos se activan ocasionalmente, evitando así

fatigar al usuario con una interacción continua. La activación de estos comportamientos va ligada a tres variables que evolucionan temporalmente y que permiten la activación de estos comportamientos. Para evitar que se repitan, se van alternando utilizando sus respectivas variables. Cuando un comportamiento se ejecuta, su variable vuelve a cero. Cuando no se está ejecutando, el valor de su variable aumenta con el tiempo (0.1 unidades por segundo). Cuando un comportamiento termina, se selecciona aquel cuya variable tenga el valor más alto. Las actividades de entretenimiento sólo se ejecutan si se percibe al usuario. Si no se percibe al usuario, el robot alterna navegar y dormir durante periodos de 30 segundos. Los comportamientos implementados son:

- **Juego de las pelotas de colores (cognitivo):** Este juego consiste en que el robot ilumine su carcasa en un color seleccionado aleatoriamente entre azul, amarillo, verde y rojo y el usuario teniendo que mostrarle una pelota del mismo color. Cada ronda de juego consiste en un total de 3 interacciones.
- **Pedir caricias al usuario (afecto físico):** Este ejercicio consiste en el robot pidiendo al usuario que le acaricie en el cuerpo o la cabeza emulando como hacen algunos animales. De esta forma, se fomenta el contacto físico entre ambos.
- **Perseguir al usuario (motriz):** Este comportamiento consiste en el robot buscando y persiguiendo al usuario durante un tiempo de 20 segundos.

3.3. Comportamiento afectivo

Los comportamientos descritos anteriormente se complementan con la variación de los mismos dependiendo de la emoción dominante que muestre el robot. En este trabajo se tienen en cuenta tres estados emocionales: neutro, feliz y triste. La activación de estas emociones va ligada a la calidad de la interacción entre el robot y el usuario. De esta forma, si el usuario participa en las actividades del robot y satisface sus peticiones su estado emocional mejorará, tendiendo a mostrar felicidad. Por el contrario, si la interacción no es buena, el robot mostrará tristeza como emoción dominante. Por último, la emoción de

neutralidad se activará cuando la interacción varíe entre positiva y negativa.

Tomando como referencia una versión simple del modelo de Russell (1980), las emociones se sitúan sobre un eje de valencia de 0 a 100 puntos distribuidas de forma equitativa. De esta forma, la tristeza se sitúa en valores de 0 a 33, la neutralidad de 34 a 66 y la felicidad de 67 a 100. Inicialmente, el valor de valencia se sitúa en 50 puntos. Cada interacción positiva (el usuario acierta jugando al juego de las pelotas o acaricia al robot cuando se lo pide) añade +1 a la valencia y cada interacción negativa (el usuario no participa en la interacción o falla en el juego) resta -1. Además, si la interacción no sucede durante un periodo prolongado de tiempo, la valencia se sitúa en el valor neutro de 50.

Tabla 1: Activación de los motores y actuadores luminosos para cada uno de los comportamientos que puede ejecutar el robot.

Comportamiento	Motores	Luz carcasa
Navegar	Activación de ruedas	–
Dormir	Cabeza abajo Párpados cerrados	–
Juego pelotas color	Movimientos aleatorios	Luz verde acierto Luz roja fallo
Requerir afecto	Movimientos cabeza y cuello	–
Perseguir usuario	Activación ruedas Movimiento de cabeza	–

Tabla 2: Influencia de las emociones sobre los actuadores del robot.

Emoción	Motores	Luz carcasa
Felicidad	Cabeza alta Movimientos fluidos y rápidos Párpados abiertos	Verde
Neutro	Ninguno	Ninguno
Tristeza	Cabeza baja Movimientos lentos Párpados caídos	Azul

3.4. Expresividad

La expresividad del comportamiento seleccionado depende de dos factores. Por un lado, la representación del propio comportamiento relacionada con la función que realiza (por ejemplo, activar las ruedas para navegar). Por otro lado, la modulación que realiza la emoción dominante del robot en cada momento. La tabla 1 muestra qué motores y actuadores luminosos se activan para cada uno de los comportamientos del robot. En cuanto a la modulación de las emociones, la tabla 2 muestra los cambios de las emociones sobre los comportamientos base. En este caso, los valores de las emociones tienen prioridad sobre los de cada comportamiento en caso de que algún actuador se solape en ambas expresiones.

4. Trabajos futuros

Los trabajos futuros derivados de esta línea de investigación tienen como objetivo evaluar la percepción de los usuarios hacia los comportamientos del robot. En concreto, es necesario evaluar si la metodología propuesta es aceptada por los usuarios y si encuentran apropiado los mecanismos de interacción multi-modal implementados.

Por otro lado, resultaría interesante medir otros elementos resultantes de la interacción human-robot como los hábitos y vínculos creados entre el robot y sus usuarios, si descuidan el cuidado del robot al tratarse de una máquina, el grado de enganche que genera usar un robot mascota en ambientes domésticos o si terminan cansándose de las actividades y ejercicios propuestos por el robot y terminan abandonándolo como sucede con muchos dispositivos electrónicos.

Estos resultados proporcionarían una buena aproximación del potencial real de robots mascota para sustituir a animales reales. Además, la validación de los estudios anterior permitirían profundizar en la evaluación terapéutica de los robots mascota para comprobar si, como ocurre con los animales (Sissons et al., 2022), el uso de robots con apariencia animal favorece en el tratamiento de enfermedades como la demencia o el autismo.

5. Conclusión

Este trabajo presenta estrategias de generación de comportamiento para robots mascota orientados a proporcionar entretenimiento y compañía a sus usuarios. En concreto, el artículo presenta cómo mejorar el carácter social y emocional del robot mascota MiRo utilizando interacción humano-robot multi-modal, lo que pretende facilitar el uso del robot y el enganche generado en sus usuarios.

La línea de investigación propuesta tiene como objetivo desarrollar robots que sean útiles para la sociedad en campos como la compañía y el entretenimiento. Como se menciona en los trabajos futuros, un aspecto clave de la robótica social es evaluar la percepción de los usuarios del robot hacia los comportamientos que éste exhibe, con el objetivo de crear robots que cumplan las expectativas y necesidades de sus usuarios.

Agradecimientos

La investigación descrita en este artículo fue realizada en el laboratorio de investigación Embodied Emotion, Cognition and (Inter)Action (EECAIA) Lab de la University of Hertfordshire, Reino Unido, donde el primer autor realizó una estancia de investigación. La estancia de investigación fue realizada gracias al programa “Ayudas para la Movilidad del Programa Propio de Investigación” financiado por la Universidad Carlos III de Madrid. Este trabajo ha recibido financiación de los proyectos: «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» (SoRoGap), 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 MCI-N/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next-GenerationEU/PRTR.

Referencias

- Adusumalli, H., Kalyani, D., Sri, R. K., Pratapteja, M., Rao, P. P., 2021. Face mask detection using opencv. In: 2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV). IEEE, pp. 1304–1309.
- Azofeifa, J. D., Noguez, J., Ruiz, S., Molina-Espinosa, J. M., Magana, A. J., Benes, B., 2022. Systematic review of multimodal human–computer interaction. In: Informatics. Vol. 9. MDPI, p. 13.
- Banks, M. R., Willoughby, L. M., Banks, W. A., 2008. Animal-assisted therapy and loneliness in nursing homes: use of robotic versus living dogs. *Journal of the American Medical Directors Association* 9 (3), 173–177.
- Bharatharaj, J., Huang, L., Al-Jumaily, A., 2015. Bio-inspired therapeutic pet robots: Review and future direction. In: 2015 10th international conference on information, communications and signal processing (icics). IEEE, pp. 1–5.
- Collins, E. C., Prescott, T. J., Mitchinson, B., Conran, S., 2015. Miro: a versatile biomimetic edutainment robot. In: Proceedings of the 12th international conference on advances in computer entertainment technology. pp. 1–4.
- Kang, H. S., Makimoto, K., Konno, R., Koh, I. S., 2020. Review of outcome measures in paro robot intervention studies for dementia care. *Geriatric Nursing* 41 (3), 207–214.
- Leng, M., Liu, P., Zhang, P., Hu, M., Zhou, H., Li, G., Yin, H., Chen, L., 2019. Pet robot intervention for people with dementia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychiatry Research* 271, 516–525.
- Maroto-Gómez, M., Alonso-Martín, F., Malfaz, M., Castro-González, Á., Castillo, J. C., Salichs, M. Á., 2023. A systematic literature review of decision-making and control systems for autonomous and social robots. *International Journal of Social Robotics*, 1–45.
- Moerman, C. J., van der Heide, L., Heerink, M., 2019. Social robots to support children’s well-being under medical treatment: A systematic state-of-the-art review. *Journal of Child Health Care* 23 (4), 596–612.
- Russell, J. A., 1980. A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology* 39 (6), 1161.
- Schellin, H., Oberley, T., Patterson, K., Kim, B., Haring, K. S., Tossell, C. C., Phillips, E., de Visser, E. J., 2020. Man’s new best friend? strengthening human-robot dog bonding by enhancing the doglikeness of sony’s aibo. In: 2020 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS). IEEE, pp. 1–6.
- Sissons, J. H., Blakemore, E., Shafi, H., Skotny, N., Lloyd, D. M., 2022. Calm with horses? a systematic review of animal-assisted interventions for improving social functioning in children with autism. *Autism* 26 (6), 1320–1340.