

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE UN ROBOT MÓVIL COMO MASCOTA ROBÓTICA DE ENTRETENIMIENTO PARA PERSONAS CON DEPENDENCIAS

R. PÉRULA MARTÍNEZ^{1e}, A. AL-KAFF² y J.M. GARCÍA HARO³

^{1,2,3}IEEE Student Member, Asociación de Robótica, Universidad Carlos III de Madrid,

¹raul.perula@uc3m.es; ²jgarciah@ing.uc3m.es; ³akaff@ing.uc3m.es.

Resumen – En esta publicación se intenta ver la importancia que tiene la relación persona-robot y de como una mascota robótica puede incorporarse a la sociedad para ayudar en cualquier tipo de tarea orientada a personas con dependencias. Desde el grupo de Robots Personales de Competición (RPC) dentro de la Asociación de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid se ha desarrollado una mascota robótica mediante la arquitectura ofrecida por el kit de desarrollo robótico Lego Mindstorms, que permitirá interactuar con el ser humano de tal forma que pueda verse al robot no sólo como una simple máquina.

1 Introducción

Las mascotas robóticas son cada vez más comunes entre los robots sociales. Aunque al nombrar mascota robótica se piense en un robot con forma de animal, las mascotas robóticas pueden tener diversos aspectos. Uno de los rasgos más comunes de las mascotas robóticas es que deben poder realizar una interacción persona-robot, siendo esta lo más natural posible y que no tenga ningún comportamiento extraño que pueda dar a confusión o generar una situación de malestar. Es así, que las mascotas robóticas deben realizar funciones bastante concretas para generar dicha interacción y que la persona (usuario) pueda sentirse a gusto interactuando con el robot.

El kit robótico Lego Mindstorms se encuentra ampliamente utilizado en educación tanto en niños que se inician en la robótica como en adultos ya

experimentados, ya que es una plataforma muy adaptable y sencilla en la cual las personas pueden generar o montar sus propios modelos y programarlos para que hagan ciertas tareas de una manera eficaz. Además, el aspecto que tienen sus sensores y actuadores hace que el usuario tenga la sensación que está jugando. Es por eso, que se suele emplear para montar robots que puedan interactuar con personas tanto para entretenimiento como a nivel profesional.

Generalmente, los robots que se suelen montar con este kit se utilizan como robots de entretenimiento o como mascotas robóticas en su significado más amplio. En nuestro caso, hemos intentado hacer una mascota robótica para el seguimiento y acompañamiento de personas con dependencias, para lo cual se ha desarrollado un modelo del robot con forma de vehículo móvil. Además, este se propone junto a un modelo de interacción para personas con dependencias y que puedan jugar, ser avisados de algo o se pueda detectar los estados de ánimo por ejemplo.

Este proyecto se ha realizado dentro del grupo de investigación y desarrollo de Robots Personales de Competición, uno de los grupos de la Asociación de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid. Con este proyecto se pretende tanto dar auge a la asociación como explorar campos que aun no se habían experimentado.

Por último, el contenido de este artículo se dividirá en una justificación del trabajo mostrando los Trabajos previos, la explicación del Diseño con sus diversos apartados, la especificación de las Aplicaciones a las que van dirigidos estas mascotas robóticas de entretenimiento y las Conclusiones y Futuras mejoras que se podrán aplicar en futuros proyectos en este ámbito.

2 Trabajos previos

Los robots aparecieron para hacer las labores de los humanos más sencillas y tenían la función de actuar solo como máquinas que realizaban tareas difíciles que el ser humano no quería o no podía realizar. Hoy día, los robots han evolucionado y el concepto que gira sobre ello también, ya que se pueden encontrar robots en campos tan diversos como la medicina, la milicia, la industria, la exploración espacial y las investigaciones científicas.

Con la ayuda de la fabricación de bajo coste, están llegando una nueva generación de robots muy importantes y que están jugando diversos roles en nuestro día a día.

La investigación y el desarrollo de robots humanoides y sociales es uno de los temas que actualmente se encuentran muy activos.

A continuación se presentan algunos ejemplos de robots sociales, humanoides y mascotas robóticas que están siendo usados para educación, asistencia o simplemente para entretenimiento.

El primer robot en mostrar es ASIMO, el cual es un robot humanoide pionero ya que fue desarrollado por la compañía Honda en el año 2000. Sus características mejoran cada año ya que la compañía invierte bastante en su desarrollo. La última versión de ASIMO es capaz de correr o andar empujando un carro incluso.



Fig. 1. Robot ASIMO.

Otro ejemplo es el llamado *Reborg-Q*, un robot de seguridad. Este robot está equipado con cuatro cámaras, una en cada lado (delante, atrás, derecha e izquierda), y con sensores que pueden detectar fuego y fugas de agua.

Reborg-Q, el cual se muestra en la Fig. 2, puede patrullar automáticamente un camino preapeado a través de un edificio y monitorizar ciertas condiciones por control remoto. Este robot de seguridad se puso en uso en la ciudad de Odaiba (Tokyo) en diciembre de 2006.



Fig. 2. Robot Reborg-Q.

En 2007, el Departamento de Mecano-Infornática de la Universidad de Tokyo propuso el HRP2-JSK, mostrado en la Fig. 3, el cual podía realizar tareas de la casa preprogramadas.



Fig. 3. Robot HRP2-JSK.

También, otro robot llamado *Partner Robot* y desarrollado por Toyota, era capaz de tocar una trompeta además de estar equipado con labios artificiales simulando los de una persona humana.



Fig. 4. Grupo de Robots Compañeros.

PARO fue otro robot desarrollado como mascota para personas con problemas mentales, diseñado para realizar labores beneficiosas terapéuticamente de una mascota reduciendo el estrés y promoviendo la comunicación entre los pacientes. En el año 2000, fue usada en Instituciones de Prevención Médica para niños y ancianos. Hoy día, alrededor de 1000 robots *PARO*, mostrado en la Fig. 5, están proporcionando ayuda terapéutica como sustituto de una mascota en los hogares de muchas personas además de en entornos tales como hospitales donde las mascotas reales no están permitidas.



Fig. 5. Robot PARO.

Otro robot personal desarrollado por la empresa NEC es *PaPeRo*, mostrado en la Fig. 6. Este robot fue diseñado para ser parte de los miembros de una familia en las casas, especialmente para cuidar a niños en centros de cuidados diarios, guarderías y escuelas elementales. Para ello, se tuvo es-

pecial atención sobre cómo debía realizar los gestos y poder mantener comunicaciones con los humanos, siendo capaz de reconocer y procesar voces de hasta 10 personas diferentes.



Fig. 6. Robot PaPeRo.

El sistema robótico *Legó Mindstorms*, el cual se muestra en la Fig. 7, fue proporcionado por la compañía LEGO con la colaboración del Laboratorio de Medios del MIT para ser usado en escuelas como robot educacional con el objetivo de que los estudiantes pudiesen aprender conceptos sobre tecnología, ingeniería, matemáticas y ciencia. Estos se usan como sets de construcción manuales además de ser muy útiles para aprender a programar software a nivel de iniciación. Su kit de robótica programable se suele actualizar regularmente con características para sensores de color avanzados y otras capacidades.



Fig. 7. Sistema robótico LEGO.

En este trabajo hemos tomado las ventajas de cientos de diseños de estructuras robóticas que usaban el sistema LEGO para presentar un robot móvil como mascota robótica.

Nuestro robot estará equipado con varios sensores, entrada/salida de sonido y cámara RGB para poder proporcionar una completa interacción entre las personas y el robot.

3 Diseño

En este proyecto el diseño ha sido uno de los apartados más importantes a desarrollar, ya que un buen diseño del robot hará que el manejo y la interacción con las personas se realicen de manera sencilla. Para que un diseño sea bueno, hay que tener en cuenta que funcionalidades va a tener. En nuestro caso, aunque se detallará en el apartado de Aplicaciones a las que estará destinado, el diseño tenía que estar orientado principalmente a la movilidad. Es decir, tiene que ser un robot móvil de unas dimensiones relativamente medianas y con un aspecto lo más amigable posible. Además, debería de contener todos los sensores necesarios para poder realizar todas las interacciones, junto con la cámara que haga el procesamiento de las imágenes. Teniendo en cuenta todo esto y utilizando como sensor de visualización una *kinect* (cámara RGB-D) o una cámara de un dispositivo móvil como puede ser un smartphone, las dimensiones finales podrán variar.

3.1 Estructura

Uno de los aspectos que hacen al kit de Lego Mindstorms modular es que utiliza piezas genéricas de Lego que se adaptan perfectamente con los sensores y actuadores de la marca. Además, tiene complementos o accesorios como ruedas, engranajes o piezas con varios tipos de encajes que hacen posible montar casi cualquier tipo de estructura imaginable.

Al montar cualquier modelo con el kit de Lego Mindstorms hay que pensar principalmente donde posicionar el brick (controlador principal), el cual se muestra en la Fig. 8. Esto es así, ya que es un elemento bastante grande y debe estar accesible para la activación (puesta en marcha) o para las conexiones con los elementos auxiliares.



Fig. 8. De arriba a abajo. Frontal, planta y perfil de la mascota robótica de entretenimiento realizada con Lego Mindstorms.

Para seleccionar un diseño que se adecuase a nuestras necesidades se ha realizado una búsqueda bastante extensa en páginas y foros relacionados con el montaje y hemos encontrado un modelo bastante ajustado a nuestras necesidades. Este modelo se caracteriza principalmente por tener forma de vehículo de cuatro ruedas, lo que comúnmente se denomina en robótica un robot móvil. Asimismo, contiene un mecanismo de engranajes para poder realizar los giros. Este mecanismo está formado por varios engranajes conectados que hacen que se muevan conjuntamente las ruedas delanteras del robot móvil hacia la derecha o hacia la izquierda.

Aunque en esta versión inicial, Fig. 9, no se muestra montada la cámara kinect o del smartphone aun, ya que no se dispone de ninguna pieza original para poder ajustarla en el diseño original. Se está realizando una pieza mediante prototipado rápido con una impresora 3D para poder adaptar la cámara a la mascota robótica.



Fig. 9. De arriba a abajo. Frontal, planta y perfil de la mascota robótica de entretenimiento realizada con Lego Mindstorms.

Este tipo de estructura se sale de lo comúnmente utilizado en mascotas robóticas, se puede observar que es un diseño muy práctico para que la implementación de las aplicaciones propuestas pueda tener un soporte real adecuado.

Siendo este modelo no definitivo aun, una vez se tengan las aplicaciones desarrolladas se procederá a darle un aspecto más amigable para las personas a las que va principalmente dirigido.

3.2 Sensores

Los sensores son uno de los elementos principales que tendrá el robot para poder realizar sus tareas. Teniendo en cuenta dichas tareas, se ha previsto que la mascota robótica debería de tener al menos los siguientes sensores.

- *Pulsadores*: la funcionalidad principal de este sensor puede ser tanto la activación y desactivación manual del robot como una parada de emergencia o simplemente para que cuando tenga un choque trasero sea capaz de restablecer el movimiento.
- *Sensor luminoso*: este sensor es útil en caso de que se emplee como robot de entretenimiento, pudiendo usar así la funcionalidad de siguelíneas detectando el contraste luminoso entre una zona oscura y otra clara.
- *Micrófono*: este sensor puede llegar a ser muy útil en futuras versiones de la mascota robótica para la interacción con las personas. Podría recoger la voz de la persona y tratarla ofreciendo de esta forma un diálogo en la medida de lo posible. De momento, servirá para recoger alertas acústicas que puedan indicar un cambio de acción de la mascota.
- *Sensor de ultrasonido*: es uno de los sensores más utilizados para la geolocalización y el mapeo de entornos dinámicos. La principal funcionalidad que tendrá es para realizar las tareas de seguimiento, localización y reconocimiento de obstáculos.

En la Fig. 10 se pueden observar los sensores que se han descrito previamente. La ventaja de este tipo de sensores es que tienen un aspecto muy amigable pareciendo de juguete, cosa que hará que la persona que tenga la mascota robótica sienta que es uno más y no una máquina sin sentido. La desventaja que pueden tener es que los conectores no son estándar, con lo que solo son útiles con el kit de Lego Mindstorms.



Fig. 10. De izquierda a derecha y de arriba a abajo. Sensores originales de Lego, pulsador, sensor luminoso, micrófono y sensor de ultrasonidos.

Por último, y teniendo en cuenta que la idea principal de este proyecto es la interacción persona-robot. Se ha contado con la incorporación de un sensor de cámara, siendo esta la opción más idónea para realizar el procesamiento de las interacciones de manera visual. Para esto, se ha seleccionado la posibilidad de usar una cámara RGB-D kinect que ofrece tanto información en 2D como en 3D o una cámara integrada de un smartphone de última generación, aunque con este último se perdería la posibilidad de utilizar información de profundidad. Esto es una gran ventaja ya que podría ayudar al mapeado del entorno o al reconocimiento de los obstáculos. No obstante, los objetivos de este sensor no son solo esos ni mucho menos, sino el procesamiento de las imágenes que obtenga en cada interacción con las personas. Este tipo de sensor hará posible que se puedan realizar reconocimientos de los estados de ánimo de las personas u otras tareas que se pueden encontrar con más detalle en el apartado de Aplicaciones.



Fig. 11. Cámara RGB-D Kinect de Microsoft.

3.3 Actuadores

El principal actuador que tiene esta mascota robótica es un servomotor. Estos servomotores son los originales que traen los kits de Lego Mindstorms y que se pueden observar en la Fig. 12.

Los servomotores incluyen un codificador rotacional el cual retorna al brick NXT la posición del eje. Como los sensores originales, también tiene el tipo de conector especial no estándar, con lo que podría decirse que es una desventaja ya que no se podría, en principio, conectar con otros actuadores que hiciesen una labor similar pero con otras características.

Además de las características anteriores, este tipo de servomotor puede no ser el idóneo para una mascota robótica de estas características, no obstante proporciona el mínimo necesario para poder realizar las tareas del robot móvil perfectamente.

Algunas características extra, importantes para el movimiento del robot son las siguientes:

- Peso: 80g.
- Velocidad de rotación: 170 rpm.
- Carga actual: 60 mA.
- Corriente de torque: 50 N.cm.
- Corriente máxima: 2 A.



Fig. 12. Servomotor original de Lego.

Por último, el otro actuador que se va a tener es el altavoz que trae el brick NXT. Con este altavoz se podrán emitir sonidos que puedan servir como alarma o alerta de alguna de las tareas a realizar.

4 Aplicaciones

Este proyecto se pretende enmarcar dentro de los robots sociales ya que la finalidad principal está relacionada con el acompañamiento, las alertas de estado y después de todo, con la interacción persona-robot. Con lo que, a continuación, se va a dar una visión de las principales aplicaciones a las que se destinará la mascota robótica que se ha desarrollado.

Dentro de las aplicaciones que pretendemos que realice la mascota robótica se encuentra la función de acompañamiento. Esta función tiene como primer objetivo hacer sentir al usuario (acompañante) que no se encuentra solo. Para ello, es necesaria una interacción natural que pueda llegar en forma de alertas o avisos en ciertos momentos, por ejemplo en personas mayores cuando se tienen que tomar alguna medicina, o en niños pequeños cuando tienen que realizar alguna tarea como lavarse los dientes. Otra forma de interacción podrá ser mediante juegos, con lo que además de realizar la función de mascota robótica podrá servir también de robot de entretenimiento, teniendo de este modo una funcionalidad multidisciplinar. Algunos de estos juegos podrán ser, el escondite, jugar a reconocer el sonido de algún animal o buscar un objeto en una habitación.

Para que todas estas interacciones tengan éxito al realizarse, deben basarse en otra serie de aplicaciones, un poco más técnicas, elementales para el desarrollo satisfactorio de las mismas. Estas aplicaciones serán las de seguimiento, reconocimiento o exploración del entorno.

Una de las aplicaciones que se van a desarrollar para la interacción persona-robot, es la detección y reconocimiento de las personas mediante la utilización de la información bidimensional o tridimensional que proporcione la cámara, además de servir para la realización de una navegación autónoma y poder evitar obstáculos por ejemplo.

Mediante una cámara con conexión WIFI de un smartphone de última generación sujeto al robot, se podrá ejecutar alguno de los algoritmos de reconocimiento y detección facial que actualmente existen desarrollados.

La cámara enviará las imágenes de color al teléfono, el cual realizará el procesamiento de la imagen haciendo uso de la librería OpenCV. Estos algoritmos ayudarán al robot a detectar los posibles obstáculos en un entorno no estructurado además de poder detectar y reconocer las caras de las personas.

El procesamiento será realizado en su totalidad dentro del smartphone usando el sistema operativo Android, mientras que va mandando los comandos de movimiento al robot realizando la acción correspondiente en función de la tarea que esté activa en ese momento.

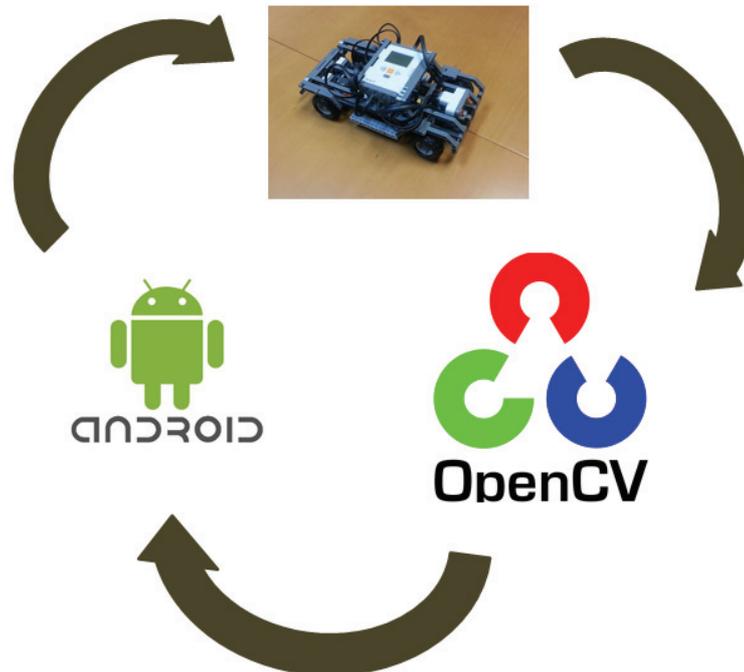


Fig. 13. Esquema del sistema de visión en Lego.

Algunas de las pruebas realizadas hasta el momento se pueden encontrar en la Fig. 14, en la que se puede observar la imagen capturada por la cámara del teléfono móvil y los posibles obstáculos detectados dentro del entorno evaluado.



Fig. 14. Imagen real (arriba), imagen con la detección de obstáculos (abajo).

5 Conclusiones y Futuro trabajo

Como conclusiones finales sobre el diseño de la mascota robótica se tiene que el resultado final proporciona un gran avance a la hora de integrar la robótica en la sociedad como algo común y habitual.

El diseño, aunque algo lejos de lo normal (actualmente con forma de vehículo), está bien integrado, pues permite cumplir todas las funcionalidades que se han propuesto. Se puede decir que los resultados obtenidos en este aspecto son bastante buenos. Esto es debido a que la gran adaptabilidad que tiene la arquitectura Lego Mindstorms proporcione la manera de modificar y reintegrar las distintas partes del robot, ofreciendo la posibilidad de evolucionar hacia mejores versiones.

De hecho, como proyectos futuros se tienen diversas ideas. Una de ellas es transformar esta actual versión del robot en una mascota con un aspecto más amigable como las que se han observado en el apartado de Trabajos previos. Esto es un aspecto importante ya que la aceptación de la robótica en la convivencia con el ser humano debe de intentar ser completa y totalmente natural, de tal forma que se pueda sacar un beneficio común, ayudando en la ejecución de tareas arduas o aprendiendo posibles comportamientos más eficientes.

Por último, volviendo a la característica de la adaptabilidad de la arquitectura Lego Mindstorms. Este rasgo permitirá que tras las oportunas modificaciones del diseño, finalmente se consiga elaborar una programación más sencilla y eficaz de la interacción persona-robot. Esto conllevará diseñar aplicaciones más complejas que a su vez solucionen tareas más difíciles de ejecutar.

Agradecimientos

Este proyecto se está desarrollando gracias a la Asociación de Robótica y a la financiación de la Universidad Carlos III de Madrid que apoya los proyectos de innovación y de robótica.

References

Ferdinando H. et al. 2011. Design and Evaluation of Two-wheeled Balancing Robot Chassis: Case Study for Lego Bricks. *Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*. pp. 514-518.

Costa S. et al. 2011. An approach to promote social and communication behaviors in children with Autism Spectrum Disorders: Robot based intervention. 20th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Atlanta, GA, USA.

Wainer J. et al. 2010. The effectiveness of using a robotics class to foster collaboration among groups of children with autism in an exploratory study. *Pers Ubiquit Comput.* pp. 14:445-455.

Costa S. et al. 2010. Promoting interaction amongst autistic adolescents using robots. 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS. Buenos Aires, Argentina. pp. 3856-3859.

Cioarga R. et al. 2008. Emergent Exploration and Resource Gathering in Collaborative Robotic Environments. ROSE 2008 – IEEE International Workshop on Robotic and Sensors Environments. Ottawa, Canada.