

# Diseño Preliminar de Interfaces de Realidad Aumentada para el Robot Asistencial ASIBOT

F.R. Cañadillas, A. Jardón; J.G. Victores; C. Balaguer  
*RoboticsLab, Universidad Carlos III de Madrid*  
*{ferodrig, ajardon jcgvicto, balaguer}@ing.uc3m.es*

## Resumen

*En este artículo se presenta el diseño preliminar de una interfaz de interacción entre personas con discapacidad física y un robot asistencial. Esta interfaz proporcionará un lienzo en blanco al usuario, de tal forma que mediante futuras iteraciones se proporcionarán las funcionalidades que el usuario determine necesarias para el sistema. Por tanto, este proyecto se basa en el desarrollo de una interfaz humano-robot que proporcione el mayor número de posibilidades a la hora de realizar dicha interacción. Para ello, se ha determinado utilizar un sistema combinando realidad aumentada, reconocimiento y síntesis de voz. Posteriormente, se muestra la arquitectura propuesta para tal interacción, explicando las herramientas utilizadas para el desarrollo. Por último, se describirá un caso de uso del sistema, en el cual se detalla un posible procedimiento para realizar una tarea concreta.*

## Abstract

*This paper presents the preliminary design of an interface for interaction between people with physical disabilities and an assistive robot. This interface will provide a white canvas to the user, such through future iterations the functionalities that the user determines necessary for the system would be added. So, this project is based in the development of a human-robot interface that provides the highest number of choices for this interaction. For this, it has been determined to use a system based in augmented reality. Subsequently, it is showed the architecture propose for such interaction, explaining the tools used for development. Finally, it will be described a use case of the proposed system, in which it will detailed a possible procedure to perform a specific task.*

**Palabras clave:** interacción humano-robot (HRI), robot asistencial, realidad aumentada, HMD, comando de voz.

## 1. Introducción

En la actualidad, campos como la robótica social, la robótica de rehabilitación y la robótica asistencial presentan un continuo avance al incorporar progresivamente las distintas tecnologías necesarias para el desarrollo de estos sistemas. Estos avances se producen tanto por el incremento y mejora de las tecnologías necesarias para estas tareas, como por su racionalización gracias a la realización de

ensayos clínicos (con pacientes) que hacen que estos desarrollos sean adecuados y validados.

Esta proliferación de tecnologías asistenciales como la robótica asistencial, de rehabilitación y social, también responde al aumento de los usuarios de dichas tecnologías. Según el estudio realizado en 2010 de personas mayores y dependientes creado por el IMSERSO (Instituto de Mayores y Servicios Sociales) [1], el porcentaje de personas con más de 65 años en Europa es del 16,6% con una previsión para el año 2049 del 31,9%, lo cual dobla en número de personas mayores respecto de la actualidad. Además, la Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD) [2] realizada en 2008, nos dice que el 30,2% de las personas mayores de 65 años sufren algún tipo de discapacidad.

En esta última encuesta, destaca el porcentaje de personas con discapacidad en España, llegando al 8,9% de la población total. La principal causa de discapacidad en España son los problemas de movilidad, con un porcentaje del 6% de la población española. Del total de personas con algún tipo de discapacidad, el 74% tiene dificultades para realizar las Actividades Básicas de la Vida Diaria (ABVD).

Por tanto, existe una incipiente necesidad de crear y mejorar la aplicación de estas tecnologías, así como sistemas innovadores que ayuden a las personas con discapacidad a realizar sus ABVD. Además, con el paso de los años, el número de personas con discapacidad va aumentando y se prevé que no haya suficientes profesionales para el cuidado y ayuda de estas personas. Por tanto, la utilización de la robótica asistencial para ayudar a personas con discapacidad se plantea actualmente como una alternativa real, aunque todavía queda mucho por hacer para que estos sistemas puedan ayudar autónomamente a dichas personas en sus ABVD.

Este artículo se centra en presentar el diseño preliminar de una interfaz para la interacción entre una persona con discapacidad en la movilidad y un robot asistencial, en concreto, con un robot manipulador anclado a una silla de ruedas, que servirá de base para su posterior desarrollo.

## 2. Estudio de interfaces para robótica asistencial

El desarrollo de interfaces accesibles, sencillas e intuitivas para el control de robots asistenciales es uno de los campos más difíciles e interesantes dentro de la robótica asistencial.

A lo largo de los años, se han utilizado diversos tipos de interfaces para la comunicación robot-usuario en función de las discapacidades del usuario. Desde los dispositivos más básicos, como la utilización de un joystick para controlar la silla de ruedas, la evolución de dichas interfaces se ha incrementado enormemente.

La utilización de un robot manipulador sobre una silla de ruedas complica el manejo del sistema con joystick clásicos. Para este tipo de control, se han realizado varios estudios que proponen el uso de nuevos joystick, como el planteado en [3], en el cual a través de un joystick SpaceNavigator 3D el usuario puede controlar el robot y la silla de forma completa. Existen otro tipo de interface-joystick que pueden utilizarse en esta tarea, como se observa en [4], donde se comparan varias interfaces de control para este tipo de sistemas.

El estudio propuesto en [5], plantea el control de una silla de ruedas mediante la observación del usuario y el entorno, de tal forma que a través de los movimientos del usuario y la posición de los elementos del entorno que lo rodea, el sistema de control de la silla de ruedas determina el camino o tarea a realizar.

Un estudio muy interesante, es el que se plantea en [6], en el cual se propone el control de una silla de ruedas a través de diferentes interfaces, dependiendo de la discapacidad de cada usuario. Se plantean sistemas de reconocimiento de voz, rastreo de los movimientos de la cabeza, electro-oculografía [7] (detección de las señales bioeléctricas de los ojos), control por soplado y joystick para el control de la silla de ruedas.

Las interfaces que más comúnmente se están utilizando en robótica asistencial o social son las basadas en reconocimiento de voz, mediante las cuales, a través de comando de voz una persona puede interactuar con algún robot, permitiendo al humano enviar órdenes y solicitar la información que necesite. El estudio mostrado en [8], nos plantea la interacción mediante comandos de voz entre un robot social y un humano.

Una de las tecnologías más punteras dentro del campo de interacción entre robot asistencial y usuario, es la basada en interfaces de control mediante señales bioeléctricas, que se centran en la detección e identificación de las señales eléctricas del cuerpo. Dentro de este campo, se pueden diferenciar dos tipos de interfaces; las interfaces bioeléctricas invasivas y las no invasivas. Uno de los estudios basado en interfaces bioeléctricas neuronales invasivas, es el propuesto en [9], en el cual a través de unos pequeños sensores colocados en el córtex cerebral de un paciente con tetraplejía, le permite controlar un robot manipulador. Por otro lado, existen estudios de cómo controlar una silla de ruedas a través de las señales bioeléctricas, por ejemplo, el que nos muestran en [10] donde

proponen este control a través de las señales producidas por los músculos de la cara, o el mostrado en [7] donde se realiza a través de las señales producidas por los músculos que rodean el ojo. Estos estudios utilizan sensores superficiales, los cuales son no invasivos y permiten su uso sin cirugía de implantación.

Con el paso de los años, muchas interfaces han recurrido a presentar información gráfica mediante pantallas en diversas configuraciones. Es destacable el estudio que se propone en el diseño descrito en [11], en el cual se plantea la arquitectura de un sistema compuesto por una silla de ruedas con un robot manipulador incorporado, un joystick para el control de éste y una interfaz gráfica en la cual muestra la información de los distintos dispositivos a controlar.

El “cómo” y “qué” información mostrar al usuario a través de interfaces gráficas ha ido evolucionando con el paso de los años y en este momento una de las tecnologías más prometedoras en este campo son los sistemas de realidad aumentada. Estos sistemas se basan en superponer información relevante sobre el mundo real normalmente por pantalla.

Acerca de este tipo de dispositivos, existe un artículo que marca las pautas de cómo deben ser este tipo de sistemas, es el propuesto en [12] que posteriormente se actualizó en [13]. En el primero, se pueden observar los diferentes tipos de sistemas de realidad aumentada en función de su configuración y componentes. En este estudio, se definen los sistemas llamados “Head-Mounted Displays” (HMD), concepto que hace referencia a las pantallas cercanas a los ojos situadas en la cabeza.

A raíz de estas pautas o principios descritos en los artículos anteriormente comentados, han sido muchos los sistemas de interacción basados en dispositivos de realidad aumentada. Por ejemplo, el estudio propuesto en [14], donde se revisa el campo de la interacción humano-robot mediante el uso de realidad aumentada, investigando las posibles vías para la creación de una colaboración humano-robot más natural.

Uno de los campos donde más se está utilizando los sistemas de realidad aumentada, es en el campo de la robótica orientada a aplicaciones médicas. En el artículo [15], plantean el uso de un sistema de realidad aumentada para el control de un robot de apoyo en tareas de cirugía. Otra aplicación interesante dentro de este campo, es la propuesta en [16] donde utilizan realidad aumentada como apoyo para la realización de laparoscopias.

En robótica de rehabilitación también se están realizando estudios basados en realidad aumentada con el fin de ayudar a pacientes con discapacidades en la movilidad. En el artículo [17], utilizan un sistema de realidad aumentada para apoyar las tareas de rehabilitación de la mano posteriores a una afección cerebrovascular.

En lo referido al campo que vamos a tratar en este artículo, el campo de la robótica asistencial, se han

realizados algunos estudios basados en realidad aumentada. Como el propuesto en [18], donde utilizan una configuración de realidad aumentada para el control e interacción entre una silla de ruedas y el usuario de la misma.

Como se ha visto en este estudio de las interfaces para la interacción entre un usuario y un robot asistencial, existe una gran variedad de sistemas válidos para la realización de este paradigma, en función de la discapacidad del usuario o tarea a realizar. En nuestro caso, donde nos centramos en el control de un robot asistencial, se ha determinado que los dispositivos joystick no ofrecen todas las necesidades que puede tener un usuario, ya que no muestran información relevante al usuario. Respecto de las interfaces basadas en señales bioeléctricas, es un tipo de tecnología que todavía se encuentra en estado prematuro y la creación de un sistema basado en esta tecnología puede no reportar resultados a corto plazo. Las interfaces basadas en el soplado del paciente pueden ser interesantes, aunque restringen el número de usuarios que pueden utilizar este sistema para el control de un robot asistencial.

Por tanto, se ha decidido utilizar un sistema basado en realidad aumentada con una configuración HMD, el cual permite mostrar información relevante al usuario y controlar el robot de una forma sencilla e intuitiva. Además, se añadirá un sistema de detección de voz mediante el cual se permitirá al usuario mandar sus órdenes al robot por comandos de voz. A continuación, se describirán los dispositivos implicados en la construcción de dicho sistema.

### 3. Descripción de la interfaz de realidad aumentada utilizada

Estudiando la variedad de sistemas comerciales basados en realidad aumentada, se decidió optar por la utilización del sistema Wrap 920AR [19] del fabricante Vuzix.



**Figura 1: Imagen del sistema Vuzix Wrap 920AR.**

El sistema está basado en las gafas de realidad virtual Wrap 920 de Vuzix, a las cuales se han añadido dos cámaras para una captura estereoscópica. Además el sistema cuenta con un inclinómetro de 6 ejes y con salida de audio de alta calidad. A continuación veremos cada uno de los dispositivos que componen el sistema de una forma más detallada.

Las pantallas internas, también llamadas HMD, proporcionan una visión equivalente a una pantalla de 67 pulgadas a 3 metros de distancia. La resolución de estas pantallas es de 640x480 pixels y su tasa de refresco es de

60Hz. Además, este sistema permite ajustar de 2 a 5 dioptrías del usuario.

Las cámaras estereoscópicas tienen una resolución VGA (640x480) con una tasa de captura de 30 cuadros por segundo. Cada una de estas cámaras se conecta a un PC mediante USB como dispositivos de la cámara de vídeo USB estándar.

El sistema de rastreo de movimiento de la cabeza tiene la capacidad de detectar movimientos en 6 ejes, es decir, permite el seguimiento de los movimientos de guiñada, cabeceo, balanceo, X, Y y Z. Este dispositivo se conecta a un puerto de expansión situado en las gafas, gracias a su pequeño tamaño (30x10x15 mm).

El dispositivo de audio del sistema está compuesto por un par de auriculares extraíbles, los cuales proporcionan un audio estéreo de alta fidelidad y aíslan del ruido ambiental. Los auriculares son reconocidos por el sistema de control como altavoces USB estándar, lo que permite una fácil integración dentro de nuestro sistema.

Por último, el sistema de gafas de realidad aumentada se proporciona con un paquete software para desarrolladores denominado Vuzix SDK, el cual contiene todos los drivers, librerías y ejemplos necesarios para realizar la puesta en marcha del sistema.

Por tanto, el Wrap 920AR es un sistema muy completo y ofrece muchas posibilidades de implementación gracias al gran número de dispositivos con los que cuenta.

### 4. Descripción del robot asistencial ASIBOT

El robot asistencial sobre el que se basa este proyecto es el robot asistencial ASIBOT [20] desarrollado por el grupo de investigación RoboticsLab de la Universidad Carlos III de Madrid.

El robot ASIBOT, el cual podemos observar en la figura 2, es un robot manipulador anclado a una silla de ruedas que tiene como objetivo ayudar a personas con algún tipo de discapacidad física a realizar las tareas cotidianas, que debido a la reducción de las capacidades físicas, les serían difíciles o imposibles de realizar.



**Figura 2: Imagen del robot asistencial ASIBOT.**

Una de las principales características de ASIBOT es que se trata de un robot escalador, es decir, que puede separarse de la silla de ruedas y “escalar” por medio de anclajes con el fin de realizar una tarea específica del modo más eficiente posible.

Para poder realizar estas tareas de escalado y manipulación, el robot asistencial ASIBOT tiene una configuración simétrica de cinco grados de libertad. Como podemos comprobar en este estudio [21], cinco grados de libertad son suficientes para desarrollar estas tareas, si bien el manejo del robot requiere una elevada carga mental y requiere de sistemas de control compartido para asegurar la efectividad en su manejo y que eviten colisiones no deseadas con el entorno o el usuario. Los últimos avances en esta línea se han presentado en [22].

## 5. Implementación del sistema de interacción multimodal

En esta sección se describe la arquitectura del sistema multimodal de interacción basado en realidad aumentada entre el robot asistencial ASIBOT y el usuario del mismo.

Antes de determinar la arquitectura del sistema, se ha de precisar cómo va a ser la interacción entre el robot y el usuario. En este caso, se está considerando que la interacción se realice mediante una entrada de audio como información aportada por el usuario al robot y a través de una salida gráfica por pantalla como salida del robot hacia el usuario. Por tanto, el usuario mandará sus órdenes al robot mediante comandos de voz, y la información del entorno, tareas posibles a realizar o cualquier otro tipo de información, el robot lo mostrará por pantalla al usuario.

Si observamos los dispositivos que contiene el sistema de realidad aumentada Vuzix Wrap 920AR, comprobamos que no tiene entrada de audio o micrófono, de tal forma que, para poder completar el sistema de interacción elegido, se va a utilizar un micrófono externo. En este caso se ha decidido utilizar un micrófono de solapa o corbata el cual se conecta mediante un conector mono Jack.

En la figura 3 podemos observar la arquitectura del sistema de interacción entre el usuario y el robot ASIBOT, donde podemos diferenciar los diferentes dispositivos o sistemas utilizados para esta tarea.

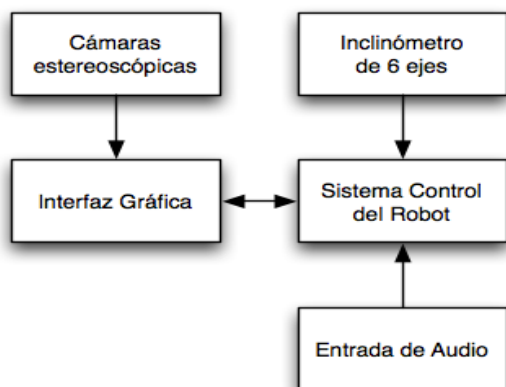


Figura 3: Arquitectura funcional del sistema de interacción basado en realidad aumentada.

Observando la figura 3, se observa que la captura de las cámaras estereoscópicas se envía a la interfaz gráfica para su utilización dentro de la interfaz de realidad aumentada. La interfaz gráfica intercambia información con el controlador principal del robot en función de los cambios que se producen debido a la información de las entradas a dicho controlador, mostrando al usuario la información relevante para la ejecución de la tarea. Estas entradas son principalmente dos; la entrada de audio mediante la cual el usuario manda sus comandos de voz para poder realizar algún tipo de tarea o solicitar información y la entrada del inclinómetro de 6 ejes que envía la información de la posición y la orientación de la cabeza del usuario, que como se verá posteriormente, es necesario a la hora de determinar la posición de un objeto en el campo de visual del usuario.

Esta arquitectura utiliza YARP (Yet Another Robot Platform) [23], en concreto la librería YARP\_OS, para realizar las comunicaciones entre los diferentes dispositivos utilizados en el sistema de interacción. Además, la gestión de los dispositivos de entrada y la captura de las cámaras estereoscópicas se realiza mediante el uso de las librerías; YARP\_DEV la cual nos permite gestionar estos dispositivos de forma sencilla y YARP\_SIG que nos permite procesar las señales tomadas de los dispositivos de entrada.

Para implementar el sistema de detección de comandos de voz, se ha decidido utilizar las librerías de código abierto CMUSphinx [24]. Con el uso de esta librería, el sistema es capaz de detectar e identificar los comandos de voz con los cuales el usuario envía la tarea que quiere realizar. Para ello, se ha creado un diccionario de comandos de voz relevantes para la realización de tareas dentro de este sistema.

Para crear la interfaz gráfica de nuestro sistema que se mostrará a través del HMD, se han utilizado el paquete de librerías OpenGL [25]. Gracias a estas librerías se puede; modelar figuras a partir de las primitivas básicas creando descripciones geométricas de los objetos, situar los objetos en el espacio tridimensional de la escena y seleccionar el punto de vista desde el cual queremos observar, crear texturas a partir de descripciones geométricas. Estas texturas permiten mostrar por pantalla la captura de las cámaras estereoscópicas y mediante la creación de otros objetos geométricos superponer la información relevante a mostrar al usuario.

Por último, como se verá posteriormente, para determinar la tarea que se puede realizar o para determinar la posición e identificación de un objeto en nuestro entorno de trabajo, es necesario un sistema visual de detección de objetos. El sistema que se utilizará en este proyecto es el desarrollado en [26], creado anteriormente por miembros del grupo de investigación. Este sistema utiliza una segmentación por color para el reconocimiento e identificación del objeto a detectar y lo localiza en el espacio mediante una triangulación respecto de la cámara de captura. En este caso, se ha utilizado la captura de las cámaras estereoscópicas para la detección del objeto y por

tanto, para determinar la posición de dicho objeto, de tal forma que se necesitará determinar la posición y orientación de las cámaras de captura, de ahí que se utilice el inclinómetro de 6 ejes en este proyecto.

Una vez descrita la estructura del sistema de interacción basado en realidad aumentada, se explicará un caso de uso en el cual se mostrará como funciona este sistema a la hora de realizar una tarea específica.

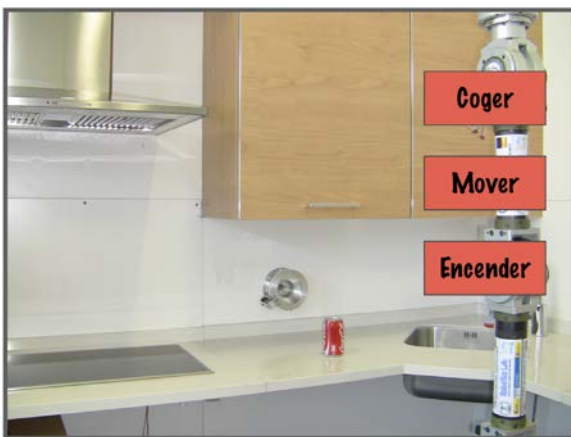
## 6. Sistema de interacción multimodal, descripción de un caso de uso

El sistema de interacción multimodal está basado en una interfaz de tipo asistente o “Wizard”, es decir, en una interfaz guiada paso-a-paso. Estas interfaces también se definen como interfaces “pregunta-respuesta” o “acción-reacción”, en las cuales por cada orden enviada por el usuario, se produce una tarea o ejecución por parte del robot.

A continuación, se verá el funcionamiento de esta interfaz multimodal centrando la explicación en un caso de uso específico, en concreto, en la realización de la tarea de coger una lata de refresco, siendo esta tarea representativa del tipo de interacción precisa en la asistencia de AVDBs.

El sistema comienza con la localización del conjunto silla-robot en la casa (está por determinar cómo se realizará esta localización), ya que las posibles tareas a realizar dependen de donde se esté situado. Es decir, si el usuario se encuentra situado en el salón, podrá realizar otro tipo de tareas (encender TV, poner música) que si te encuentras en la cocina (coger refrescos, cocinar).

Una vez que el sistema ha identificado las posibles tareas a realizar, se mostrarán estas tareas por pantalla a la vez que muestra la captura de vídeo del mundo real (realidad aumentada). En la figura 4, se puede observar cómo visualiza la escena el usuario que porta las gafas de realidad aumentada.



**Figura 4:** Vista de las posibles tareas a realizar mostradas sobre el sistema de realidad aumentada.

En este caso el sistema nos muestra tres posibles acciones a realizar; la primera ofrece la posibilidad de coger algún objeto que se encuentre en la cocina, la segunda posibilita mover un objeto de la cocina y la tercera facilita la posibilidad de encender algo de la cocina, como pueden ser las luces o el horno (esto se podría realizar mediante la comunicación con el sistema domótico KNX-EIB (en proceso de implementación), ya instalado en la cocina demostrador de ASIBOT, situada en el Laboratorio de Robótica Asistencial del Parque Científico –Tecnológico de la UC3m en Leganés.

En este punto, el usuario deberá mandar mediante comando de voz la orden de la tarea que quiere que el robot realice. En este caso el usuario pronunciará el comando de voz “coger”, que como se observa en la figura 4, se corresponde con la etiqueta utilizada en las tareas mostradas por pantalla.

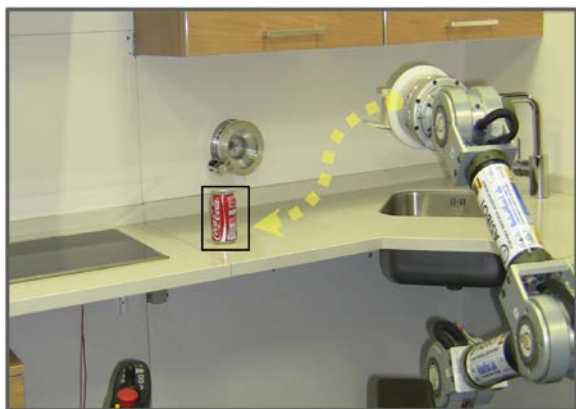
Tras la orden del usuario de coger algún tipo de objeto que se encuentra en la cocina, el sistema detectará, identificará y localizará los objetos que pueden ser agarrados. Estos procesos utilizan las cámaras IP fijas en el entorno y no son objeto de esta publicación. Una vez detectados e identificados los objetos, el sistema nos muestra por pantalla estos objetos encuadrados y numerados, como se muestra en la figura 5.



**Figura 5:** Vista de la interfaz gráfica con la identificación de objetos.

En este punto, el usuario ve por pantalla todos los objetos que el sistema cocina-robot reconoce y por tanto puede coger, en este ejemplo, la lata de refresco. Si hubiese más objetos el sistema los identificaría con una nomenclatura de lista ascendente, es decir, objeto-1, objeto-2, ..., objeto-N.

Posteriormente, el usuario ordenará por comando de voz el objeto que quiere que el robot coja. Tras lo cual, el robot comenzará su movimiento para alcanzar este objeto de forma automática como se observa en la figura 6.



**Figura 6:** Vista de la interfaz gráfica mientras se produce el movimiento del robot manipulador.

Una vez que el robot agarra el objeto elegido, el sistema mostrará por pantalla las nuevas tareas que se pueden realizar con el objeto agarrado, tales como mover a una posición, acercar para beber, vaciar refresco, etc. Estas nuevas tareas se mostrarán de forma similar a lo mostrado en la figura 4.

Con este caso de uso, se ha descrito paso a paso la interacción necesaria entre el usuario y el interfaz robótico en la ejecución de una tarea específica. Este tipo de sistema de interacción ofrece la posibilidad de implementar mecanismos de interacción intuitivos y amigables, al poder representar información relevante sobre los objetos y acciones que el sistema robótico puede realizar en la asistencia al usuario. Este mecanismo básico de interacción puede ser personalizado para una gran variedad de tareas y niveles de asistencia y complementa otras líneas de investigación paralelas que se están desarrollando como esquemas de control compartido, interpretación de la situación, pro-actividad en la asistencia, adaptación mutua, etc., que junto con este tipo de interfaces están orientadas a la mejora de la usabilidad del sistema robótico para la realización autónoma de las ABVD por usuarios con severos problemas de movilidad.

## 7. Perfil de usuario e involucración

Una vez visto el funcionamiento del sistema es conveniente hacer hincapié en el tipo de usuario para el que está pensado este sistema, así como la involucración que tiene dentro del mismo.

Este sistema está diseñado para el apoyo a personas con discapacidades físicas, en concreto para personas con discapacidad motriz en sus extremidades superiores e inferiores. En [27], se muestra un estudio de las diferentes discapacidades motrices en función del nivel de daño en la médula espinal. Siguiendo con la clasificación que se muestra en este artículo, se comprueba que el sistema implementado en este proyecto está diseñado para usuarios con lesiones del tipo C4 hasta C7.

El desarrollo que en este artículo se presenta está orientado a proporcionar a los posibles usuarios de este

sistema un lienzo en blanco donde a través de sus ideas y necesidades, puedan iterar con los desarrolladores hasta conseguir un sistema completo, sencillo y accesible para la interacción usuario-robot.

Como ya se ha comentado anteriormente, el sistema aquí presentado se trata de un diseño preliminar el cual tiene como objetivo dar al usuario un sistema con el mayor número de capacidades para que a través de la iteración usuario-desarrollador, se implemente una interfaz que cubra las necesidades que el usuario estime oportunas.

Dicha iteración usuario-desarrollador, comenzará cuando el máximo de capacidades del sistema que aquí se propone estén implementadas.

## 8. Conclusiones

El comienzo de este artículo se ha centrado en plantear la necesidad de crear sistemas robóticos para facilitar las ABVD a personas con algún tipo de discapacidad. La revisión de los sistemas existentes y la experiencia previa ha permitido detectar las principales carencias y problemas especialmente en la en la implementación de los mecanismos de interacción usuario-robot de estos sistemas.

Mediante el estudio de las interfaces para el control de un robot asistencial, se ha observado los diferentes tipos de interfaces que comúnmente se están utilizando en robótica lo cual ha sido relevante la hora de determinar qué tipo de sistema se desea crear. Gracias a esa comparativa se ha podido desarrollar un diseño preliminar de interfaz que previsiblemente cubrirá las características más importantes para la creación de un sistema de interacción robot-usuario complejo. Estos sistemas, basados en realidad aumentada en dispositivos HMD con entrada de audio y captura estereoscópica, permiten una interacción natural y muestran al usuario información relevante sobre las capacidades del robot de interactuar con el entorno y con el propio usuario.

Posteriormente, se ha propuesto una arquitectura funcional básica, para la implementación del sistema de interacción y se han descrito someramente las herramientas y dispositivos necesarios para la creación de este sistema. Además se ha descrito la herramienta software utilizada para la comunicación de los distintos dispositivos que componen el sistema.

Por último, se han descrito mediante un caso de uso, los pasos que debe realizar un usuario para que el robot asistencial realice una tarea concreta a través de la interfaz propuesta en este artículo. Mediante esta descripción se han comprobado la sencillez y el potencial del sistema de interacción para realizar una tarea, además de la facilidad para mostrar información relevante al usuario del sistema.

## 9. Agradecimientos

Los autores de este artículo quieren agradecer el apoyo al proyecto ARCADIA DPI2010-21047-C02-01, proyecto financiado por el ministerio MINECO del Gobierno de

España y a Robocity2030 S2009/DPI-1559 financiado por la Comunidad de Madrid y los fondos estructurales de la Unión Europea.

## 10. Referencias

- [1] IMSERSO. Observatorio de Personas Mayores. "Informe 2010. Las personas mayores en España". ISBN: 978-84-8446-136-4, vol. 2, 2010.
- [2] Instituto Nacional de Estadística. "Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD)", 2008. Disponible online [Jul, 2013]: <http://www.ine.es/prensa/np524.pdf>
- [3] M.F.Stoelen, A.Jardón, J.G.Víctores, C.Balaguer, F.Bonsignorio. "Information Metrics for Assistive Human-In-The-Loop Cognitive Systems", Workshop on Good Experimental Methodology in Robotics and Replicable Robotics Research, Robotics Science and Systems (RSS). Zaragoza. Spain. Jun, 2010.
- [4] Ramirez, D. & Foulds, R. "Adaptive real-time interfaces for wheelchair-mounted manipulators in unstructured environments", Bioengineering Conference, Proceedings of the 2010 IEEE 36th Annual Northeast, vol.1, no.2, pp. 26-28, 2010.
- [5] Kuno, Y., Nakanishi, S., Murashima, T., Shimada, N., & Shirai, Y. "Intelligent wheelchair based on the integration of human and environment observations". In Information Intelligence and Systems. Proceedings International Conference on IEEE, pp. 342-349, 1999.
- [6] Mazo, M. & Research Group of the SIAMO Project. "An integral system for assisted mobility". Robotics & Automation Magazine, IEEE, 8(1), pp. 46-56, 2001.
- [7] Barea, R., Boquete, L., Mazo, M., & López, E. "System for assisted mobility using eye movements based on electrooculography". Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, 10(4), pp.209-218, 2002.
- [8] Alonso-Martin, F., & Salichs, M. A. "Integration of a voice recognition system in a social robot". Cybernetics and Systems: An International Journal, 42(4), pp. 215-245, 2011.
- [9] Donoghue, J. P., Nurmikko, A., Black, M. and Hochberg, L. R., "Assistive technology and robotic control using motor cortex ensemble-based neural interface systems in humans with tetraplegia", The Journal of Physiology, no. 579, pp. 603-611, 2007.
- [10] Firoozabadi, S. M. P., Oskoei, M. A., & Hu, H. "A Human-Computer Interface based on Forehead Multi-channel Bio-signals to control a virtual wheelchair". In Proceedings of the 14th Iranian Conference on Biomedical Engineering (ICBME), pp. 272-277, 2008.
- [11] Ghorbel M., Haariz M., Grandjean B., Mokhtari M., "Toward a generic human machine interface for assistive robots: the AMOR project", ICORR 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, pp.168-172, 2005.
- [12] Azuma, R.T. "A Survey of Augmented Reality", Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), pp. 355-386, 1997.
- [13] Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. "Recent advances in augmented reality". Computer Graphics and Applications, IEEE, 21(6), pp. 34-47, 2001.
- [14] Green, S.A., Billinghamurst, M., Chen, X., Chase, G.J. "Human-Robot Collaboration: A Literature Review and Augmented Reality Approach in Design". International Journal of Advanced Robotic Systems, 5(1), pp. 1-18, 2008.
- [15] Tang, S. L., Kwoh, C. K., Teo, M. Y., Sing, N. W., Ling, K. V. "Augmented reality systems for medical applications". Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE, 17(3), pp. 49-58, 1998.
- [16] Su, L. M., Vagvolgyi, B. P., Agarwal, R., Reiley, C. E., Taylor, R. H., & Hager, G. D. "Augmented reality during robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy: toward real-time 3D-CT to stereoscopic video registration". Urology, 73(4), pp. 896-900, 2009.
- [17] Luo, X., Kline, T., Fischer, H. C., Stubblefield, K. A., Kenyon, R. V., & Kamper, D. G. "Integration of augmented reality and assistive devices for post-stroke hand opening rehabilitation". In Engineering in Medicine and Biology Society. 27th Annual International Conference of the IEEE, pp. 6855-6858, 2005.
- [18] Braga, R. A., Petry, M., Moreira, A. P., & Reis, L. P. "A Development Platform for Intelligent Wheelchairs for Disabled People". In International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, pp. 115-121, 2008.
- [19] Wrap 920 Augmented Reality, Vuzix, 2013 Disponible online [Jul, 2013]: [http://www.vuzix.com/consumer/products\\_wrap920ar.html](http://www.vuzix.com/consumer/products_wrap920ar.html)
- [20] A.Jardón. "Assistive robot design methodology. Application to portable robot ASIBOT". Doctoral Thesis. Supervisors: C.Balaguer; A.Giménez. Sobresaliente "Cum Laudem", 2006.
- [21] A.Jardón; M.F.Stoelen; F.Bonsignorio; C.Balaguer. "Task-Oriented Kinematic Design of a Symmetric Assistive Climbing Robot". Short paper, IEEE Transactions on Robotics. Vol. 27. No. 6. pp.1132-1137, 2011.
- [22] M.F.Stoelen; V.Fernández; A.Jardón; F.Bonsignorio; C.Balaguer. "Benchmarking Shared Control for Assistive Manipulators: From Controllability to the Speed-Accuracy Trade-Off". IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Vilamoura. Portugal. Oct, 2012
- [23] YARP, "Yet Another Robot Platform", 2013. Disponible online [Jul, 2013] <http://eris.liralab.it/yarp/>
- [24] CMUSphinx, Open Source Toolkit For Speech Recognition. Project by Carnegie Mellon University, 2013 Disponible online [Jul, 2013]: <http://cmusphinx.sourceforge.net>
- [25] OpenGL, The Industry's Foundation for High Performance Graphics, 2013. Disponible online [Jul, 2013]: <http://www.opengl.org>
- [26] J.G.Víctores; A.Jardón; M.F.Stoelen; S.Martínez; C.Balaguer. "ASIBOT Assistive Robot with Vision in a Domestic Environment". Robocity2030 7th Workshop. Móstoles. Visión en Robótica. ISBN: 84-693-6777-3. Universidad Rey Juan Carlos. pp.61-74, 2010.
- [27] A. Jardón; A. M. Gil; A. I. De la Peña; C. A. Monje; C. Balaguer. "Usability assessment of ASIBOT: a portable robot to aid patients with spinal cord injury". Disability & Rehabilitation: Assistive Technology, vol 6(4), pp. 320-330, 2010.