

ROBÓTICA Y PERSONAS CON DISCAPACIDAD

El presente artículo fue originalmente publicado en el número de noviembre-diciembre de Robótica, Revista de la Asociación de Técnicos de Informática. Su autora, profesora del Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática de la Universitat Politècnica de Catalunya, analiza los avances producidos en los últimos años en el campo de la robótica aplicada a las necesidades de las personas con discapacidad y presenta las características de algunos de los modelos creados, que permiten comer, manipular objetos o desplazarse de forma autónoma a personas que, debido a su discapacidad, no podían hacerlo hasta ahora.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances experimentados en robótica desde sus inicios han permitido ampliar sus campos de aplicación respecto a los de su interés inicial, centrado principalmente en aplicaciones industriales. El robot, construido con el objetivo de efectuar tareas realizadas anteriormente de forma manual, y con una estructura a menudo en forma de brazo, constituye hoy en día una nueva ayuda técnica para personas discapacitadas.

Al confluir en la robótica diferentes campos de la tecnología como la electrónica, la informática, la mecánica y el control, se puede dar soporte a muy diversos problemas de disminución física. Fijémosnos en la analogía persona-robot desde el punto de vista funcional, analizando las diferentes partes constituyentes de una persona y un robot: cerebro-computador;

cuerpo-estructura mecánica; músculos-motores; sentidos-sensores y sistemas de percepción. Así pues, ya sea de forma global, utilizando un sistema robótico completo, o bien disponiendo únicamente de simples mecanismos, dispositivos automáticos o teleoperados y equipos informáticos, se pueden diseñar y construir sistemas de ayuda.

Las primeras aplicaciones de la robótica en el campo de la discapacidad datan ya de los años 70, con la construcción de elementos protésicos y ortéticos (brazos, piernas y manos)¹². En estos dispositivos el control está basado en las propias señales mioeléctricas del usuario, o en elementos auxiliares adaptados a las capacidades remanentes de interacción del mismo usuario con el sistema. El robot encuentra también su aplicación como herramienta de ayuda, utilizado como un soporte externo, un asistente, bajo el control del propio usuario^{3,4 5}. En esta línea

¹ L. Kato et al. *Information Power Machine with senses and limbs*. 1st. CISM-IFTToMM Symposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators, 1974.

² Y. Okada y L. Kato. *Intention Control of the Mechanical Arm Prothesis*. 3rd. CISM-IFTToMM Symposium on Theory and Practice of Robots and Manipulators, 1978.

³ R. D. Jackson. *Robotics and its role in Helping Disabled People*. *Engineering Science and Educational Journal*, 1993.

⁴ L. Perkash et al. *Clinical Evaluation of a Vocational Desktop Robotic Aid for Severely Disabled Individuals*. Rehabilitation Research and Development. Dep. of Veterans Affairs, 1990.

⁵ A. Casais. *Assistant Robots for Daily Living*. 1st. European Conference on Medical Robotics, Barcelona, 1994.

existen ya diversas soluciones: ya sea disponer de un robot fijo, un robot adaptable a la silla de ruedas o un robot sobre una base móvil para desplazarse en su entorno, doméstico o de trabajo. Las operaciones a realizar cotidianamente son muchas y muy diferentes, algunas de ellas son además demasiado complejas para ser programadas en los robots industriales actuales. Así pues, hoy en día no podemos pensar en disponer de un robot doméstico capaz de ayudar a una persona severamente discapacitada a efectuar todas estas funciones. Sin embargo, sí es posible utilizar robots orientados a efectuar un limitado número de funciones básicas tales como apartar y acercar objetos, ayudar a beber o comer, ayudar al usuario en su higiene personal, a pasar hojas de un libro... En cambio, otras acciones para el control del entorno, ya resueltas actualmente, como levantar y bajar persianas, conectar-desconectar la radio, TV... son efectuadas más eficientemente mediante dispositivos específicos que van siendo cada vez más utilizados. En esta línea, la casa inteligente, creada inicialmente para aumentar la comodidad a familias acomodadas, constituye ya una potencial y gran ayuda a personas mayores y personas con distintos niveles de discapacidad.

La seguridad es un factor esencial. Mientras en el entorno industrial el robot está normalmente aislado del entorno de operación humana, el robot asistencial debe en general operar cerca del usuario, e incluso en contacto con él (por ejemplo en operaciones de rascar, secar el sudor ...). Para ello será preciso disponer de dispositivos de seguridad, como sensores para la detección de proximidad o contacto, que permitan controlar el robot en consecuencia, o utilizando estructuras blandas para construir el robot, y por tanto intrínsecamente seguras.

Las primeras realizaciones prácticas en robótica asistencial se basaron en la utilización de robots industriales con adaptaciones para este tipo de aplicación y principalmente para garantizar la seguridad del usuario. Las necesidades específicas en el campo asistencial han llevado sin embargo a la realización de robots con estructuras específicamente diseñadas para las aplicaciones concretas para las que han sido concebidas.

2. ELEMENTOS PROSTÉTICOS Y ORTÉTICOS

La tecnología robótica es en gran parte trasposable al campo de la rehabilita-

ción de forma relativamente simple, concretamente para construir elementos prostéticos y ortéticos.

Un primer problema a resolver será el determinar como controlar dichos dispositivos mecánicos. Una forma de hacerlo es utilizar las propias señales mioeléctricas del usuario, las que genera el cerebro para activar los músculos. Cuando la discapacidad se debe a que el cerebro no transmite dichas señales, debe recurrirse a otras formas de control, aprovechando la capacidad del usuario más adecuada según su movilidad remanente y habilidades personales. Aunque la historia de estos dispositivos cuenta ya con unos 30 años', su evolución no ha sido la que inicialmente podía preverse. Hay diversas razones que justifican este estancamiento. Por una parte la funcionalidad conseguible respecto al uso de brazos y manos sanos, debido no tan solo a las limitaciones mecánicas o de estrategias de control, sino también a las posibilidades del usuario de transmitir las órdenes adecuadas para producir los movimientos deseados. Por otra parte está la estética, normalmente en cierta contraposición a la efectividad funcional. El ruido producido por los motores que activan sus diferentes elementos articulados constituye un nuevo problema que puede limitar su uso en determinados entornos, o simplemente resultar excesivamente molesto para su uso normal. Finalmente hay que mencionar la necesidad de disponer de fuentes de energía para alimentar los motores, lo que implica, para conseguir cierta autonomía, la utilización de baterías que deberá transportar el propio usuario en el entorno en que se mueva. Todo ello ha motivado, en la búsqueda de un compromiso entre efectividad, estética y condiciones de operación, que se desarrollen soluciones de prótesis con prestaciones limitadas, pero manteniendo un mínimo de condiciones de estética y aporte de operatividad.

3. ROBOTS ASISTENCIALES

Las necesidades de los usuarios y la imposibilidad de construir un robot que sustituya totalmente la mayoría de limitaciones físicas del usuario, ha llevado a desarrollar distintos tipos de sistemas robotizados diseñados según su finalidad concreta. Así pues, existen robots de diferentes tipos:

— Robots especializados en una aplicación concreta, como dar de comer.

- Robots montados sobre sillas de ruedas.
- Robots de base fija, instalados junto al usuario.
- Robots con base móvil.

3.1. Robots orientados a una aplicación

Quizás el robot más significativo de esta clase es *Handy*, un brazo articulado montado sobre un soporte tipo mesa, diseñado específicamente para dar de comer al usuario. El sistema se diseñó y construyó en la universidad de Keele, en Inglaterra. Consiste en un brazo robot muy sencillo que dispone de una cuchara como elemento terminal o mano, el soporte para colocar la bandeja de comida y el soporte del vaso, que también se activa para acercarse a la boca del usuario. El control se basa en accionar al robot para que acerque, en el momento deseado, la cuchara al usuario, después de llenarla en la bandeja, a una posición próxima a la boca y previamente programada. Los intervalos de actuación son controlables por el usuario mediante un interfaz que puede ser específico según su movilidad residual. Otra orden de accionamiento desplaza el vaso hacia la boca y lo inclina para que el usuario pueda beber.

Handy es un producto comercial que ha demostrado su operatividad para esta aplicación. El objetivo en este caso no es evitar la necesidad de disponer de una persona que asista al discapacitado, sino que una vez servida la comida y bebida, el usuario pueda comer y beber a su ritmo, autónomamente. Esta solución permite, por una parte, satisfacer al usuario al poder comer por sí solo y, por otra, evitar la fatiga y engorro que supone la asistencia continuada, que requiere una fuerte compenetración entre asistente y discapacitado, y que puede crear tensiones entre ellos.

3.2. Robots montados sobre sillas de ruedas

La posibilidad de montar el robot sobre la propia silla de ruedas confiere al usuario la capacidad de manipular los objetos de su entorno, además de desplazarse libremente en él. Como robot de este tipo, *Manus*⁶ ha conseguido un cierto lide-

⁶ J.C. Rosier. *Wheelchair Mounted Manipulators*. 1st. European Conference on Medical Robotics, Barcelona, 1994.

razgo en Europa. Construido en el centro de investigación TNO de Holanda, este robot ha sido diseñado para poder manipular los objetos dentro de su área de trabajo, controlado por un dispositivo de entrada, normalmente un joystick, accionado por el usuario mediante los limitados movimientos residuales de su mano. El *joystick*, junto a un pequeño teclado de selección de opciones, es el dispositivo utilizado también para el guiado de la silla.

Los requisitos de diseño mecánico son, por una parte, su compactibilidad (el robot es plegable para no dificultar la movilidad del usuario mientras no lo usa) y, por otra, su alcance. Su estructura con la base cilíndrica y telescópica le permita alcanzar objetos del suelo, además de realizar diferentes tipos de manipulación en su entorno. *Manus* es también un producto comercial y entre sus usuarios se ha demostrado su utilidad tanto para operar en un entorno laboral como doméstico para el cuidado personal.

Inventaid es otro prototipo de robot montado en la silla y activado neumáticamente. Está concebido para manipular objetos y durante el desplazamiento del usuario con su silla realizar otras operaciones como abrir puertas.

3.3. Robots fijos instalados junto al usuario

Un ejemplo de robot de este tipo lo constituye *Tou*⁷, un robot construido por nuestro grupo de investigación en robótica, en la Universidad Politécnica de Cataluña. Este robot destinado a ayudar a personas con niveles severos de discapacidad, tetraplejia, tiene una restricción básica de diseño; tener una estructura blanda para ser intrínsecamente seguro incluso en caso de colisión, con el fin de poder operar junto al usuario o en contacto directo con él.

Tou se ha construido con elementos modulares de espuma y por tanto totalmente blando. El movimiento deseado del brazo se consigue controlando el grado de deformación de cada uno de estos elementos mediante cables accionados por los motores situados en la base del robot. A fin de que pueda ser operado por usuarios con distintas posibilidades de control,

⁷ Tou, *An Assistant Arm: Design, Control and Performance*. 6th Int. Conference on Advanced Robotics, Tokio, 1993.

se ha previsto pueda adaptarse a distintos tipos de interfaz, tales como órdenes orales, *joystick* o teclados específicos que no requieran precisión ni destreza en su utilización.

La experimentación del robot, tanto en el laboratorio como en su utilización con usuarios con severa discapacidad en el centro asistencial, ha demostrado su utilidad como herramienta que permite conseguir cierta autonomía con ordenes de movimientos muy sencillas. Para facilitar su uso se ha previsto también la posibilidad de preprogramar operaciones repetitivas, de forma que puedan repetirse con un simple comando y por tanto sin necesidad de guiar explícitamente el robot.

También se ha desarrollado un sistema de visión por computador que permite localizar los posibles objetos de interés en el entorno de operación, para evitar también al usuario la necesidad de guiar el robot paso a paso hasta el objeto deseado.

3.4. Robots sobre guías o sobre base móvil

Con el objetivo de aumentar el campo de actuación del robot sin aumentar sus dimensiones, pueden utilizarse guías para desplazarlo en un determinado entorno. En esta línea puede mencionarse el sistema *Raid*⁸, una estación de trabajo basada en un computador y que cuenta con el soporte de un robot para acercar objetos al usuario o realizar operaciones como archivar documentos, pasar hojas de un libro, cargar un disquette en el computador... El robot se desplaza sobre unas guías vertical y horizontal para alcanzar todos los puntos de interés. El sistema es controlado por el usuario a través de un *joystick*, que además es utilizado para operar con el computador y para guiar la silla de ruedas. A través de un menú en pantalla, el usuario puede controlar un gran número de elementos y efectuar

muy distintas operaciones en la estación de trabajo. Este sistema es el resultado de otras experiencias previas como el robot *Master* francés, que es fijo y que forma también parte de una estación de trabajo, y del RTX, robot inglés, que se ha adaptado para otras aplicaciones asistenciales y que con nuevas modificaciones forma parte del propio sistema *Raid*.

Con la misma finalidad, en la *Veterans Administration Medical Center*, juntamente con la Universidad de Stanford se construyó *Devar*, cuyo primer prototipo data ya de 1986. A un nivel todavía de investigación se encuentran los robots que instalados sobre una base móvil pueden desplazarse de forma autónoma en un entorno como el doméstico, pudiendo así transportar objetos de una habitación a otra. El campo de aplicación de estos robots es por tanto mucho mayor, sin embargo la todavía baja fiabilidad de dichos sistemas y su elevado coste los hacen por el momento no utilizables. Un proyecto relevante en esta dirección es *Movaid*⁹, proyecto que también aglutina varios grupos de trabajo europeos expertos en distintas áreas de la tecnología y discapacidad. Otro ejemplo es el robot *Movar*, versión sobre base móvil de *Devar*.

4. CONCLUSIONES

En campos muy diversos de aplicación se han desarrollado un gran número de ayudas técnicas. Entre ellas, el acceso a la informática y concretamente la necesidad de disponer de dispositivos específicos de interfaz con el computador como medio de comunicación, trabajo, estudio, aprendizaje, ocio... ha dado lugar a la construcción de muy diversos productos. La robótica constituye un paso más en el desarrollo de ayudas técnicas que añade la posibilidad de manipular objetos e interactuar directamente con el entorno.

ALICIA CASALS

⁸ R. Cainmoun et al. *Robotised Workstations for Handicapped People*. 1st. European Conference on Medical Robotics, Barcelona, 1994

⁹ E. Gugilelmelli et al. *Robots for the Assistance to Disabled Persons at Home and in Hospitals*. IARP Int. Workshop on Medical Robots, Viena, 1996.