

Robots Sociales para la Mejora de la Calidad de Vida de las Personas Dependientes

P. Núñez¹, P. Bustos¹, E. Jaramillo², Pilar Bachiller¹, Ismael García- Varea³

¹Universidad de Extremadura: Cáceres, España, Tel.: +34-927 257 259, Fax: 927257187 pnuntru@unex.es, pbustos@unex.es, pilarb@unex.es

²Unidad de Geriatría. Complejo Hospitalario de Cáceres, Cáceres, España, Tel: +34-927 256 800 enrique.jaramillo@ses.juntaextremadura.net

³Universidad de Castilla-La Mancha: Avda. De España s/n, 02071 Albacete, España. Tel.: +34967599200, Fax: +34967599224, ismael.garcia@uclm.es

Resumen.

La robótica social está experimentando un gran auge en las últimas décadas. Estos robots permiten interactuar con el ser humano o con otros robots siguiendo pautas y comportamientos sociales. Los escenarios de uso de los robots sociales van desde la robótica del hogar hasta la asistencia en museos, vigilancia, seguridad o incluso, en la rehabilitación y ayuda a las personas dependientes. Éste último es el marco de desarrollo del presente trabajo. En este artículo presentamos un robot social desarrollado para interactuar con pacientes con la enfermedad del Parkinson. El diseño del hardware y del software es descrito con detalle, acercando la parte de ingeniería a las aplicaciones reales para las cuales va a ser utilizado. En la descripción de los mecanismos de interacción que formarán parte del robot se han tenido en cuenta los trabajos realizados por la Unidad de Geriatría del Complejo Hospitalario de Cáceres y su Hospital de día.

Palabras clave: robótica social, discapacidad, interacción multimodal hombre-robot

1. Introducción

En los últimos años la robótica ha experimentado un interés creciente en áreas tan dispares como la industria, la minería, la agricultura o el hogar. Con el desarrollo de la robótica y la experiencia investigadora acumulada en el ámbito, han aparecido nuevos retos tecnológicos encaminados a acercar las nuevas tecnologías a los distintos escenarios de la vida cotidiana. En este sentido, la robótica actual está centrando su interés en el desarrollo de los robots sociales, robots que disponen de mecanismos de interacción con el ser humano siguiendo normas y pautas sociales. La sociedad actual está aumentando el uso de los robots sociales en diferentes aplicaciones reales, entre ellas, la asistencia en museos o centros de convenciones [1, 2], vigilancia y seguridad [3], rehabilitación y ayuda a las personas dependientes [4, 5], etc.

Los mecanismos de interacción entre el ser humano y los robots, normalmente conocidos como HRI (de las siglas en inglés, Human Robot Interaction), implican un nuevo paradigma de trabajo en el campo de la robótica, dando lugar a nuevas tecnologías, estrategias y métodos encaminados a permitir una comunicación entre la máquina y las personas atendiendo a normas sociales. En este sentido, los diferentes grupos de investigación que actualmente centran su atención en el trabajo con este tipo de robots han diseñado diferentes plataformas robóticas que desarrollan estos mecanismos de una forma u otra. Mucho de estos trabajos destacan la importancia del diseño de estrategias HRI que sean adaptables a un entorno diseñado para la actividad humana, y que sean capaces de aportar una realimentación o *feedback* al otro interlocutor. Por ello, al-

gunas de estas investigaciones están centradas en conseguir robots con forma cada vez más similar a la del ser humano y facilitar su adaptación a estos entornos de trabajo. Sin embargo, no sólo la forma del robot es un factor importante para ejecutar con éxito acciones similares a las que lleva a cabo una persona en su vida cotidiana [6].

Con el objetivo de poder interactuar con el entorno, con otros robots, o con los seres humanos, los robots sociales están equipados con un conjunto de sensores. Estos sensores permiten al robot obtener información visual (a partir del uso de los sensores de visión, como las cámaras estéreo o cámaras monoculares), información de profundidad (con el uso de sensores tipo sónica o láser) o información auditiva (a partir de un micrófono o un conjunto de ellos). Esta información es procesada por el robot en una primera fase en el proceso de comunicación e interacción, para obtener, por ejemplo, respuestas a preguntas tipo: ¿Dónde se encuentra el interlocutor?, ¿qué está intentando decir al robot con ese movimiento de brazos? O bien, ¿está contento o triste tras realizar la acción que me pidió (al robot) que llevara a cabo?

En general, la mayor parte de los robots sociales utilizan información visual y auditiva para interactuar con el ser humano y a partir de ello entender el mensaje final a recibir o generar el mensaje final a emitir (ver figura 1). Si consideramos al robot como emisor del mensaje, además de la síntesis de voz, otras funciones que pueden aportar mayor valor comunicativo al mensaje vienen dadas por la generación de expresiones faciales (tristeza, alegría, sorpresa, etc) [7], movimiento de los labios sincronizados con la voz sintética [3], o el uso de gestos a partir del movimiento de brazos, cuello, torso, etc. En el otro sentido de la comunicación, considerando al robot como receptor del mensaje, los mecanismos de interacción centrarían su funcionalidad en la detección de gestos, expresiones o el reconocimiento del habla del interlocutor.

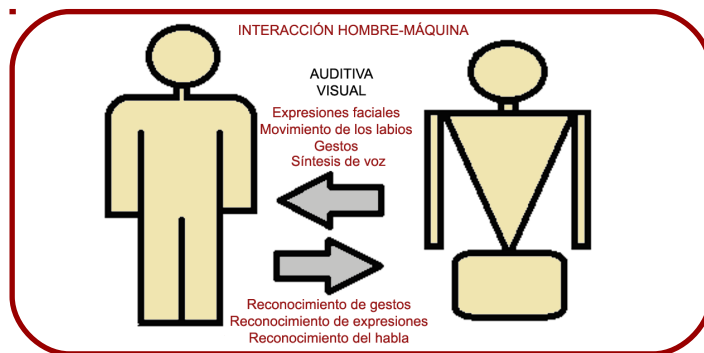


Figura 1. Formas de interacción hombre-máquina

En este trabajo presentamos la base tecnológica de un robot social que actualmente estamos desarrollando y que será usado en escenarios de ayuda a la dependencia. El desarrollo de este robot está enmarcado dentro del proyecto MI-BOT, Mecanismos de Interacción Hombre-Máquina para la mejora de la calidad de las personas dependientes. En uno de estos escenarios, este robot social facilitará el desempeño de sus tareas cotidianas a pacientes con la enfermedad del Parkinson, una enfermedad que afecta al 0,5% de las personas de 65-74 años y al 1-2% de los mayores de 75 años y 5% de los pacientes institucionalizados [8]. Para llevar a cabo el diseño del robot y de los mecanismos HRI adecuados en este caso concreto de uso, se cuenta con la ayuda y participación del Hospital del día 'Virgen de la Montaña' y su Servicio de Geriátría del Complejo Hospitalario de Cáceres. En el desarrollo del robot social presentado en este artículo se ha tenido en cuenta el protocolo de la enfermedad del Parkinson desarrollado por el servicio de Geriátría. Este protocolo describe con detalle cada una de las actividades llevadas a cabo en el Hospital de día con los enfermos en su tratamiento rehabilitador, sirviendo como punto de partida para el tipo de interacción humano-robot a desarrollar. Las actividades explicadas en este protocolo, tanto en su tratamiento rehabilitador físico como en el cognitivo, serán la base de las decisiones técnicas tomadas en el diseño hardware y software del robot social aquí presentado.

Este artículo se divide en cuatro secciones. Tras esta breve introducción, el segundo punto describe los escenarios en los que el robot social diseñado y presentado en este artículo será utilizado. La tercera parte presenta la plataforma robótica desarrollada, explicando el diseño hardware y software con detalle. Finalmente se presentan las conclusiones más importantes así como las líneas de trabajo futuro que se generan a partir del presente estudio.

2. Escenario de vida dependiente

El robot social presentado en este trabajo ha sido diseñado para ser utilizado en escenarios reales de ayuda a las personas dependientes. En particular, como punto de partida en el diseño y desarrollo del robot social y sus características más destacadas, hemos centrado el interés en personas con la enfermedad de Parkinson.

La enfermedad del Parkinson es un trastorno neurodegenerativo crónico que provoca en el afectado alteraciones físicas y psíquicas, y que lleva con el tiempo a una incapacidad progresiva. Comúnmente se asocia esta enfermedad a un trastorno de movimiento (temblores, lentitud al andar, pérdida de equilibrio, etc), sin embargo, el Parkinson también desencadena trastornos en la función cognitiva, expresión de las emociones y en la función autónoma [9]. Dado este carácter dual – trastorno funcional y cognitivo – de la enfermedad de Parkinson, sus afectados se convierten en una población de interés para el estudio de cómo las nuevas tecnologías y, en este caso la robótica social, puede mejorar su calidad de vida.

Si bien en la actualidad resulta muy efectivo el tratamiento farmacológico, el cual alivia la mayor parte de los síntomas, difícilmente se puede afirmar que reduce la causa final del trastorno. Por este motivo, es imprescindible que el paciente siga los consejos e indicaciones de los facultativos. Esto se traduce no sólo en la medicación, si no también en el ejercicio físico y en la estimulación cognitiva [8]. El objetivo principal es poder mejorar, o al menos mantener o prolongar la funcionalidad del enfermo durante el mayor tiempo posible.

En cuanto al ejercicio físico, un robot capaz de interactuar con un paciente de Parkinson, ya sea como elemento emisor o receptor de la comunicación, permite una serie de ventajas encaminadas a aumentar la independencia del paciente en su propio hogar: i) monitorización de las actividades llevadas a cabo por el paciente de forma precisa, interesante para el correcto seguimiento del tratamiento rehabilitador; ii) estimulación al paciente de las actividades físicas a realizar, permitiendo así mismo el recordatorio del tipo de ejercicios a llevar a cabo (una simple acción de imitación a lo que el robot realiza); iii) Programación diaria/semanal de los ejercicios que el paciente tiene que realizar, así como el aviso/alarma de los mismos; iv) monitorización de la actividad diaria no relacionada con el tratamiento rehabilitador: posibilidad de caídas, control de la postura del paciente, seguimiento de las horas de sueños y estados anímicos, etc.

La estimulación cognitiva es una herramienta que permite mantener el cerebro en forma, trabajando diferentes procesos mentales como la memoria, la atención, la velocidad del pensamiento, etc. Todo ello, con la idea de que las personas con Parkinson puedan llevar a cabo una vida normal en sus actividades cotidianas. En este sentido, en la intervención desde un programa de estimulación cognitiva, un robot social puede trabajar diferentes áreas, como la memoria, la atención al lenguaje, la percepción sensorial, el cálculo numérico, escritura, etc. Todo esto trae consigo muchos beneficios, como por ejemplo una mejora de la autoestima, agilidad mental o el buen humor. Para ello, deben existir mecanismos de interacción adecuados que permitan la comunicación entre el robot y el paciente, así como estrategias para una estimulación satisfactoria (pantallas táctiles con conexión a Internet, expresividad del cuerpo del robot, capacidad de síntesis de voz, expresiones y gestos, etc). Debido al hecho de que las funciones mentales en la enfermedad de Parkinson pueden variar mucho de un afectado a otro, es interesante disponer de una herramienta capaz de adaptarse al mismo. Tal es el caso del robot social descrito en este artículo.

Como se ha comentado anteriormente, el robot social presentado en este artículo ha sido diseñado en cooperación con la Unidad de Geriátrica del Complejo Hospitalario 'Virgen de la Montaña' de Cáceres y su protocolo para la Enfermedad del Parkinson [8]. Este protocolo es aplicado como tratamiento rehabilitador

en pacientes en el Hospital de día, se basa en dos sesiones diferenciadas: una sesión funcional y una sesión cognitiva. La figura 2 muestra un resumen del tratamiento rehabilitador puesto en funcionamiento por la Unidad de Geriatría.

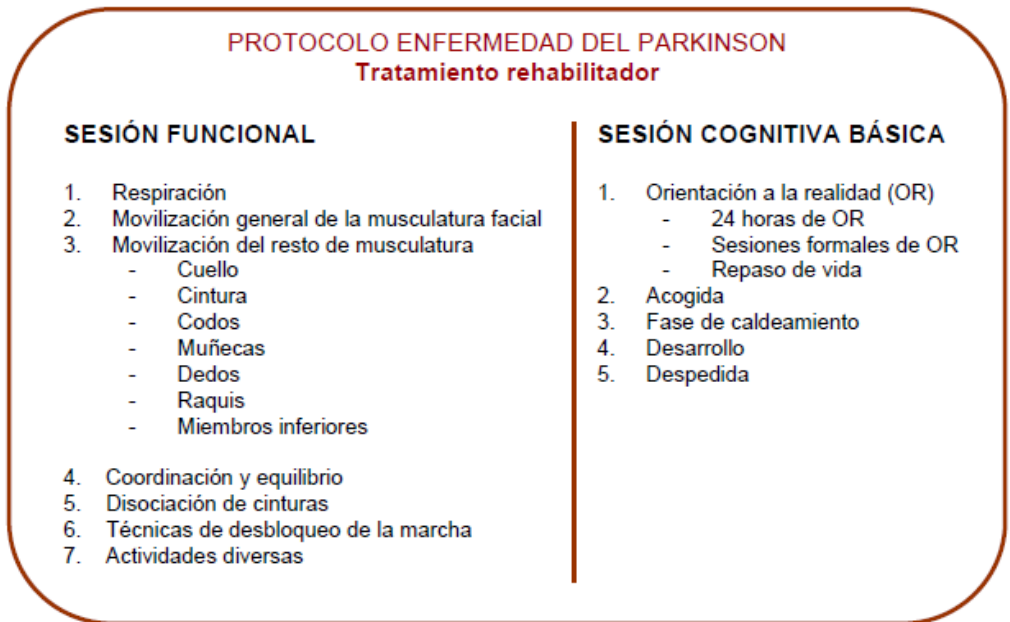


Figura 2. Protocolo para el tratamiento rehabilitador desarrollado por la Unidad de Geriatría del Complejo Hospitalario de Cáceres.

3. Diseño de un robot social para la mejora de la calidad de vida de las personas dependientes

En el diseño y construcción del robot social se han tenido en cuenta simultáneamente aspectos del hardware y del software con el fin de obtener una plataforma idónea para desarrollar terapias interactivas en poblaciones con discapacidades físicas y cognitivas. A continuación, se describe la arquitectura hardware y software del diseño del robot.

3.1 Arquitectura Hardware

La habilidad de interacción social, requiere que el robot cuente con un modelo cognitivo-afectivo del ser humano y de capacidades de comunicación, comprensión y aprendizaje. Muchos investigadores trazan el diseño de estos robots según la forma humanoide [3], que aunque no es necesariamente humana sí integra elementos típicamente humanos como brazos, manos, rostro, etc.

La línea seguida en la elaboración del robot sigue este paradigma, y es la base en el desarrollo del mismo, dado que actualmente los grupos Robolab [10] (Robótica y visión artificial) y SIMD [11] (Sistemas Inteligentes y Minería de Datos) están en plena fase de construcción de un robot social que incluye una serie de dispositivos hardware que permitirán una interacción humano-robot eficiente. El diseño del robot social ha sido realizado en colaboración con las empresas de base tecnológica Robotnik S.L. [12] e Iadex S.L. [13] El objetivo del desarrollo de este robot es poder realizar experimentos complejos de categorización, aprendizaje, interacción multimodal y autonomía en diversos escenarios de vida dependiente.

El robot consta de tres partes principales (ver Figura 3): una base robótica móvil (etiquetada como 1 en la figura), una cabeza expresiva con capacidad de visión binocular (2), y un conjunto brazo-mano robótico (3).

La base móvil tiene una geometría de dos ruedas motrices y dos ruedas 'ocas alimentadas por una batería de gel de plomo y controlado por una placa basada en un procesador Cortex A9, utilizando el sistema operativo Linux. Sobre esta base se sitúa una estructura rígida para ganar altura y dar soporte al brazo robótico. Esta base autónoma ha sido diseñada por RoboLab y construida por la empresa extremeña Iadex. La estructura del torso está calculada para soportar dos brazos en disposición similar a la humana, aunque inicialmente se colocará uno solo.

El brazo tiene 7 grados de libertad y está fabricado por la empresa valenciana Robotnik, S.L. con elementos del fabricante alemán de motores Schunck. En la muñeca se acopla una mano que incorpora un sensor de fuerzas y pares. La mano, fabricada por la empresa estadounidense Barret, tiene tres dedos con funcionamiento independiente y sensores de tacto en cada uno de ellos. Todos los servomotores del brazo están conectados mediante un bus CAN al ordenador del robot.

La cabeza expresiva binocular, llamada Muecas (ver zoom en la Fig. 3) capaz de mostrar diferentes expresiones y estados afectivos ha sido diseñada por RoboLab y construida por Iadex S.L. Consta de ojos esféricos que contienen en su interior cámaras industriales *firewire* de la empresa canadiense PointGrey situadas en su interior. Estas esferas son accionadas por motores lineales sin reductora fabricados por Faulhaber. Las velocidades y aceleraciones son muy similares a las del sistema visual humano. También consta de un cuello con tres grados de libertad y diversas configuraciones de micro-servos para accionar elementos móviles del rostro, como párpados, cejas, orejas, nariz o zonas de piel. Junto a estos elementos, la cabeza dispondrá de un motor de síntesis de voz, un motor de reconocimiento automático del habla, micrófonos con software de localización estéreo-acústica y una placa de proceso empotrada con un procesador multinúcleo y conectividad giga-ethernet.

Las posibilidades de un robot de estas características lo hacen especialmente indicado para estudiar mecanismos de interacción humano-robot en escenarios de vida dependiente. La movilidad, el brazo robótico y la cabeza expresiva permitirán diseñar experimentos de asistencia real a personas dependientes en los que sea necesaria una interacción multimodal compleja.

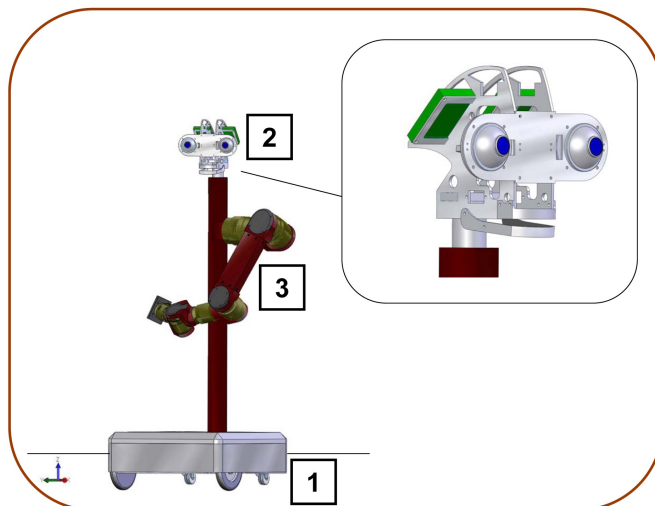


Figura 3. Arquitectura hardware del robot desarrollado. 1: base robótica. 2: cabeza expresiva (zoom a la derecha). 3: brazo robótico

3.2 Arquitectura Software

Uno de los principales problemas en la construcción de software para robots de estas características es su carácter incremental, cambiante y el alto grado de complejidad que puede llegar a alcanzar. Muchas de las tecnologías existentes para el diseño y gestión de grandes sistemas distribuidos están empezando a ser utilizadas en los denominados *middleware* de robótica que aportan mecanismos de distribución a diferentes niveles, integración en componentes software, protocolos de comunicación y serialización eficiente, gestión de prioridades, llamadas remotas asíncronas y otras herramientas similares. Complementando esta tecnología con un sistema moderno de mantenimiento de versiones y potentes herramientas de desarrollo se puede conseguir la construcción incremental de software reutilizando recursos y aumentando progresivamente su complejidad y fiabilidad. Sobre esta tecnología software es posible entonces diseñar arquitecturas específicas en las que se implementen mecanismos de generación de comportamiento, combinando adecuadamente reactividad y planificación en capas funcionales que den lugar a un alto grado de inteligencia y autonomía.

El software que se utiliza en el robot social se denomina RoboComp y su núcleo ha sido desarrollado por el equipo de RoboLab. RoboComp es un sistema de componentes software altamente reutilizable desarrollado como software libre y disponible en www.sourceforge.net. RoboComp incorpora herramientas de generación automática del cuerpo de los componentes, basadas en un lenguaje específico de dominio (DSL). Actualmente puede utilizar dos sistemas de comunicación distintos, Ice de ZeroC y DDS. También dispone de herramientas de monitorización, inspección y control de componentes en tiempo de ejecución. Todas estas características hacen que se distancie de otros *middlewares* de robótica y lo hagan especialmente indicado para los objetivos de este proyecto. Para la puesta en marcha de este robot se están desarrollando los componentes de abstracción del hardware (Hardware Abstraction Layer - HAL) necesarios para el control de todos los sensores y actuadores que lo integran. La figura 4 muestra la estructura de componentes software desarrollada para la capa HAL del robot. Sobre esta capa de bajo nivel se están desarrollando grupos de componentes encargados de los mecanismos básicos que ligan la percepción y la actuación. Conjuntos adicionales de componentes implementarán las funciones cognitivas necesarias para dotar al robot de capacidades de interacción social en tareas como ayuda a la vida dependiente e interacción terapéutica.

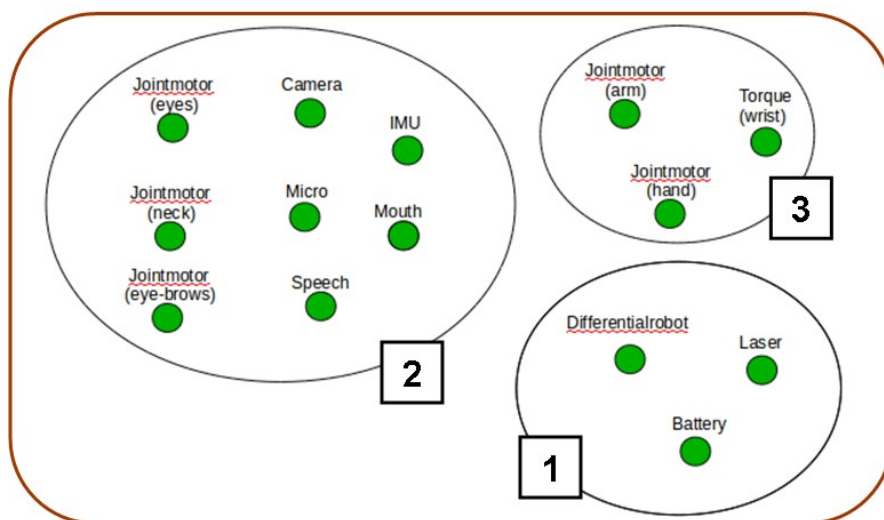


Figura 4. Arquitectura software del robot desarrollado. 1: componentes asociados a la base robótica. 2: la cabeza expresiva 3: el brazo robótico

4. Conclusiones y trabajos futuros

El presente artículo describe el diseño de un robot social desarrollado por los grupos Robolab de la Universidad de Extremadura, y SIMD de la Universidad de Castilla la Mancha, y las empresas de base tecnológica Iadex.SL. Este robot social está diseñado con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas dependientes, para trabajar inicialmente con personas afectadas por la enfermedad del Parkinson. En la fase de documentación, diseño y construcción del robot social, se cuenta con la cooperación de la Unidad de Geriátrica del Complejo Hospitalario 'Virgen de la Montaña' de Cáceres. El protocolo suministrado ha permitido la integración de diferentes funciones, herramientas y estrategias en el diseño de la arquitectura hardware y software del robot.

Este diseño abre futuras líneas de trabajo a desarrollar en los siguientes meses. En primer lugar, será necesaria una evaluación real del diseño realizado, no sólo la parte física, y cómo ésta determina la aceptación por parte del paciente, si no también la funcionalidad prevista del robot. Esta fase de experimentación será realizada en el Hospital de día 'Virgen de la Montaña', con el apoyo de la Unidad de Geriátrica de dicho hospital.

Además, si bien la arquitectura software ha sido establecida a partir del *middleware* Robocomp, es necesario avanzar en el desarrollo de los componentes que permitan realizar la funcionalidad descrita en el protocolo.

Referencias

- [1] W. Burgard, A. B. Cremers, D. Fox, D. Hahnel, G. Lakemeyer. Experiences with an interactive museum tour-guide robot. In Artificial Intelligence (AI), pp. 3-55. 2000.
- [2] F. Faber, M. Bennewitz, C. Eppner, A. Gorog, "The humanoid museum tour guide Robotinho". In Proc. IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN). Sept. 2009.
- [3] H. Andreasson, M. Magnusson, and A. Lilienthal. "Has something changed here? Autonomous Difference Detection for Security Patrol Robots". In Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 3429-3435, San Diego, USA, 2007.
- [4] T. Mukai, S. Hirano, H. Nakashima, Y. Kato, Y. Sakaida, S. Guo, and S. Hosoe, "Development of a Nursing-Care Assistant Robot RIBA That Can Lift a Human in Its Arms", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Taiwan, pp. 5996-6001, October 2010.
- [5] X. Ma and F. Quek, "Development of a Child-Oriented Social Robot for Safe and Interactive Physical Interaction," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems Taiwan, pp. 2163-2168, October 2010.
- [6] P. Breen, E. Bowers, W. Welsh, "An investigation into the generation of mouth shapes for a talking head", In Proc. ICSLP 96, USA, pp. 2159-2162, October 1996.
- [7] T. Hashimoto, S. Hitramatsu, T. Tsuji, and H. Kobayashi, "Development of the Face Robot SAYA for Rich Facial Expressions", In proc. 2006 SICE-ICASE International Joint Conference Korea, pp. 5423-5428, October 2006.
- [8] Protocolo Enfermedad del Parkinson. Unidad de Geriátrica del Complejo Hospitalario Virgen de la Montaña de Cáceres.
- [9] Rossi Izquierdo, Marcos. Estudios de los trastornos del equilibrio en pacientes con enfermedad de Parkinson. Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela.
- [10] www.robolab.unex.es
- [11] www.dsi.uclm.es/simd
- [12] www.robotnik.es
- [13] www.iadex.es