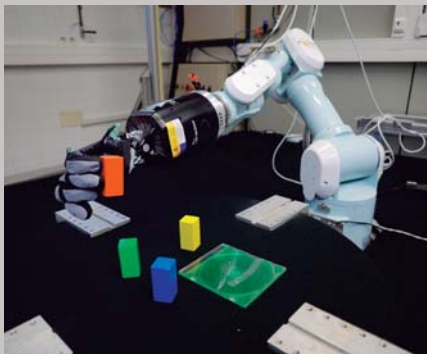
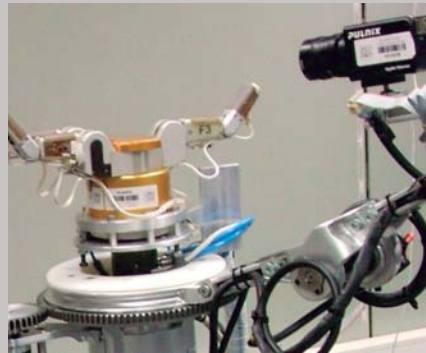


JNR2019

Jornadas Nacionales de Robótica
Spanish National Robotics Conference

LIBRO DE ACTAS

Alicante, SPAIN - June 13th-14th, 2019



JNR2019

Jornadas Nacionales de Robótica **Spanish Robotics Conference** **2019**

- Libro de Actas -

Alicante, 13-14 de junio de 2019

Organizado por:

Universidad de Alicante

Universidad Miguel Hernández de Elche

Comité Español de Automática - Grupo Temático de Robótica



Editores: Fernando Torres Medina · Óscar Reinoso García

ISBN: 978-84-09-12133-5

Índice de contenidos

Estudio de descriptores holísticos basados en métodos analíticos y técnicas de deep learning para localización con robots móviles	1
S. Cebollada, L. Payá, A. Peidró, L.M. Jiménez, O. Reinoso	
Avances en BLUE: Robot para la Localización en Entornos No Estructurados	9
Miguel Á. Muñoz-Bañón, Iván del Pino, Pablo Gil, Francisco A. Candelas, Fernando Torres	
Robot de cables para operación en superficies verticales	15
Raúl Gómez Ramos, Eduardo Zalama, Jaime Gómez-García-Bermejo	
Desarrollo y validación de algoritmos de control de una órtesis activa de rodilla para sujetos hemiparéticos basados en la cinemática de la pierna sana	21
Julio Salvador Lora Millán, Eduardo Rocon	
Seguimiento de las esquinas de ojos como primer paso en la estimación de movimientos de cabeza para aplicaciones clínicas	29
Agostina J. Larrazabal, César E. Martínez, Cecilia E. García Cena	
Inferencia Activa para la Percepción y la Acción de Robots Humanoides	36
Guillermo Oliver, Pablo Lanillos, Gordon Cheng	
Análisis de las reacciones psicofisiológicas de los usuarios en terapias de rehabilitación para un jugador y competitivas asistidas por dispositivos robóticos	43
J.M. Catalán, A. Blanco, J.A. Díez, J.V. García, R. Puerto, N. García-Aracil	
Diseño de un exoesqueleto de brazo para la rehabilitación del hombro controlado por una interfaz cerebro-máquina (BCI)	48
J. Belmar, E. Iáñez, M. Ortiz, J.M. Azorín	
Algoritmo de Reconocimiento de Gestos Dinámico para Cirugía Endoscópica Endonasal	55
E. Bauzano, M.C. López-Casado, I. Rivas-Blanco, C.J. Pérez-del-Pulgar, V.F. Muñoz	
Controlling Robot Motion by Blinking Eyes: an Experience on Users Training	63
Fernando Gómez-Bravo, Rafael López de Ahumada, Juan A. Castro-García, Raúl Jiménez-Naharro, Alberto J. Molina-Cantero, Juan A. Gómez-Galán, Santiago Berrazueta-Alvarado, Manuel Sanchez-Raya	
Improvement of the Sensory and Autonomous Capability of Robots Through Olfaction: the IRO Project.	71
Javier Monroy, Jose-Raul Ruiz-Sarmiento, Francisco-Angel Moreno, Cipriano Galindo, Javier Gonzalez-Jimenez	
Localización Visual de un Robot Submarino de bajo coste para la inspección de Minas Inundadas	79
Olaya Álvarez-Tuñón, Alberto Jardón, Carlos Balaguer	

Desarrollo de Algoritmos de Reconstrucción Cinemática del Brazo para Terapias de Neurorehabilitación Asistidas por Robots de Efecto Final	181
Arturo Bertomeu-Motos, Nicolas Garcia-Aracil	
Towards the Automation of Visual Inspections of Cargo Holds of Large-Tonnage Vessels	189
Alberto Ortiz, Francisco Bonnin-Pascual, Emilio Garcia-Fidalgo, Joan P. Company-Corcoles, Kai Yao	
Sistema Multi-Robot para Cooperación con Equipos de Rescate de Primera Respuesta Humanos y Caninos en Escenarios de Catastrofe	197
Alfonso J García-Cerezo, Anthony Mandow, Jose Antonio Gómez Ruiz, Juan Jesús Fernández Lozano, Jesús M. Gómez de Gabriel, Antonio Jesús Reina Terol, Jorge Luis Martínez Rodríguez, Jesús Morales Rodríguez, María Alcázar Martínez Sánchez, Jesús Miranda Páez, Ricardo Vázquez Marín, Ana Cruz Martín, Javier Serón Barba, Francisco Pastor Martín, Victoria Plaza Leiva, Juan Manuel Gandarias, Manuel Toscano Moreno	
Metodología para el diseño y puesta en funcionamiento de sistemas de manipulación remota en instalaciones con radiación	206
Manuel Ferre Pérez, Sofía Coloma Chacón, Mario di Castro, Miguel A. Sánchez-Urán González	
El robot social Mini como plataforma para el desarrollo de juegos de interacción multimodales	214
Elena Velázquez-Navarro, Sergio González-Díaz, Fernando Alonso-Martín, José Carlos Castillo, Álvaro Castro-González, María Malfaz, Miguel A. Salichs	
Manipulación Diestra de Objetos Desconocidos Usando Puntos de Contacto Virtuales	221
Andrés Montaña, Raúl Suárez	
Visualización 3D de las deformaciones geométricas del cerebro en tiempo real utilizando realidad aumentada	229
Natividad Bermejo-Herrero, Karin Correa-Arana, Ernesto Ávila Navarro, José María Sabater-Navarro	
Detección y seguimiento de personas utilizando sensores LIDAR	234
Claudia Álvarez-Aparicio, Ángel Manuel Guerrero-Higueras, Francisco Javier Rodríguez-Lera, Jonatan Ginés Clavero, Francisco Martín Rico, Vicente Matellán	
Entorno de Vida Asistida Inteligente: Diseño de una arquitectura para la Persona Mayor con la Inclusión de Robots	241
David Loza M., Alexandra Verdugo C., Eduardo Zalama C., Jaime Gómez-García-Bermejo	
Predicción de la Estabilidad en Tareas de Agarre Robótico con Información Táctil	249
Brayan S. Zapata-Impata, Pablo Gil, Fernando Torres	

Entorno de Vida Asistida Inteligente: Diseño de una arquitectura para la Persona Mayor con la Inclusión de Robots

Loza M. David^{a,b,1,*}, Verdugo C. Alexandra^a, Zalama C. Eduardo^c, Gómez-García-Bermejo Jaime^c

^a Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador

^b DISA, Universidad de Valladolid, Valladolid - España

^c ITAP-DISA, Universidad de Valladolid, Valladolid - España

Resumen

El artículo describe los aspectos generales de un sistema de asistencia para el cuidado de personas mayores. También se muestran los diferentes componentes tanto en software como en hardware implementados dentro del sistema. La arquitectura analiza los diferentes elementos como el planificador, monitor de desempeño, balcón de servicios, etc. tanto a nivel local como global. Por último, se presenta un caso de uso en un robot de telepresencia, para validar el sistema y se analizan de los resultados obtenidos con el sistema propuesto. Copyright © XXXX CEA.

Palabras Clave:

Entorno de vida asistida inteligente, Interacción Hombre-Máquina, Robots de servicio, Tecnología para la salud, Envejecimiento activo.

Datos de la tesis:

Título de la tesis: Desarrollo de una arquitectura de control para un robot social para el cuidado del adulto mayor, con el fin de mejorar la interacción hombre-máquina a largo plazo.

Doctorando: David Loza Matovelle

Directores: Eduardo Zalama y Jaime Gómez García Bermejo

Fecha Inicio/Fecha estimada terminación: Octubre 2016 - Octubre 2020

Programa de doctorado: 595 - Doctorado en Ingeniería Industrial

Universidad: Universidad de Valladolid

1. Introducción

Los entornos de vida cotidiana asistida inteligente (en inglés *ambient assisted living AAL*) se han introducido para facilitar y extender la vida independiente de las personas mayores. Las primeras investigaciones en este campo datan de la década de los 90 según Cowan et al. (1999).

Existen diferentes proyectos, sobre todo de la Comunidad Europea, en los cuales se derivan investigaciones acerca de robots, arquitecturas y planificadores orientados al cuidado de las personas mayores. Por citar algunos proyectos, TERESA (Telepresence Reinforcement-learning Social Agent), es un proyecto de la Universidad de Oxford desarrollado por Shiarlis et al. (2015) que consiste en un robot de telepresencia con características sociales. Otro proyecto reciente es MARIO (Managing active and healthy aging with use of caring service robot), según Recupero et al. (2015) se centra en desarrollar robots de asistencia social en conjunto con la evaluación geriátrica por medio de la utilización de la plataforma Kompai Kompai Robotics (2018). El proyecto RADIO (Robots in assisted living environment. Unobtrusive, efficient, reliable and modular solution for independent ageing), según Antonopoulos et al. (2018)

desarrolla robots que asistan, en conjunto con un AAL, las necesidades de las personas mayores y a su vez que monitorizan de manera efectiva signos vitales.

Con dicho preámbulo se han desarrollado proyectos con diferentes estrategias. Algunos ejemplos incluyen el envejecimiento activo, nuevos tipos de vivienda que apoyan la vida independiente y un mayor uso de los servicios de atención domiciliaria y de las tecnologías emergentes. Un resumen de dichas propuestas se encuentra en Woll y Bratteteig (2019). Dichos proyectos o plataformas han logrado un amplio desarrollo. Sin embargo, por el momento cuentan con un mercado limitado en la sociedad, lo cual nos indica que existen vacíos que aún se pueden mejorar para que este tipo de tecnologías lleguen a tener mejores prestaciones. De acuerdo a Jaschinski y Ben Allouch (2014) se pueden percibir ciertos problemas comunes, tales como la poca confiabilidad, falta de interacción humana, costos elevados, falta de experiencia a la hora de usar, etc. Los problemas mencionados reflejan que persiste un déficit con respecto a los estudios previos, por lo tanto es importante realizar un análisis del potencial de los robots de asistencia + AAL desde la perspectiva de satisfacción real de las necesidades del usuario.

El artículo proporciona una visión general de la tesis, se describen los diferentes elementos que conforman la arquitectura propuesta y se analiza un caso de uso. El documento se ha es-

* Autor en correspondencia.

Correo electrónico: dcloza@espe.edu.ec (Loza M. David)

estructurado de la siguiente manera: La sección 2 habla acerca de diferentes tecnologías relacionadas con el trabajo propuesto, la sección 3 presenta el concepto del sistema, la sección 4 y 5 se refieren al hardware y software desarrollados para su implementación y en la sección 6 se analiza el funcionamiento del sistema. Por último en la sección 7 se evalúan y analizan los resultados.

2. Tecnologías relacionadas con los entornos inteligentes

Dentro de los diferentes trabajos relacionados existen tendencias que son generales para todos. Están enfocados en las áreas de: salud, seguridad, interacción social y condición física. A continuación se realiza un breve análisis de las tecnologías desarrolladas en estos ámbitos.

Dentro de las tecnologías de asistencia a las personas mayores, las que brindan soporte a la salud tienen un lugar prioritario. Dichas tecnologías se clasifican en aquellas que pueden responder a emergencias, detectar caídas y monitorización de variables físicas. Una variedad de tecnologías se describen y comparan en Shi (2015).

La seguridad dentro de los entornos se puede entender como una gran variedad de alternativas entre las cuales se pueden mencionar el control de alarmas y novedades, dispositivos de puertas y camas, etc. Además la monitorización de actividades puede ayudar a la detección temprana de deterioro cognitivo o físico de las personas. Estudios y ejemplos de estos sistemas se pueden encontrar en Ohta et al. (2002).

La participación social también es un elemento clave para una buena calidad de vida. Dentro de las tecnologías orientadas a esta participación existen dos ramas principalmente: los robots dedicados a la compañía y los robots que facilitan la interacción (como son los de telepresencia). Un ejemplo de lo primero es PARO (Inoue et al. (2012)), un robot foca bebé con diferentes sensores (táctiles, luz, audio, temperatura y posición los cuales utiliza para sentir su ubicación y percibir desde donde la hablan) que le permiten interactuar con su medio y la personas. En cuanto a los robots que facilitan la interacción social cabe citar el robot Giraffe Coradeschi et al. (2014), que incorpora una interfaz para la comunicación con familiares o doctores, y además proporciona un sistema que permite monitorizar las actividades en el paciente.

En algunas personas mayores la condición física se ve reducida. La tecnología puede ayudar a compensar este déficit por medio de actividades diarias o proveer funciones auxiliares en rehabilitación física (por medio de andadores o elementos de terapia). De hecho en cuanto al uso en actividades diarias, los robots domésticos pueden ayudar en tareas comunes del hogar (limpieza, cocina, etc) es más generalizado. Algunos ejemplos de estos tipos de robots son el roomba iRobot (2018), Moley (Moley – Robotic kitchen (2018)), etc. Con respecto a los robots de soporte podemos citar el proyecto LEA (Robot Care Systems (2018)) que es un andador robótico que permite brindar estabilidad y apoyo, a través de un sistema de detección de la postura.

En todas las tecnologías anteriormente descritas, existen numerosos factores que deben ser tomados en cuenta para la aceptación por parte del usuario. De acuerdo con ciertos modelos y experiencias como Fink et al. (2011), Young et al. (2008) y Torta et al. (2014), los principales elementos a tomar en consideración

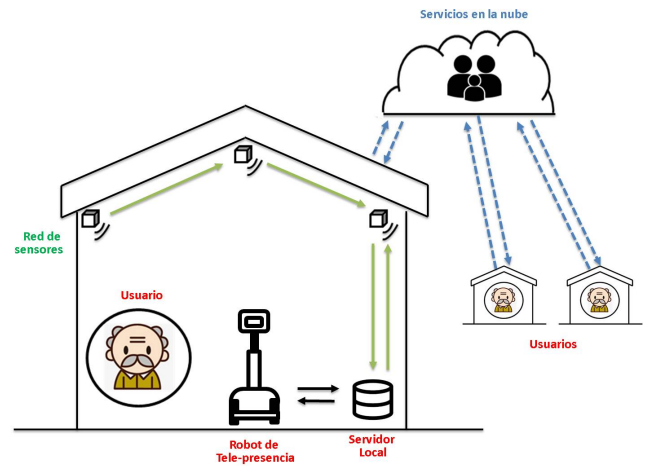


Figura 1: Concepto del proyecto

son: funcionalidad (percepción de uso), usabilidad (facilidad en su uso), apariencia, seguridad, costo y confiabilidad.

El objetivo central del trabajo es mostrar el potencial de adaptar varios equipos a un sistema de AAL y con ello integrar características que permitan a las personas mayores tener una solución completa.

3. Concepto del proyecto

La presente sección analiza la idea inicial del trabajo propuesto con sus diferentes características. También, se describe la estructura general del sistema así como sus elementos principales tanto a nivel local como vía web.

3.1. Idea inicial

Se propone el desarrollo de un sistema de asistencia que combine robots autónomos con sensores y actuadores externos conformando un ambiente inteligente gestionado por un planificador de naturaleza híbrida. En concreto, los dispositivos trabajan de manera descentralizada (los robots que operan dentro del sistema que pueden realizar acciones propias sin necesidad de recursos externos) pero las actividades están siendo constantemente planificadas, monitorizadas, supervisadas y analizadas. Esto permite al sistema realizar cambios de forma dinámica en los planes o actividades, admitir que el usuario haga ciertas modificaciones en lo planificado, cambiar estados dentro del sistema, etc. También, incorpora un entorno de gestión web que permite realizar tareas tanto a usuarios locales como externos, en actividades tales como: vídeo-llamada, revisión de signos vitales, telemedicina, etc.

En la figura 1 se describe el concepto general del proyecto donde se muestra la interacción del usuario con los diferentes elementos del mismo, así como la relación con los servicios de la red tanto para usuarios directos como indirectos. La propuesta es integral en tanto el núcleo de la interacción es el usuario, y se tienen en cuenta sus necesidades tanto físicas como sociales. Todo ello se realiza a través de una interacción natural e intuitiva, no invasiva en cuanto a controles, promoviendo la independencia del usuario y su seguridad.

El sistema tiene tres características importantes: modularidad, adaptabilidad e integralidad. El sistema es modular debido

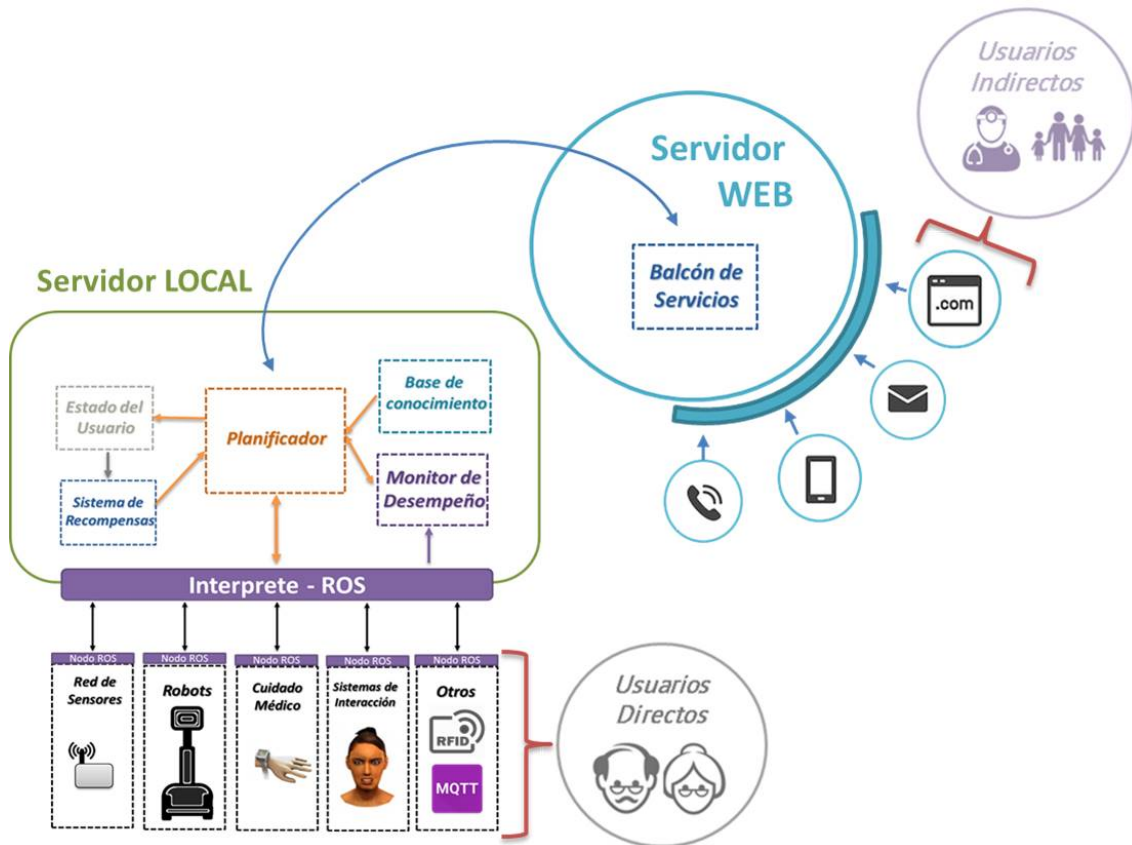


Figura 2: Arquitectura propuesta

a que permite la integración de una gran variedad de dispositivos. Dichos módulos pueden estar encargados de la salud, comunicaciones, interacción, entre otros. Por ejemplo, se tiene una pulsera biométrica que está encargada de la medición de ciertas variables físicas como son: presión, temperatura y otras variables.

En cuanto a la adaptabilidad del sistema, se manifiesta en que no es una estructura rígida sino que se enfoca en las individualidades de los usuarios. Para lograrlo el sistema evalúa periódicamente las acciones realizadas ya sea a través de métricas, encuestas o por evaluaciones externas. Esta información permite al sistema generar soluciones particularizadas dependiendo de los gustos y necesidades del usuario. Un claro ejemplo de la adaptabilidad del sistema es que se puede tener diferentes perfiles de usuario (en donde se puede modificar el número de usuarios, actividades, calendarios, etc.) y modalidades de uso (vigilancia, vacaciones entre otros).

Por último, el sistema planteado pretende tener integralidad, debido que no se enfoca únicamente en una necesidad específica de la persona mayor sino que presenta diversas soluciones dentro de los aspectos biológicos, psíquicos y sociales.

3.2. Estructura general del sistema.

La arquitectura completa del sistema se puede ver en la figura 2. El sistema está compuesto de dos servidores: uno a nivel local, encargado de las necesidades del usuario directo y otro con servicios web, que se utiliza para brindar diferentes facilidades a los usuarios externos al sistema. También, en la figura

2 se pueden ver los diferentes elementos que interactúan en el servidor local por medio de los usuarios, como son: sensores, robots, sistemas de interacción, etc. Dichos elementos pueden tener su propia estructura y código pero comparten información acerca de sus estados y ciertas propiedades como pueden ser ubicación, actividades en ejecución, etc.

Por otro lado, es importante mencionar que los usuarios indirectos pueden interactuar con el sistema a través de diferentes equipos y plataformas (teléfonos, tabletas, aplicaciones dedicadas, etc.) que permiten una comunicación más natural y efectiva a través del servidor web. Para ello se ha desarrollado un conjunto de herramientas que permiten la comunicación tanto web-usuario (intérprete-web) como ambiente inteligente-usuario (intérprete-usuario). En su funcionamiento los intérpretes toman dicha información de nodos especializados instalados dentro de cada dispositivo y que están desarrollados de acuerdo con un conjunto de protocolos (mqtt, coap, rfid, etc). La información compartida con el sistema puede ser variada y va desde variables globales hasta niveles de energía o fallos

4. Hardware del sistema

Como se mencionó en la introducción, existe una diversidad de necesidades de las personas mayores, las cuales tienen sus particularidades. Con este fin, se han diseñado, construido e implementado algunos elementos especiales que tienen funciones específicas. La figura 3 muestra tres de estos elementos: una pulsera biométrica, una pirámide de interacción y un robot de

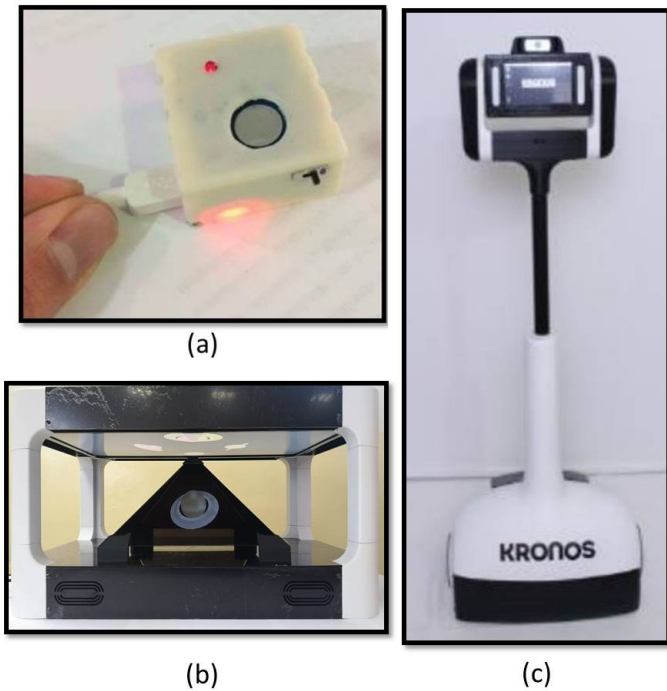


Figura 3: Hardware del sistema (a) Pulsera biométrica (Aguilar y Ortí (2017)) (b) Pirámide de interacción (Loza et al. (2018)) y (c) Robot de telepresencia (Medina y Córdoba (2018))

telepresencia. A ello se une una red de sensores distribuidos por el entorno. Todos ellos tienen información valiosa del entorno que luego de recibirla y procesarla de acuerdo a cada dispositivo es enviada al servidor local por medio del intérprete-ROS. A continuación, se describen algunos de estos sistemas.

4.1. Red de sensores

La red de sensores implementada en el entorno consiste en un conjunto de dispositivos que por medio de comunicación Wi-Fi interactúan con el servidor local puede enviar y recibir información. Los dispositivos están implementados para la sensorización y control de luces, persianas y puertas, así como para controlar las cámaras ubicadas en el entorno. Además, esta red se encarga de organizar los datos recopilados en una ubicación central para que puedan ser procesados y explotados de una forma más eficiente.

La red de sensores se conecta al sistema por medio del intérprete-ROS al cuál envían la información de sus sensores tales como el estado de las puertas, persianas, luminosidad, entre otros factores a monitorizar en el entorno. Además, por medio de este mismo intérprete reciben los comandos necesarios para poder poner en marcha sus actuadores tales como: los relés para encender las luces o los motores para abrir y cerrar las persianas. Las cámaras también se comunican por medio del intérprete para enviar las imágenes del entorno y que esta información pueda ser usada en propósitos específicos.

4.2. Sistema de interacción - Pirámide holográfica

La pirámide holográfica desarrollada por Loza et al. (2018) es utilizada como medio de interacción con la persona mayor. Su funcionamiento está basado en el efecto *pepper ghost* y en

ella se proyecta un avatar animado. Se trata de un sistema de interacción fácil de replicar y con el que se pueden alcanzar una interacción natural. Está compuesto básicamente por tres subsistemas: el subsistema de retroproyección holográfica que utiliza la pirámide como medio de proyección, el subsistema generador de gestos que se encarga de las diferentes expresiones y visemas del avatar y por último el subsistema de interacción que incluye los módulos en conjunto de visión, chatbot y otros. La pirámide se ha integrado en la arquitectura propuesta y provee una interacción natural por medio de comandos de voz.

La pirámide holográfica se conecta al sistema por medio del intérprete-ROS al cuál envían la información obtenida de la interacción entre el avatar y el usuario. Dicho avatar se encarga de ser el contacto directo del sistema con el usuario y por medio del cuál se puede entablar un vínculo directo entre los dos. La información es recibida por la pirámide por medio de la cámara y los micrófonos con los que cuenta el dispositivo, para ser procesada y convertida en datos adecuados que el intérprete pueda procesar.

4.3. Robot de telepresencia

El robot de telepresencia desarrollado en Medina y Córdoba (2018) tiene unas dimensiones de $500 \times 500 \times 1500$ mm y un peso de 35 Kg. El robot cuenta con una plataforma móvil de configuración diferencial y un sistema de regulación de altura y un mecanismo de dos grados de libertad para la pantalla, con la finalidad de mejorar el campo visual del usuario al realizar video-llamadas. Además tiene un sistema de sensores infrarrojos para evitar posibles colisiones con su entorno.

El sistema es capaz de autolocalizarse dentro del entorno, esquivar obstáculos y ser teleoperado de manera sencilla. Además entre sus funcionalidades está el reconocimiento de rostros (Viola y Jones (2004)) que permite fijar la atención del robot en el usuario durante la interacción. Para la autolocalización cuenta con un sistema basado en direcciones IP que permite conocer la ubicación aproximada del robot (siempre y cuando el mismo se encuentre conectado al servidor web).

El robot de telepresencia se conecta al sistema por medio del intérprete-ROS al cuál se envía la información obtenida por medio de sus sensores como detección de obstáculos, solicitud de videollamadas, reconocimientos faciales, entre otros. Luego de recibir esta información de su entorno o por parte del usuario se procede a procesarla por medio de su lógica interna y convertirla en información adecuada para enviar al intérprete-ROS. Asimismo, a este robot por medio del intérprete le llega la información necesaria para que sus actuadores puedan entrar en funcionamiento y realizar las acciones para las cuales fue implementado como moverse hacia adelante, atrás y los lados, así como rotar en ambos sentidos y permitir el ajuste de su pantalla en el eje vertical.

4.4. Pulsera biométrica

El brazalete consiste en un sistema de monitorización e interpretación de signos vitales de personas de edad avanzada que se integra en el sistema mediante Openhab (openHAB (2018)) según Aguilar y Ortí (2017). El dispositivo es capaz de monitorizar e interpretar signos vitales como: temperatura corporal y ritmo cardíaco. También posee la capacidad de detectar caídas y

emitir alertas de emergencia en caso de ser necesario. Transmite la información recopilada inalámbricamente mediante radio frecuencia de 433 MHz.

Para la detección de caídas se estudia el comportamiento de la aceleración angular en los ejes x,y,z de un giróscopo y acelerómetro. Dicho dispositivo fue creado con una estructura ergonómica fabricada en impresión 3D. Además de ello tiene la autonomía energética suficiente para trabajar en funcionamiento continuo durante aproximadamente 15 horas.

La pulsera biométrica se conecta al sistema por medio del intérprete-ROS al cuál envían la información obtenida por medio de sus sensores como: temperatura del usuario, signos vitales, detección de caídas, entre otros. Luego de recibir esta información se procede a procesarla por medio de su lógica interna y convertirla en información adecuada para enviar al intérprete-ROS. De igual manera, a esta pulsera le pueden llegar señales de alertas o información interesante para el usuario.

5. Software del sistema

Como se presentó en la figura 2 el sistema cuenta con dos servidores: uno a nivel local (comunicación con las personas mayores) que controla todos los elementos que se encuentran in-situ y un sistema online (comunicación con familiares, médicos, etc.) que maneja el balcón de servicios. A continuación se detalla los diferentes elementos del sistema.

5.1. Servidor Local

El servidor local es un conjunto de módulos que puede realizar las siguientes actividades: recibir peticiones del entorno, planificar las diferentes actividades, manejar los recursos del sistema y realizar las peticiones a servicios en web, entre otros. Las funciones del servidor local se pueden descomponer en tres grupos: interacción social (estado del usuario, sistema de recompensas), organización (planificador y interprete-ROS) y rendimiento (monitor de desempeño y base de conocimiento).

Los elementos que conforman el servidor local son: Interprete-ROS, planificador, base de conocimiento, monitor de desempeño, estado del usuario y sistema de recompensas, elementos que se describen a continuación.

5.1.1. Interprete-ROS

El Intérprete-ROS permite la comunicación de los diferentes equipos conectados de manera local con el servidor local. El sistema funciona por la conexión entre nodos tanto en los equipos como en el servidor local, dichos nodos especifican varios elementos: características principales (nombre, peso), variables (posición o nivel de batería), entradas, salidas, y funciones particulares (como por ejemplo el tipo de comportamiento social del robot de telepresencia); que dependerán directamente del tipo de elementos que se han conectados al sistema. Actualmente, se soportan elementos en mqtt *"Message Queuing Telemetry Transport"* MQTT (2018) y ROS (*"Robot Operating System"* ROS (2018)). En un futuro se plantea incluir otros tipos de protocolos.

Un ejemplo de cómo interpreta el sistema los diferentes elementos se puede ver en la figura 4, donde todos los elementos del robot se describen por etiquetas: "características", "acciones", "social". A partir de ahí se describen los diferentes elementos.

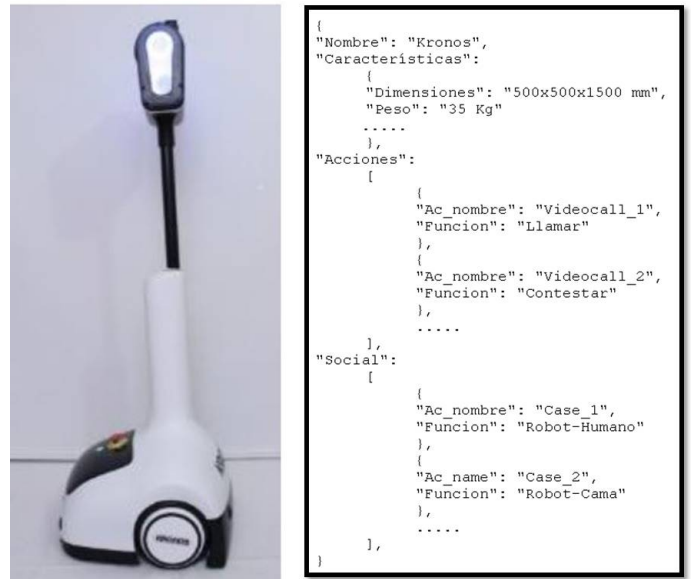


Figura 4: Configuración del robot KRONOS en el sistema dentro del monitor de desempeño

Por ejemplo en el caso de "características" se describen las dimensiones y el peso del robot. También es interesante notar que cada etiqueta también puede tener asociadas funciones. En este caso del robot de telepresencia se puede llamar a las siguientes funciones: contestar, llamar o buscar en el directorio, etc. Cada función tiene asociado un tipo de mensaje con una estructura propia en ROS dentro del robot para el caso. Por último, dicha información se respalda en un archivo json al cual se actualizará periódicamente.

El intérprete-ROS se conecta con cada uno de los elementos registrados en el sistema y a su vez se conecta con el monitor de desempeño y el planificador.

5.1.2. Planificador

El planificador funciona como entrada principal del sistema y tiene las funciones de encontrar un plan para resolver cada tarea en particular si esto es posible.

El planificador del sistema es de acción probabilística parcialmente observable (basado en cadenas de Markov o POMDPs (Kaelbling et al. (1998)). Estas características hacen que se generen planes temporales (teniendo en cuenta acciones con dependencias absolutas de tiempo y tiempos relativos entre las acciones) y de carácter probabilístico (las acciones pueden no llevarse a cabo o llevar a resultados diferentes) lo cual a su vez genera otros planes.

La entrada para el planificador es un grupo de tareas divididas en intervalos de tiempo discretos (la expansión del planificador para manejar diferentes usuarios, equipos y robots es parte del trabajo futuro). El planificador produce un plan de acuerdo con los objetivos del sistema, el estado del entorno, las restricciones impuestas por la secuencia de acciones del ser humano y el costo de las acciones.

El plan obtenido es del tipo condicional, que obtendrá metas secundarias a medida que el plan avance. Por ejemplo, si se pide a un robot limpiar la vivienda, el sistema verificará que el usuario no esté en casa o sea una hora pertinente para dicha tarea.

Cumplido este hito el robot podrá realizar la tarea y notificarla al planificador cuando la haya acabado, terminando un plan estructurado por etapas.

El planificador se comunica con todos los elementos del servidor local. Trabaja en conjunto con el monitor de desempeño viendo los dispositivos factibles y el cumplimiento de las diferentes etapas dentro del plan. Tiene comunicación directa con la base de conocimiento debido a que posee información sobre el usuario y el sistema. Por último, está conectado con el servidor-web a través del cual intercambia información con los usuarios indirectos.

5.1.3. Monitor de desempeño

El monitor de desempeño supervisa las actividades realizadas en cada instante por los diferentes elementos del sistema. Las actividades que realiza son: registrar la disponibilidad de recursos, manejar las variables locales del sistema, detectar problemas de funcionamiento y revisar continuamente el adecuado funcionamiento de los dispositivos. También, realiza la instalación de elementos nuevos dentro del sistema tomando sus características principales que guarda como variables locales o acciones dentro del sistema.

El módulo de monitorización proporciona un control continuo sobre la ejecución del plan del sistema, teniendo en cuenta las limitaciones de recursos (número de unidades operativas que se tengan), tiempo (tanto para las tareas, como para establecer orden dentro del proceso) y seguridad (en cuanto si alguna actividades conlleva algún riesgo para los usuarios). En caso de que se encuentren inconsistencias, el monitor puede detener la ejecución del plan y solicitar una nueva generación de planes.

La importancia de la capacidad de monitorización radica en sincronizar todos los elementos del sistema (se incluye la monitorización de los usuarios con respecto a variables críticas en su salud) y mantener un plan consistente a lo largo del tiempo. En todo momento, el sistema debe conocer la situación general, para así analizar y realizar acciones que no interfieran con los usuarios, el entorno e incluso otros robots.

El monitor de desempeño está conectado al intérprete-ROS del cual recibe datos de los diferentes medios, y a su vez tiene conexión con el planificador el cual recibe la información sobre la ejecución del plan.

5.1.4. Base de conocimiento

La base de conocimiento está orientada a diferentes aspectos: información personal, calendarios, agenda y requerimientos. El nodo guarda información al respecto de información personal (identificación de familiares y amigos, personas del cuidado, etc), así como rutinas (pueden ser medicamentos, horarios de ejercicios o terapias, eventos, etc.) que se deben realizar en horas específicas. Cada base de datos tiene el carácter de específico y solo puede ser modificada por personal autorizado a ello.

El desarrollo del sistema actualmente no ha alcanzado un punto en donde se deba divulgar información de pacientes. Sin embargo, el sistema prevé implementar normas y políticas para equilibrar la privacidad de datos versus la información que es relevante para la investigación en curso.

La base de conocimiento está unida al planificador de manera que este puede hacer uso de la misma.

5.1.5. Estado del usuario

Básicamente el nodo tomará en cuenta dos situaciones: (i) las variables homeostáticas, con lo cual podemos evaluar su salud y ánimo y (ii) el reconocimiento de planes del usuario, que servirán en actividades.

El estado del usuario mide ciertas variables relacionadas con la salud de la persona mayor. Estas variables internas se adquieren a través de diferentes sensores, en nuestro caso la pulsera biométrica.

El reconocimiento del plan humano es un área basta de investigación y existen muchas posibilidades dentro de este apartado. En el trabajo, se propone utilizar sistemas de detección externa. Dichos sistemas se instalaran en lugares para reconocer actividades comunes (por ejemplo: comer, bañarse, lavar platos, etc.). Dichas actividades permitirán establecer patrones de comportamiento que pueden ser utilizados dentro de la planificación.

El módulo estado del usuario es dependiente directo del planificador y este lo actualiza periódicamente. Comparte información con el sistema de recompensa en caso de tener alguna novedad a partir de las variables internas.

5.1.6. Sistema de recompensa

El sistema de recompensa es un grupo de acciones personalizadas que depende del usuario. La personalización de dichas acciones se refiere a proporcionar opciones que permitan adaptar ciertas características del sistema en base a las evaluaciones de servicio, preferencias del usuario, limitaciones y habilidades personales.

El sistema de recompensa está conectado al estado del usuario para obtener información del usuario y entregar información periódica al planificador en caso de ser necesario.

5.2. Servidor Web

El servidor web representa todos los servicios en línea que dispone actualmente el sistema: vídeo-llamadas, conferencia, entre otros. El servidor permite la interrelación entre el usuario local y el usuario externo. Para ello dispone de un sistema de comunicación basado en un balcón de servicios, que permite recibir información de diferentes dispositivos (tabletas, mail, aplicaciones, entre otros), para después convertirla en información y servicios que terminan en el servidor local.

Por el momento se trabaja en la interfaz, definiendo los parámetros de diseño y con ello poder evaluar la idoneidad de la aplicación. Para este punto es necesario tener en cuenta los requerimientos de las personas mayores con respecto al uso de software y dispositivos.

El servidor Web está conectado directamente con el servidor local y los diferentes dispositivos con los cuales intercambia información a través de la aplicación a desarrollarse.

6. Funcionamiento

Para ejemplificar el funcionamiento del sistema se ha implementado el siguiente "caso de estudio" denominado "Asistencia al usuario", el cual se ve representado en la figura 5 donde: el círculo naranja representa al usuario directo, el círculo amarillo representa los elementos del hardware del sistema, el círculo violeta representa los elementos del servidor local, el círculo azul representa los elementos del servidor web, el círculo rojo

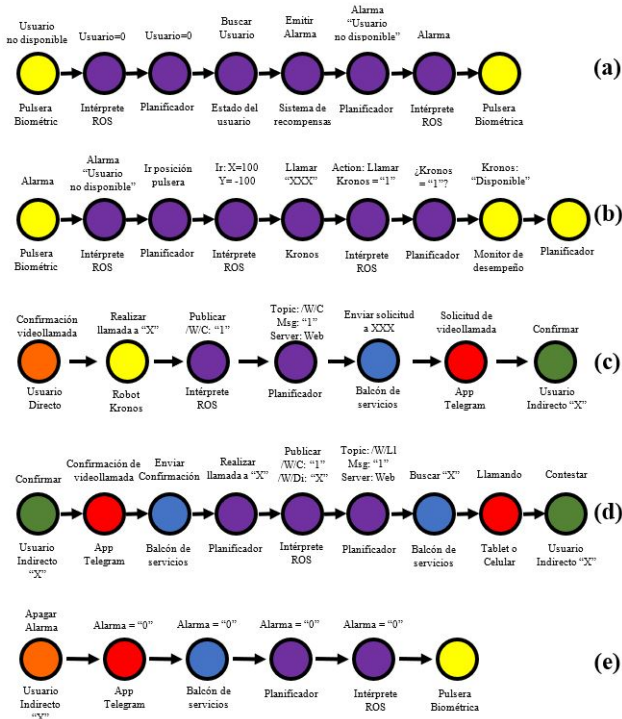


Figura 5: Caso de uso: "Asistencia al usuario". (a) Primera fase del caso, (b) Segunda fase del caso, (c) Tercera fase del caso, (d) Cuarta fase del caso, (e) Quinta fase del caso.

representa los elementos y servicios del usuario indirecto y el círculo verde representa a los usuarios indirectos.

El "caso de estudio" inicia cuando una alarma es emitida por la pulsera biométrica que informa que el usuario no está disponible por medio de una alarma. Esta información es obtenida en base a las variables homeostáticas, con las que se evalúa su salud y ánimo. El dato es enviado por medio del sistema de recompensa al planificador para que realice la tarea respectiva. Una vez que la información llega al planificador se procede a tomar la decisión de buscar al usuario con la ayuda de Kronos para identificar su posición, para ello envía la solicitud de búsqueda al robot por medio del intérprete Ros. Una vez que la solicitud le llega al robot se procede a buscar al usuario acudiendo a la posición de la pulsera. Luego de que Kronos llega al punto final detecta que la pulsera está ahí pero el usuario no se encuentra, como se muestra en la figura 5.a.

Como consecuencia del estado de emergencia se procede a la ejecución de una vídeo llamada con un familiar, para ello se ejecuta la solicitud al sistema. A su vez se realiza la conversión de la información para enviarla al Intérprete de ROS. Una vez que el dato es recibido por el intérprete se establece un protocolo de validación de la posibilidad de satisfacer dicha necesidad, entonces el sistema procede a la verificación de la existencia de un robot que cuente con estos atributos. Luego de encontrarlo verifica su estado de carga garantizando que la misma esté completa o sea la necesaria para el funcionamiento del robot y procede a enviar el dato de disponibilidad al planificador para su próxima tarea como se puede ver en la figura 5.b.

A partir de su verificación, se procede a enviar una alerta de realización de la vídeo llamada por medio del robot. Una vez recibida la alerta es publicado en el tópico /W/C el mensaje

"1" que envía una solicitud al familiar para realizar la acción por medio del servicio Telegram. Para ello el dato es enviado al planificador por medio del intérprete ROS, para a través de este proceder a enviar la solicitud desde el servidor local al servidor web. Una vez que la solicitud es recibida en el servidor web por medio de su balcón de servicios, se obtiene el dato del familiar y se envía la misma para su aprobación o negación, como se puede ver en la figura 5.c.

Una vez que el familiar confirma la vídeo llamada por medio de una respuesta al mensaje enviado por Telegram se procede a enviar la confirmación del servidor web al virtual por medio del envío de dicha información desde el balcón de servicios hacia el planificador. Luego de confirmada la vídeo llamada se realiza la publicación en el tópico /W/Di del mensaje "X" que es el dato del familiar con el cuál se requiere la comunicación. Esta información es enviada al planificador por medio del intérprete ROS, para enviar la solicitud desde el servidor local al servidor web. Una vez es recibida se procede a establecer la vídeo llamada entre el usuario y su familiar, como se puede ver en la figura 5.d.

A partir de ese momento se establece una comunicación en la que el familiar es informado de la situación, luego de lo cuál apaga la alarma puesto que el usuario salió de la casa (información que desconoce el sistema). Y se finaliza la ejecución del servicio, para ello la solicitud de finalización es enviada desde el servidor local al servidor web como se puede ver en la figura 5.e.

7. Conclusiones y trabajo futuro

El artículo expone la arquitectura desarrollada en un entorno de vida cotidiana asistida que integra diferentes componentes para el cuidado de la persona mayor. Se presenta la idea general del sistema, su esquema y los diferentes componentes tanto a nivel local como global. Además, se describen los elementos tanto a nivel hardware (red de sensores, sistema de interacción, robot de telepresencia y pulsera biométrica) como software (servidor local y web); dando sus diferentes funciones y aportes dentro del sistema. Con respecto al caso de estudio explicado en el artículo, el plan se ejecutó adecuadamente, en cuanto a los servicios de llamada personal, comportamientos sociales como adecuados y fáciles de realizar.

La investigación por el momento se encuentra en primeras fases, por lo cual se ha realizado con un escenario muy simplificado para su funcionamiento. Por el momento se han asumido algunas restricciones que se irán eliminando a medida que la investigación avance. El sistema actualmente no puede tratar con situaciones complejas (por ejemplo, que existan diferentes usuarios, que se realicen las tareas de modo cooperativo o que el usuario cambie de parecer en medio de la tarea). Se requiere supuestos simples (en el ejemplo presentado únicamente participan un usuario y un robot) y esto sacrifica la complejidad del problema. En trabajos futuros se validará el sistema con usuarios reales y en situaciones más complejas.

English Summary

Design of an architecture: Ambient assisted living for the Elderly with the Inclusion of Robots.

Abstract

The article describes the general aspects of developed ambient assisted living developed for the elderly. The different components are in software and hardware also shown and their implementation within the system. We analyzed the architecture and the different elements such as the planner, performance monitor, services online, etc. in a locally and globally form. Finally, a case of use with the telepresence robot is presented, to validate the system and analyze the results obtained with the proposed system.

Keywords:

Ambient assisted living, Human-Machine Interaction, Service Robots, Health Technology, Active Aging.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Programa Retos Investigación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (Ref. RTI2018-096652-B-I00) y por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación de la Junta de Castilla y León (Ref. VA233P18), cofinanciado con fondos FEDER. También, se agradece al Laboratorio de Sistemas Dinámicos y Mecatrónica, en el desarrollo, construcción y pruebas en los prototipos.

Referencias

Aguilar, R., Ortí, C., 2017. Diseño e implementación de un sistema robótico de monitoreo e interpretación de signos vitales de personas de edad avanzadas basado en openhab. Tech. rep., Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Antonopoulos, C., Keramidis, G., Voros, N., Huebner, M., Schwegelshohn, F., Goehringer, D., Dagioglou, M., Stavrinou, G., Konstantopoulos, S., Karkaletsis, V., 05 2018. Robots in assisted living environments as an unobtrusive, efficient, reliable and modular solution for independent ageing: The radio experience. pp. 712–723. DOI: 10.1007/978-3-319-78890-6_57

Coradeschi, S., Cesta, A., Cortellessa, G., Coraci, L., Galindo, C., Gonzalez, J., Karlsson, L., Forsberg, A., Frennert, S., Furfari, F., Loutfi, A., Orlandini, A., Palumbo, F., Pecora, F., von Rump, S., Štimec, A., Ullberg, J., Ötslund, B., 2014. GiraffPlus: A System for Monitoring Activities and Physiological Parameters and Promoting Social Interaction for Elderly. Springer International Publishing, Cham, pp. 261–271. DOI: 10.1007/978-3-319-08491-6_22

Cowan, D. D., Turner-smith, D. A., Engineering, C. O. R., 1999. The role of assistive technology in alternative models of care for older people. Research, HMSO 2, 325–346.

Fink, J., Bauwens, V., Mubin, O., Kaplan, F., Dillenbourg, P., 2011. People's perception of domestic service robots: Same household, same opinion? En: Mutlu, B., Bartneck, C., Ham, J., Evers, V., Kanda, T. (Eds.), Social Robotics. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 204–213.

Inoue, K., Wada, K., Uehara, R., 2012. How effective is robot therapy?: Paro and people with dementia. 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering.

iRobot, Apr 2018. Cambie la forma de limpiar para siempre, www.irobot.es/robots-domesticos/aspiracion.

Jaschinski, C., Ben Allouch, S., 2014. Ambient assisted living: Benefits and barriers from a user-centered perspective. p. 56–64.

Kaelbling, L. P., Littman, M. L., Cassandra, A. R., May 1998. Planning and acting in partially observable stochastic domains. *Artif. Intell.* 101 (1-2), 99–134. DOI: 10.1016/S0004-3702(98)00023-X

Kompai Robotics, Apr 2018. Kompai robotics, <https://kompairobotics.com/>.

Loza, D., Marcos, S., Zalama, E., García-Bermejo, J. G., 2018. Interaction system based on an avatar projected on a pyramidal display. En: 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2018, Madrid, Spain, October 1-5, 2018. pp. 3943–3948. DOI: 10.1109/IROS.2018.8593740

Medina, S., Córdova, F., 2018. Diseño y construcción del prototipo de robot móvil para telepresencia controlado a través de internet. Tech. rep., Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Moley – Robotic kitchen, Apr 2018. Future is served moley robotics, www.moley.com.

MQTT, Apr 2018. Mqtt org, <http://mqtt.org/>.

Ohta, S., Nakamoto, H., Shinagawa, Y., Tanikawa, T., 2002. A health monitoring system for elderly people living alone. *Journal of Telemedicine and Telecare* 8 (3), 151–156. DOI: 10.1177/1357633X0200800305

openHAB, Apr 2018. openhab empowering the smart home, <https://www.openhab.org/>.

Recupero, R., D. Gangemi, A., a M, M., Nolfi, S., Nuzzolese, A., Presutti, V., Raciti, M., Messervey, T., Casey, D., Dupourque, i., Pegman, G., Gkiokas, A., Bleaden, A., Greco, A., Kouroupetoglou, C., Handschuh, S., 2015. Mario: Managing active and healthy aging with use of caring service robots. Paper presented at the EU Project Networking at ESWC.

Robot Care Systems, Apr 2018. www.robotcaresystems.com/lea-care/, lea care.

ROS, Apr 2018. Ros, <http://www.ros.org/>.

Shi, W., 2015. A survey on assistive technologies for elderly and disabled people. *Journal of Mechatronics* 3 (2), 121–125. DOI: doi:10.1166/jom.2015.1094

Shiarlis, K., Messias, J., van Someren, M., Whiteson, S., Kim, J., Vroon, J. H., Englebienne, G., Truong, K., Pérez-Higueras, N., Pérez-Hurtado, I., Ramon-Vigo, R., Caballero, F., Merino, L., Shen, J., Petridis, S., Pantic, M., Hedman, L., Scherlund, M., Koster, R., Michel, H., 5 2015. Teresa: a socially intelligent semi-autonomous telepresence system. Eemcs-eprint-26143 ; Workshop on Machine Learning for Social Robotics 2015 ; Conference date: 26-05-2015 Through 26-05-2015.

Torta, E., Werner, F., Johnson, D. O., Juola, J. F., Cuijpers, R. H., Bazzani, M., Oberzaucher, J., Lemberger, J., Lewy, H., Bregman, J., Sep 2014. Evaluation of a small socially-assistive humanoid robot in intelligent homes for the care of the elderly. *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 76 (1), 57–71. DOI: 10.1007/s10846-013-0019-0

Viola, P., Jones, M. J., 2004. Robust real-time face detection. *Int. J. Comput. Vision* 57 (2), 137–154. DOI: 10.1023/B:VISI.0000013087.49260.fb

Woll, A., Bratteteig, T., Apr 2019. A trajectory for technology-supported elderly care work. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 28 (1), 127–168. DOI: 10.1007/s10606-018-9340-2

Young, J. E., Hawkins, R., Sharlin, E., Igarashi, T., Nov 2008. Toward acceptable domestic robots: Applying insights from social psychology. *International Journal of Social Robotics* 1 (1), 95. DOI: 10.1007/s12369-008-0006-y