

Plataforma para un entorno asistencial inteligente heterogéneo

Alícia Casals^{1,*}, Manuel Vinagre, Joan Aranda, Josep Amat

Centro de Investigación en Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica de Cataluña, Jordi Girona 1-3, 08029 Barcelona, España

Resumen

La creciente demanda de soporte tecnológico para la asistencia a personas con necesidades especiales obliga a avanzar tecnológicamente hacia sistemas más eficientes y con más prestaciones. En esta línea, en este artículo se describen los avances en el desarrollo de una plataforma que permite el control coordinado de diferentes agentes y otros elementos del entorno para conseguir un comportamiento autónomo en base a las necesidades o deseos del usuario. Para ello se estructura este entorno en base a la potencialidad de cada agente y elemento del entorno, así como del contexto dinámico, para generar los adecuados planes de actuación y la coordinación en su ejecución. *Copyright © 2018 CEA.*

Palabras Clave:

Arquitecturas de Sistemas, Sistemas cognitivos, Manipulación de tareas, Robótica, Redes semánticas

Datos del Proyecto:

Denominación del proyecto: Estrategias distribuidas de control y cooperación persona-robot en entornos asistenciales

Referencia: DPI2015-70415-C2-1-R

Investigador/es responsable/es: Alícia Casals Gelpí

Tipo de proyecto (internacional, nacional, autonómico, transferencia): Nacional

Entidad/es financiadora/s: Ministerio de Economía y Competitividad

Fecha de inicio/fin: 01-01-2016 / 31-12-2018

1. Introducción

El aumento de la demanda de servicios asistenciales debido al envejecimiento de la población conllevará un déficit para sustentar la cantidad de recursos humanos necesarios para este tipo de servicios en el futuro. Con la finalidad de adaptar la sociedad a este fenómeno y mejorar dichos servicios, la tecnología asistencial se sitúa como una de las soluciones necesarias para asegurar el bienestar de la población. Dicha tecnología facilita diferentes servicios de asistencia en tareas de la vida diaria a personas con discapacidad, aumentando su grado de autonomía y autoestima. La tecnología asistencial es muy variada, abarcando desde simples dispositivos que ayudan a comunicarse o desplazarse, siendo ya una realidad, hasta dispositivos más inteligentes, como sistemas robóticos, que son capaces de percibir ciertas condiciones de trabajo o entorno y adaptarse de forma dinámica a las necesidades del usuario. Se plantea pues la necesidad de avanzar hacia sistemas asistenciales inteligentes que destaquen por tener un comportamiento autorregulado en función de la información suministrada desde diferentes medios.

Estos sistemas se diferencian en la forma de gestionar la información percibida. Por un lado, se encuentran los sistemas reactivos que responden a estímulos u órdenes de manera inmediata, y por otro, los sistemas deliberativos que realizan una abstracción de la información percibida y su razonamiento para obtener un comportamiento adaptado a cada situación. Estos últimos tienden a conseguir capacidades de actuación semejantes a las humanas. Estas propiedades son de gran interés en los sistemas de asistencia ya que permiten aumentar su usabilidad y eficiencia.

El Grupo GRINS (*Grupo de Robótica Inteligente y Sistemas de la UPC*), tiene una larga trayectoria en el desarrollo de sistemas robóticos con capacidad de adaptarse a las necesidades del usuario, ya sea en el control adaptativo de un exoesqueleto (Rajasekaran et al., 2017), asistente de ayuda a la movilidad (Ballesteros et al., 2017), al reconocimiento de gestos y actividad del usuario para interpretar su voluntad o necesidades (Vinagre et al., 2015; Aranda y Vinagre, 2016) y así poder generar estrategias de actuación del robot de forma proactiva, o a la interacción multirobot para operar cooperativamente (Vinagre et al., 2014). En el proyecto anterior, IPRES (Estrategias de interacción y cooperación interpretativa persona-robot) junto con el grupo de Bioingeniería de la UMH se avanzó en el desarrollo de estrategias acomodativas (affordance), regulando el comportamiento del robot a las necesidades del usuario. En el proyecto AURORA (Estrategias distribuidas de control y cooperación persona-robot en entornos asistenciales) también en co-

* Autor en correspondencia.

Correos electrónicos: alicia.casals@upc.edu (Alícia Casals), manuel.vinagre.ruiz@upc.edu (Manuel Vinagre), joan.aranda@upc.edu (Joan Aranda), josep.amat@upc.edu (Josep Amat)

URL: grins.upc.edu (Alícia Casals)

laboración con el grupo de la UMH se pretende dar un paso más aportando un mayor nivel de coordinación entre los diferentes sistemas inteligentes que componen un entorno de asistencia o rehabilitación, en un contexto centrado en el usuario.

La creciente disponibilidad de diferentes dispositivos inteligentes y robots en nuestros hogares hará que en un futuro cercano formen parte de nuestro ecosistema de la vida diaria. Para poder generar un ecosistema lo más adaptable y útil posible, será necesaria una correcta interconexión y coordinación de los mismos. Ante esta necesidad, en el proyecto AURORA se plantea una mejora de los servicios asistenciales mediante el desarrollo de metodologías que faciliten el poder combinar las capacidades de diferentes tipos de dispositivos inteligentes. En este artículo se describe una metodología a través del diseño de una plataforma que permite efectuar esta coordinación entre sistemas inteligentes y se expone un ejemplo de aplicación en un entorno doméstico.

2. Entornos inteligentes

En la actualidad existen múltiples entornos que pueden verse beneficiados a través de la incorporación de aplicaciones inteligentes formadas por la combinación de diferentes tecnologías tanto software como hardware. Un claro ejemplo de entornos inteligentes lo encontramos en la Industria 4.0 cuyo objetivo es un incremento de la automatización, la flexibilidad y la escalabilidad de los entornos industriales, tal y como se explica en (Zezulka et al., 2016). En (Guerreiro et al., 2018) se identifican las ventajas de este tipo de tecnología para dotar a las compañías de la habilidad de adaptarse rápidamente a los cambios de producción y surge el concepto de reequipamiento inteligente (smart retrofitting) como método de implantación progresiva a la Industria 4.0.

Otras aplicaciones en proceso de cambio son las relacionadas con entornos quirúrgicos, llamadas aplicaciones de Cirugía 4.0, que abanderan el progreso de la innovación quirúrgica después de la implantación de las técnicas de cirugía mínimamente invasivas. Uno de los objetivos de la Cirugía 4.0 es la *digitalización de la cirugía* que como se explica en (Maier-Hein et al., 2017), será uno de los aspectos fundamentales en la mejora de los procedimientos quirúrgicos del futuro. En este trabajo se destaca la importancia en la colaboración inteligente multidisciplinar entre el personal, sistemas de asistencia y de procedimientos autónomos en hospitales y salas de operaciones para el soporte a la decisión en la cirugía, la asistencia contextual y el entrenamiento quirúrgico.

En la asistencia en la vida diaria nos encontramos los entornos Salud 4.0. En este caso los esfuerzos se orientan a la implantación de servicios inteligentes para dar soporte a terapias y a la vida diaria. En (Gonzalez-Usach et al., 2017) se presenta el desarrollo de un sistema de código abierto para generar un entorno inteligente de asistencia a pacientes que necesitan cuidados especiales. El sistema llamado SAFE-ECH es capaz de monitorizar el paciente a través de diversos sensores, analizar los datos obtenidos y gestionar acciones de manera inteligente a través de un procesador de eventos complejo.

Encontramos diferentes metodologías para generar entornos inteligentes en todos los ámbitos explicados anteriormente. Las más habituales son la implementación de sistemas ciber-físicos, entornos multi-robot y por último entornos heterogéneos que

combinan los anteriores. A continuación entramos en detalle en cada uno de ellos.

2.1. Entornos ciber-físicos

La gran mayoría de los entornos inteligentes se basan en sistemas compuestos de medios cibernéticos que procesan y modifican información del espacio digital y por medio de dispositivos físicos, tales como sensores y actuadores, adquieren información y actúan sobre el entorno del mundo real. Son los llamados sistemas ciber-físicos (CPS) e integran tres partes fundamentales: computación, comunicación y control físico. Con ello se consigue implantar entornos capaces de exhibir múltiples modos de actuación en función de un contexto creado a través de información digital o virtual y del mundo real.

Un tipo de entorno CPS es el llamado internet de las cosas (IoT), donde se crea una conexión entre objetos del entorno y las personas, procesando información en tiempo real. En (Dohr et al., 2010) se presenta la implementación de un entorno asistido inteligente para personas mayores en sus hogares, para que puedan tener una interacción más fluida con el entorno y sus cuidadores.

A pesar de que los CPS permiten el desarrollo de un gran abanico de servicios, usualmente están muy orientados a la conexión y comunicación de dispositivos a través de internet. En la gran mayoría de plataformas basadas en IoT, la coordinación de los dispositivos para generar servicios es pre-programada, estableciéndose vínculos entre las entradas y salidas para generar unos determinados comportamientos.

2.2. Entornos multi-robot

En las últimas décadas, los sistemas multi-robot (MRS) han tenido un auge importante en proyectos de investigación y han sido aplicados con éxito en muchos y diferentes dominios (Yasuda (2011)). Gracias a la especificidad y diversificación de las tareas, un MRS puede mejorar la efectividad de las mismas en términos de rendimiento y fiabilidad. Las soluciones propuestas a menudo implican heterogeneidad de los componentes del sistema, lo que comporta complejas estrategias de coordinación, para explotar las características de todos los componentes y para obtener soluciones eficientes.

En este trabajo, se ha prestado especial atención a MRS desarrollados para operar en entornos dinámicos, donde la incertidumbre y los cambios imprevistos pueden ocurrir debido a la presencia de otros agentes externos (la presencia de personas por ejemplo). Incluso considerando solo el subconjunto de MRS en aplicaciones de Robótica Asistencial, es difícil identificar un marco común de comparación para las soluciones técnicas presentadas hasta la fecha Das et al. (2015). Es un fenómeno común a otros dominios de aplicación incluso más fáciles de especificar como se demuestra con los equipos de Robot-Soccer en las pruebas de RoboCup, por ejemplo.

Un MRS no puede ser simplemente considerado como una generalización del caso de un solo robot y los enfoques propuestos necesitan ser precisamente caracterizados en términos de cómo se establecen suposiciones sobre el entorno y cómo se organiza el sistema internamente (Farinelli et al. (2004)).

De hecho, la necesidad de hacer frente a la adquisición de conocimiento fiable sobre un entorno real, hace que la evaluación experimental de los MRS constituya un aspecto de cierta dificultad. Las formas de cooperación utilizadas en MRS necesitan

tener en cuenta la incertidumbre e incompletitud derivadas de las limitaciones y errores del procesamiento de la información de los diferentes sensores.

Para sacar el máximo partido de los robots individuales en términos de robustez, flexibilidad y eficiencia, éstos deben cooperar para llevar a cabo una misión común. La complejidad de los MRS y de los nuevos dominios de aplicación requiere formas de coordinación cada vez más sofisticadas. Entre los problemas típicos de los sistemas multi-robot, centramos nuestro trabajo en el diseño de nuevos métodos de asignación de tareas, seleccionando el mínimo número de robots más adecuados para realizar una determinada tarea. (Hernansanz et al. (2015)).

2.3. Entornos de sistemas heterogéneos

La combinación de sistemas ciber-físicos y robóticos en un mismo entorno generan un gran valor añadido. Por un lado, los sistemas multi-robot se benefician del acceso a los recursos proporcionados por un sistema CPS, tales como información del entorno y del usuario. Esto permite que los robots tengan más información para elaborar sus procesos de decisión y más capacidad de actuación sobre el entorno. Por ejemplo, si el CPS contiene un conjunto de cámaras sobre la escena y un componente software que detecta objetos en la escena, el robot puede obtener esta información para localizar un determinado objeto que no encuentra localmente mediante su sistema de percepción. O bien, si existe una acción donde sea necesario acceder al interior de una nevera con apertura automática, el robot puede aprovechar este recurso para acceder al contenido de la misma de una manera más sencilla. Por otra parte, el sistema CPS se ve beneficiado por los recursos proporcionados por el robot. Por ejemplo, el sistema CPS puede añadir información no disponible mediante el acceso de acciones de exploración del robot a zonas inaccesibles por el CPS.

En el proceso de interrelación de sistemas CPS y sistemas robóticos existen diferentes aspectos a tener en cuenta: protocolo de comunicaciones, método de interoperabilidad, compartición de la información, modelado y coordinación de capacidades, entre otros. En este sentido, se investigan tecnologías de integración descentralizada tales como servicios en la nube para dar acceso a recursos digitales a los robots. Las ventajas más relevantes en este tipo de sistemas es el acceso a recursos de computación como servidores de análisis de datos o big data y recursos de almacenamiento flexible de datos.

Actualmente existe un nuevo paradigma que persigue la convergencia de sistemas ciber-físicos y robóticos, el internet de las cosas robóticas (IoRT). Este paradigma está basado en tres campos fundamentales: IoT, robótica, y computación en la nube.

3. Plataforma AURORA

Para poder asistir de forma eficiente y amigable al usuario, en el proyecto AURORA se ha diseñado una plataforma para crear servicios de forma dinámica en entornos asistenciales basados en componentes inteligentes de diferentes tipos, tal y como se muestra en la figura 1. Estos componentes pueden ser sensores, actuadores, aplicaciones o robots.

Esta plataforma ofrece diferentes prestaciones. La primera es una conectividad y gestión de los dispositivos presentes en el

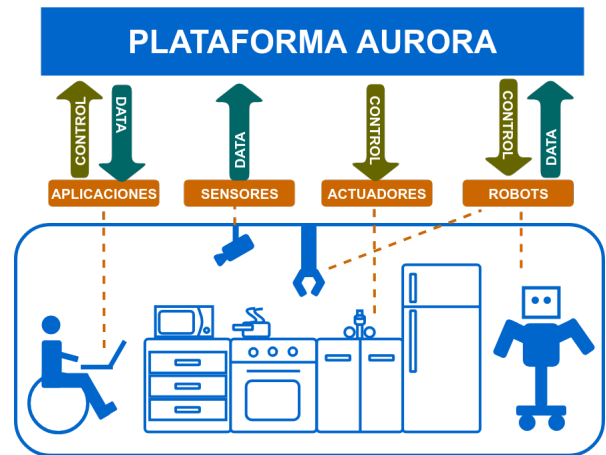


Figura 1: Entorno asistencial heterogéneo basado en la plataforma Aurora.

entorno. La segunda es la modelización de dispositivos a partir de un modelo general que contiene la información y las capacidades de los mismos. Asimismo, existe una modelización del entorno que describe su estado y que se usa como contexto en el sistema. Se dispone también de un generador de servicios dinámico en función de las capacidades y habilidades posibles en los dispositivos conectados y en función del contexto. Los servicios de asistencia disponibles en un determinado momento son presentados al usuario mediante una interfaz interactiva. Una vez el usuario desea recibir un determinado servicio, la plataforma controla y monitoriza su correcta ejecución.

El conjunto de prestaciones de la plataforma se genera mediante un sistema de gestión contextual orientado al concepto del término *habilidad*. Una habilidad se define como una propiedad del sistema que determina la posibilidad de realizar una tarea dependiendo del contexto y las capacidades de los diferentes dispositivos. Los servicios u objetivos del sistema se alcanzan a través de una habilidad o un conjunto de habilidades disponibles en cada instante.

La plataforma Aurora está compuesta por tres módulos: el módulo de gestión del conocimiento, el módulo de abstracción de dispositivos y el módulo de servicios.

El módulo de gestión del conocimiento se ocupa de mantener toda la información del entorno, tanto su estado como las relaciones y reglas entre los diferentes elementos del mismo. Esta información está almacenada mediante clases e instancias sobre modelos ontológicos en OWL (*ontology web language*). Para este módulo se usa el sistema de procesamiento del conocimiento desarrollado en el proyecto KnowRob (Tenorth y Beetz (2013)) que nos proporciona mecanismos de almacenamiento y recuperación de acciones, objetos, procesos, eventos, propiedades y relaciones. El conocimiento de la capacidad se establece como una propiedad que tienen los actores y que representa la posibilidad de realizar una determinada tarea. En Aurora las capacidades están estructuradas jerárquicamente a partir de dos capacidades base: capacidad informativa y operativa. A nivel funcional, este módulo incluye la base de conocimiento de modelos 3D de diferentes objetos y el modelo dinámico del entorno.

El módulo de abstracción de dispositivos realiza un gestión de los mismos mediante dos capas, una capa de interconexión y otra de modelización. La primera capa se encarga de gestionar las comunicaciones con todos los dispositivos mediante el

uso del middleware ROS (Robotic Operating System, Quigley et al. (2009)). Para poder establecer un sistema heterogéneo se realiza una comunicación desde ROS con la plataforma OpenHab, una plataforma de interconexión de dispositivos inteligentes (IoT). Sobre esta capa está la modelización de dispositivos que contiene una definición de los tipos de dispositivos y de las capacidades de los mismos. Estas definiciones se gestionan a través de la información proporcionada por el módulo de gestión del conocimiento. A nivel funcional, este módulo permite la interconexión de los actores: agentes de control, interfaz y de reconocimiento y localización.

El módulo de servicios se ocupa de gestionar la definición, actualización y realización de los servicios disponibles. Para ello se gestiona la información contextual de forma similar a Santofimia et al. (2016) con la adaptación del concepto de habilidad como unidad cuantificable de un servicio. Los servicios son el resultado de la planificación mediante la composición de distintas habilidades posibles en función del estado del entorno y de las capacidades de los actores. Estas habilidades tienen como objetivo cumplir un servicio y son evaluadas mediante un factor de competencia de la habilidad. Este factor se calcula mediante la evaluación de cada habilidad y capacidad disponible. Estas evaluaciones se calculan bajo las condiciones actuales del contexto. Actualmente en Aurora existen diferentes tipos de funciones de evaluación. Se han desarrollado funciones de evaluación relacionadas con acciones que modifican el entorno. Por ejemplo, existe una evaluación sobre la manipulación de los objetos en función de su forma, la acción y el estado del entorno. Se dispone también de aquellas funciones de evaluación de acciones dirigidas al usuario, donde se evalúan principalmente aquellas capacidades y habilidades de interacción persona-robot. Por otro lado se han desarrollado funciones de evaluación de adquisición e interpretación de la información del entorno. Por último, se dispone de funciones de evaluación de adquisición e interpretación de la información relacionada con el usuario.

3.1. Implementación: Evaluación sobre el entorno

Para efectuar la evaluación y validación de la arquitectura del sistema heterogéneo planteado, se dispone de una plataforma experimental que emula la cocina-comedor de un entorno doméstico. Esta plataforma está constituida por la superficie de trabajo que contiene una cocina de inducción de dos elementos controlables externamente y un fregadero, también dotada de actuadores tales como electroválvulas que permiten actuar sobre el agua fría o caliente. Como elementos auxiliares se dispone de una nevera dotada de un dispositivo motorizado de apertura y cierre de la puerta, y un armario. Para poder experimentar las estrategias de control coordinado de un conjunto de agentes, esta plataforma dispone de tres robots de características muy distintas y complementarias: un robot cartesiano suspendido del techo, un segundo robot bíbrazo para las operaciones a dos manos y un brazo robot auxiliar sobre la superficie de trabajo.

La implementación de la estrategia de control planteada queda sintetizada en la figura 2, en la que se muestran los agentes actualmente incorporados al sistema, y en modo atenuado otro tipo de agentes que se irán incorporando en el futuro, como los mostrados en Aranda y Vinagre (2016) y Morales et al. (2015), que están siendo adaptados actualmente para incorporar información de estado e intención del usuario en el entorno, indicado en difuminado en la figura 2.

El Sistema dispone de una interfaz de usuario que permite la interacción con el entorno a partir de una interfaz gráfica interactiva que permite seleccionar elementos del entorno y seleccionar y desencadenar las acciones que permiten alcanzar los objetivos propuestos.

Para poder efectuar la planificación y generación de tareas en un espacio complejo, en el que existen restricciones estructurales y ocasionales, se dispone de un espacio de trabajo común de coordinación y gestión, la pizarra. Este pizarra discretizada volumétricamente contiene un mapa tridimensional del entorno, que se inicia con el CAD preconocido del entorno y es actualizado en tiempo real a partir del procesado de las imágenes proporcionadas por las distintas cámaras dispuestas en el entorno, y contiene la información sobre el grado de disponibilidad de cada agente en cada punto del espacio.

Después de generar cada orden por parte del usuario, el planificador deberá evaluar el grado de adecuación de las capacidades y habilidades de cada agente. Esta evaluación no es de tipo global y excluyente en el sentido de asignar una tarea a un agente y dejar en reposo a todos los demás. La evaluación de capacidades y habilidades implementada tiene por objetivo el poder segmentar cada acción en subacciones cuando cada una de ellas puede ser realizada en mejores condiciones mediante un agente determinado. Para conseguir este objetivo, se utiliza una función discreta de idoneidad tridimensional, calculando para cada agente un valor de idoneidad en cada vóxel del espacio, utilizando una función binómica multiparamétrica:

$$\Phi_{xyz}[n] = \alpha\varphi(p_1 + p_2 + \dots + p_n) + (1 - \alpha)\psi(q_1 + q_2 + \dots + q_n). \quad (1)$$

donde n es el número de agentes, $\varphi(p_i)$ es una función basada en las capacidades de cada agente dadas por unos parámetros cuantitativos p_i ; y la función $\psi(q_i)$ que está basada en unos criterios cualitativos q_i derivados de las habilidades de cada agente. El parámetro α es un factor de ponderación de los criterios cuantitativos basados en las capacidades de cada agente y los cualitativos basados en las habilidades de cada agente. Los parámetros cuantitativos que han sido considerados inicialmente para la validación de la estrategia propuesta han sido:

- $p_1 = (P_{max} - P_r) / P_{max}$, definido como un margen de carga en cada vóxel del espacio de trabajo, siendo P_{max} la capacidad de carga del robot y P_r la carga del objeto a manipular.
- $p_2 = 1 - (T_i - T_{min}) / T_i$, definido como el factor velocidad de ejecución, medido desde el origen de la trayectoria hasta cada punto intermedio de la trayectoria.
- $p_3 = (1 - 1 / (d_{min} + 1))$, que define la capacidad de acceso de cada agente al punto de operación, siendo d_{min} la distancia a una singularidad de la articulación que representa un mínimo entre todas ellas.
- $p_4 = (h_{max} - h_r) / P_{max}$, definido como la capacidad de presión, en que h_{max} es el valor de apertura del elemento terminal, y h_r la apertura resultante de la presión realizada

Como parámetros cualitativos introducidos inicialmente como indicadores de la calidad de la tarea realizada por cada agente, en este caso unos brazos robóticos, se han utilizado los parámetros:

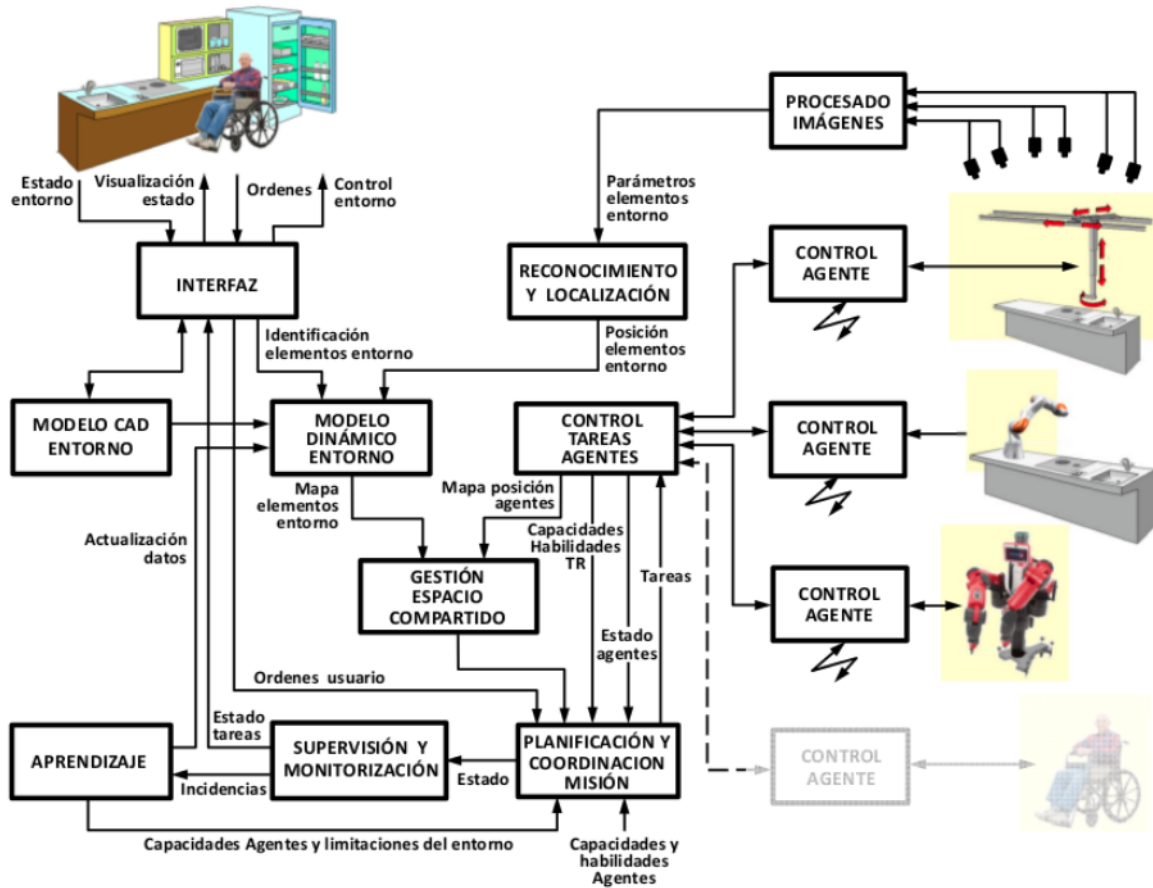


Figura 2: Esquema funcional de la plataforma AURORA.

- $q_1 = 1 - V_{pp_{max}}/V_{pp}$, que indica la suavidad en la ejecución de la tarea. Este factor de suavidad es calculado a partir del valor V_{pp} , como el valor medio de los valores de pico de la señal frecuencial generada por un acelerómetro situado sobre el elemento terminal de cada agente, en cada intervalo de trayectoria considerado, y siendo $V_{pp_{max}}$ el valor máximo obtenido de esta tensión a lo largo de toda la trayectoria. Cuando no ha sido posible la instalación de un acelerómetro en un elemento terminal, en su defecto se ha aplicado el mismo principio con la corriente aplicada en cada actuador del agente considerado.
- $q_2 = 1 - \Gamma_{max}/\Gamma_r$ que indica la facilidad de manipulación a lo largo de la realización de cada tarea, en que Γ_r es el par efectuado por la última articulación de la cadena cinemática de cada brazo robótico, y Γ_{max} el par máximo admisible.

Para la obtención de la función $\Phi_{xyz}[n]$ de cada agente dentro de la pizarra de trabajo en la etapa de planificación, antes de efectuar la asignación de recursos y cada tarea, se utiliza el simulador de trayectorias a cada agente. Esto permite efectuar la segmentación de tareas en subtareas, en función de los mayores valores obtenidos para cada agente de la función de disponibilidad a lo largo de la trayectoria que ejecuta la tarea. Dado que al efectuar esta segmentación puede dar lugar a una excesiva segmentación y transferencia de tareas entre agentes (figura 3 a), se introduce un factor de histéresis en el algoritmo de cambio de asignación, tal como se indica en la (figura 3 b).

3.2. Resultados

Esta implementación de las funciones de capacidad y habilidad se ha aplicado en el entorno de la cocina robotizada disponible en el departamento, seleccionando un deseo por parte del usuario (acción) y un elemento concreto de la escena (concreción), comunicándose con el sistema a partir de sus restos motrices y de una interfaz gráfica interactiva. Si el deseo seleccionado ha sido “Beber” y el objeto deseado ha sido “Zumo de frutas”, el sistema localiza primero en la base de datos la ubicación en la nevera del zumo, lo que constituye el origen de una tarea. Posteriormente obtiene de la base de datos la caracterización de la función “Beber”, consistente en depositar el objeto deseado en el objeto receptor. En este caso, la especificación obtenida será de verter un líquido por decantación sobre una taza que debe ser situado en el punto preestablecido de “Beber”. Dado que en la pizarra de trabajo no se percibe una taza, se genera una tarea previa, la de depositar una taza en el punto de “Beber”. De este modo, la orden dada por el usuario ha desencadenado una misión ejecutable mediante dos acciones que se evalúan en serie utilizando una simulación para poder asignar a los agente. Para transferir el zumo desde la nevera hasta la taza ya colocada en su emplazamiento, en que se generan dos subacciones, utilizando dos robots distintos, una primera para la extracción del zumo de la nevera y acercamiento al punto final, y una segunda para la llegada y vertido del zumo. Una vez evaluada la tarea por simulación y asignadas las funciones a cada agente, la realización se consigue según la previsión efectuada, en la mayoría

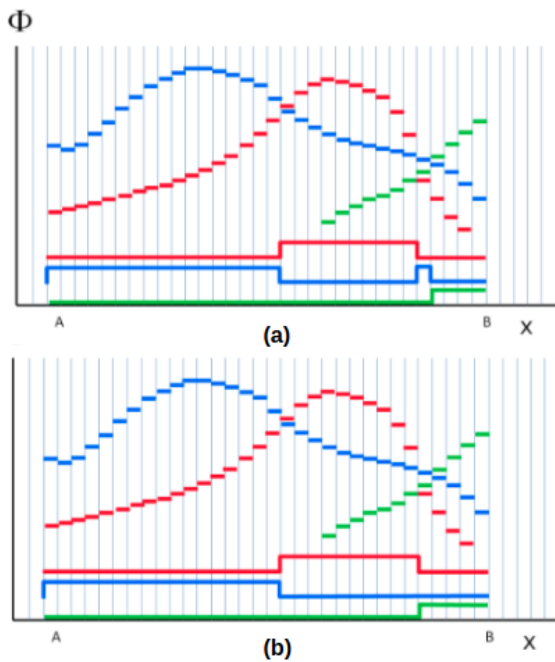


Figura 3: Proyección sobre un plano de valores de las funciones de idoneidad de tres agentes a lo largo de una trayectoria, segmentación y asignación de subtareas.

de ensayos sin incidencias. En este caso el tiempo de vertido ha sido determinado por una orden de “listo” dada por el usuario, dado que por una parte se estima que es preferible que sea el usuario quien module la acción deseada, y por otra parte, esta fase del proyecto no se dispone de capacidad de percepción suficiente para poder efectuar de forma autónoma esta operación.

El trabajo que se espera realizar próximamente, por una parte se enfoca hacia el perfeccionamiento de los algoritmos utilizados para evaluar las capacidades y habilidades de cada agente, y por otra parte, hacia la generación de tareas simultáneas que permitan ensayar tareas de cooperación entre agentes.

English Summary

Platform for a heterogeneous intelligent assistive environment

Abstract

The growing demand for technological support to assist people with special needs forces us to advance technologically towards more efficient systems and with better performances. In this line, this article describes the advances in the development of a platform that allows the coordinated control of different agents and other elements of the environment to achieve its autonomous behavior based on the needs or desires of the user. For this, this environment is structured based on the potential of each agent and element of the environment, as well as on the dynamic context, to generate the appropriate action plans and coordination along their execution.

Keywords:

System architectures, Cognitive Systems, Manipulation tasks, Robotics, Semantic networks

Referencias

- Aranda, J., Vinagre, M., Aug 2016. Anticipating human activities from object interaction cues. En: IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 58–63.
- Ballesteros, J., Urdiales, C., Martínez, A., Ramos, G., Dec 2017. A biomechanical dynamic window approach to navigation for collaborative control. IEEE Transactions on human-machine systems 47 (6), 1123–1133.
- Das, G. P., McGinnity, T. M., Coleman, S. A., Behera, L., Oct 2015. A distributed task allocation algorithm for a multi-robot system in healthcare facilities. Journal of Intelligent & Robotic Systems 80 (1), 33–58.
- Dohr, A., Modre-Oprian, R., Drobnic, M., Hayn, D., Schreier, G., April 2010. The internet of things for ambient assisted living. En: 2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations. pp. 804–809.
- Farinelli, A., Iocchi, L., Nardi, D., October 2004. Multi robot systems: A classification focused on coordination. IEEE Transactions on System Man and Cybernetics, part B 34 (5), 2015–2028, New York, (USA).
- Gonzalez-Usach, R., Collado, V., Esteve, M., Palau, C. E., May 2017. Aal open source system for the monitoring and intelligent control of nursing homes. En: 2017 IEEE 14th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC). pp. 84–89.
- Guerreiro, B. V., Lins, R. G., Sun, J., Schmitt, R., 2018. Definition of smart retrofitting: First steps for a company to deploy aspects of industry 4.0, 161–170.
- Hernansanz, A., Casals, A., Amat, J., Jun. 2015. A multi-robot cooperation strategy for dexterous task oriented teleoperation. Robot. Auton. Syst. 68 (C), 156–172.
- Maier-Hein, L., Vedula, S. S., Speidel, S., Navab, N., Kikinis, R., Park, A., Eisenmann, M., Feussner, H., Forestier, G., Giannarou, S., Hashizume, M., Katic, D., Kennigott, H., Kranzfelder, M., Malpani, A., März, K., Neumuth, T., Padoy, N., Pugh, C. M., Schoch, N., Stoyanov, D., Taylor, R. H., Wagner, M., Hager, G. D., Jannin, P., 2017. Surgical data science: Enabling next-generation surgery. CoRR abs/1701.06482.
- Morales, R., Badesa, F., García, N., Aranda, J., Casals, A., 2015. Evaluación en un paciente con ictus en fase crónica de un sistema autoadaptativo de neurorehabilitación robótica. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial 12 (1), 92–98.
- Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B. P., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., Wheeler, R., Ng, A. Y., 2009. Ros: an open-source robot operating system. En: ICRA Workshop on Open Source Software.
- Rajasekaran, V., Vinagre, M., Aranda, J., Jul 2017. Event-based control for sit-to-stand transition using a wearable exoskeleton. En: IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 400–405.
- Santofimia, M. J., Villa, D., Villanueva, F. J., Escolar, S., Lopez, J. C., Oct 2016. A semantic middleware architecture for supporting real smartness. En: IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 6925–6930.
- Tenorth, M., Beetz, M., April 2013. KnowRob – A Knowledge Processing Infrastructure for Cognition-enabled Robots. Part 1: The KnowRob System. International Journal of Robotics Research (IJRR) 32 (5), 566 – 590.
- Vinagre, M., Aranda, J., Casals, A., Jan 2014. An interactive robotic system for human assistance in domestic environments. Lecture notes in computer science 8548, 152–155.
- Vinagre, M., Aranda, J., Casals, A., Jan 2015. A new relational geometric feature for human action recognition. En: Informatics in Control, Automation and Robotics: 10th International Conference, ICINCO 2013: Reykjavík, Iceland, July 29-31, 2013. Springer, pp. 263–278.
- Yasuda, T., 2011. Multi-Robot Systems: Trends and Development. InTechOpen.
- Zeulka, F., Marcon, P., Vesely, I., Sajdl, O., 2016. Industry 4.0 – an introduction in the phenomenon. IFAC-PapersOnLine 49 (25), 8 – 12, 14th IFAC Conference on Programmable Devices and Embedded Systems PDES 2016.