



Un dispositivo de cocina inteligente para ayudar a los usuarios con discapacidades cognitivas

Bruno Bouchard¹ · Kevin Bouchard¹ · Abdenour Bouzouane¹

Recibido: 14 de enero de 2020 / Aceptado: 31 de marzo de 2020 © Springer Nature Suiza AG 2020

Resumen

En nuestro mundo que envejece, un número creciente de personas sufre de déficit cognitivo, lo que la mayoría de las veces conduce a una autonomía reducida. Incluso con sus capacidades disminuidas, estas personas a menudo se quedan en casa o se van a vivir con un pariente. Luego deben realizar importantes tareas diarias (como cocinar) utilizando dispositivos y electrodomésticos diseñados para personas sanas, que no tienen en cuenta su deterioro cognitivo. El uso de estos dispositivos es arriesgado y puede provocar una tragedia (p. ej., un incendio). Una posible respuesta a este desafío es proporcionar sistemas automatizados que realicen tareas en nombre del usuario discapacitado. Sin embargo, estudios clínicos han demostrado que alentar a los usuarios a mantener su autonomía ayuda mucho a preservar la salud, la dignidad y la motivación. Por ello, presentamos en este trabajo un nuevo prototipo de gama inteligente que **permite monitorizar y guiar a un usuario con deterioro cognitivo en la actividad de preparación de una comida**. Este nuevo prototipo original es capaz de **dar indicaciones adaptadas al usuario en la realización de varias recetas mediante la explotación de células de carga, sensores de calor y contactos electromagnéticos integrados en la gama**. Nuestro sistema también es capaz de detectar situaciones de riesgo y tomar acciones preventivas en consecuencia. Incluye un algoritmo de reconocimiento de transición de estado que incorpora un modelo de los principales errores cognitivos. Finalmente, presentamos varios experimentos con el prototipo y un estudio realizado con los usuarios objetivo, con empresas, organismos públicos y profesionales.

Palabras clave Dispositivo de cocción · Gama inteligente · Inteligencia artificial · Sensores, actuadores · Deterioro cognitivo · Tecnología de asistencia

1. Introducción

En nuestra sociedad que envejece [59], la capacidad de una persona para preparar su propia comida constituye una de las afirmaciones más básicas de autonomía [53]. De hecho, cocinar es una actividad muy gratificante que da una sensación de logro y que no requiere mucho esfuerzo físico. Es la mejor manera para que un adulto mantenga una dieta saludable, lo que ayuda a reducir el riesgo de desarrollar problemas de salud crónicos, como enfermedades cardíacas, diabetes e hipertensión arterial [18]. Cocinar también promueve una buena calidad de vida y es una excelente manera para que las personas mayores mantengan un sentido de independencia, se mantengan activos y

socializar. Además, uno puede comer mejor por un precio más barato al preparar su propia comida. Desde esa perspectiva, permitir que las personas mayores que se quedan en casa y/o en una residencia de mayores cocinen es deseable por razones sociales, sanitarias y económicas. Preparar una comida es una de las actividades más antiguas del mundo. En definitiva, consiste en seguir una receta, que es un conjunto de instrucciones que describen cómo preparar un plato. Por lo general, implica los siguientes pasos [56]:

- Ir a buscar las materias primas (por ejemplo, del frigorífico).
- Preparar las materias primas para su uso adecuado (por ejemplo, pelar o cortar).
- Mezclarlos adecuadamente y en el orden correcto.
- Usar dispositivos de cocina (batidoras, cocinas, quemadores, microondas, etc.) para mezclar y cocinar el plato.
- Servir el plato en plato.

Como todos sabemos, cocinar conlleva ciertos riesgos. El principal es el fuego. Por ejemplo, la Asociación Nacional de Protección contra Incendios de EE. UU. [46] informa que tres (3) de cada diez (10) incendios domésticos comienzan en la cocina, más que en cualquier otra habitación de la casa. En

B Bruno Bouchard

bruno.bouchard@uqac.ca

Kevin Bouchard

kevin.bouchard@uqac.ca

Abdenour Bouzouane

abdenour.bouzouane@uqac.ca

¹ Laboratorio LIARA, Universidad de Quebec en Chicoutimi (UQAC), 555 boul. Universidad, Saguenay, QC G7H 2B1, Canadá

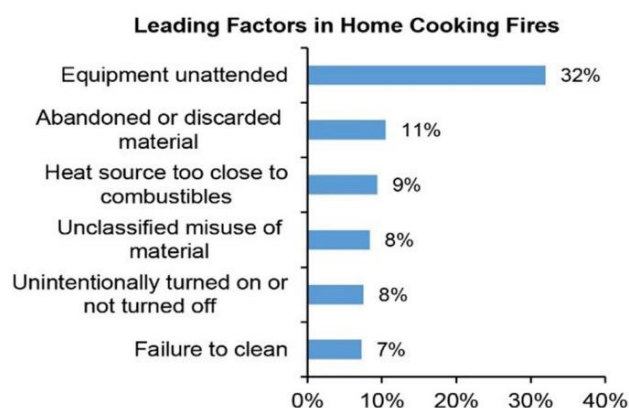


Fig. 1 Factores principales en los incendios domésticos para cocinar [46]

en la mayoría de los casos, el riesgo de incendio parece ser inherente al uso de la estufa, la estufa y el horno. Como podemos ver en la Fig. 1, la NPFA también establece que el factor humano (por ejemplo, equipos desatendidos) es la causa principal.

En el caso específico de los ancianos que utilizan el equipo, los riesgos se incrementan. Como ejemplo, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) informa que las personas mayores de 65 años tienen un riesgo 2,5 veces mayor de morir en un incendio en la cocina que la población general. Podemos multiplicar estos riesgos por 10 o 20 cuando las personas mayores sufren un deterioro cognitivo leve o moderado [37]. A pesar de estos importantes riesgos, la mayoría de las personas mayores quieren permanecer en casa el mayor tiempo posible y aún quieren poder cocinar y permanecer lo más independientes posible. Por lo tanto, el desafío es cómo dar a las personas mayores, incluso con problemas cognitivos leves, la posibilidad de cocinar minimizando los riesgos asociados.

Primero, uno necesita entender qué tipo de problemas experimentan estas personas. Las personas mayores con deterioro cognitivo sufren principalmente de funciones ejecutivas debilitadas, pérdidas esporádicas de memoria y problemas para centrar su atención en una tarea específica [10]. Por lo tanto, una distracción (por ejemplo, una llamada telefónica, un ruido desconocido, etc.) o un lapsus de memoria pueden llevar a una persona a realizar acciones en el orden incorrecto, a saltarse algunos pasos de una actividad, a realizar acciones que ni siquiera están relacionadas con la original. objetivo planeado, o de olvidarse por completo de lo que estaba haciendo (por ejemplo, olvidarse de algo en el horno de la estufa). Sin embargo, la capacidad de la persona para realizar una acción simple (sin muchos pasos) permanece relativamente inalterada [34]. Por lo tanto, esta situación requiere supervisión del usuario e intervenciones ad hoc por parte de, por ejemplo, un cuidador. Cuando se proporciona apoyo continuo a esa persona, en forma de ayuda cognitiva, un usuario con deterioro cognitivo puede realizar su actividad (como cocinar). Además, mantener a la persona cognitivamente activa contribuye a ralentizar el proceso degenerativo de la enfermedad (por ejemplo, el Alzheimer) [11].

A la luz de estos problemas, muchos científicos en el campo [3,12,44,58] consideran que la tecnología inteligente se presenta como una vía viable de solución, con muchas esperanzas de ayudar a este tipo de personas a realizar sus AVD. sin peligro. Un enfoque potencial para resolver este problema es desarrollar sistemas automatizados eficientes que realicen tareas en nombre del residente. Sin embargo, los estudios clínicos han demostrado que alentar a los usuarios mayores a mantener un cierto nivel de autonomía ayuda en gran medida a preservar la salud, la dignidad y la motivación [16]. En ese sentido, los sistemas automatizados tenían el inconveniente de sustraer por completo la autonomía del usuario. Un enfoque alternativo consiste en desarrollar sistemas de asistencia (en lugar de sistemas automatizados), que sean capaces de rastrear una actividad de un usuario con discapacidad cognitiva para identificar sus acciones erróneas o arriesgadas, y que sean capaces de dar avisos adecuados (pistas, sugerencias o recordatorios).), aumentando así la probabilidad de un resultado conductual deseado [19]. El objetivo de estos sistemas es proporcionar una orientación adecuada al usuario que le permita realizar, por sí mismo, sus AVD de forma segura.

En este artículo, presentamos un nuevo sistema de asistencia de este tipo, que toma la forma de un prototipo de cocina inteligente [15] que permite monitorear la actividad de cocina de un usuario con discapacidad cognitiva y brindar una guía adaptada [36] para completar una receta. . Nuestro sistema también es capaz de detectar situaciones de riesgo (por ejemplo, un estado peligroso que puede provocar un incendio) y puede tomar medidas preventivas en consecuencia. La originalidad del dispositivo es combinar, en tiempo real, las entradas provenientes de celdas de carga, sensores de calor y contactos electromagnéticos integrados en el rango para inferir el estado actual de una actividad en curso. El sistema también identifica los principales tipos de errores que caracterizan a los usuarios con deterioro cognitivo [8,55]. El modelo de inteligencia artificial (IA) del prototipo se basa en una representación estocástica de cada actividad con un modelo de transición de estado [25], que se incluye en una base de conocimiento. Presentamos una declaración de invención en nuestra universidad para este dispositivo y también obtuvimos una patente provisional (2015) que cubre América del Norte sobre esta invención. Realizamos varios experimentos con el prototipo, dando resultados prometedores que se presentarán en este documento, mostrando el interés de este dispositivo. También realizamos, con la ayuda de una empresa de valorización, un estudio exhaustivo con los usuarios objetivo, con las empresas, los organismos públicos y los profesionales. Para este estudio se han realizado 42 entrevistas individuales y se ha consultado directamente a 148 empresas y organismos. Los aspectos más destacados del resultado de este enorme estudio también se presentan en este documento.

El resto del documento está estructurado de la siguiente manera. La sección 2 resume el concepto de errores cognitivos y describe las diferentes categorías que existen según los estudios. Esta sección ayudará al lector a comprender el tipo específico de problemas de comportamiento relacionados con los usuarios con discapacidad cognitiva y ver cómo podemos abordarlos con un dispositivo de asistencia. La sección 3 presenta los trabajos recientes relacionados con sistemas de asistencia similares dedicados a la población con cogni

déficits tivos. En esta sección, presentamos específicamente sistemas desarrollados para ayudar a las personas a cocinar y sistemas relacionados dedicados a otro tipo de actividades. La Sección 4 presenta en detalle nuestro nuevo prototipo de dispositivo inteligente para ayudar a los usuarios con discapacidad cognitiva a realizar sus actividades de cocina.

Esta sección también cubre la implementación de los sistemas (hardware y software), la arquitectura del agente de asistencia de software, los algoritmos de seguimiento de objetos basados en celdas de carga, el monitoreo pasivo y activo de recetas, el modelo de inteligencia artificial utilizado para la detección de errores. , etc.

La Sección 5 luego presenta los resultados experimentales de una serie de pruebas realizadas en el prototipo para validar su funcionalidad y su eficiencia. Todo el sistema y varios subsistemas se han probado por separado. La sección 6 presenta los aspectos más destacados de los resultados del estudio exhaustivo que realizamos con los usuarios objetivo, con empresas, con organismos públicos y con profesionales en la materia. Estos resultados permiten ver el potencial de mercado del dispositivo, comprender mejor las necesidades de los usuarios, visualizar cómo implementar el dispositivo en un contexto real, etc. El estudio también permite mostrar claramente el camino para trabajos futuros. Finalmente, la Secc. 7 concluye el documento. En esta sección, resumimos nuestra contribución, discutimos las limitaciones y las ventajas de nuestros nuevos dispositivos y, por supuesto, proponemos varias vías para investigar en futuros trabajos.

2 Categorías de errores cognitivos

El comportamiento de las personas con déficit cognitivo se caracteriza por la presencia de incoherencias esporádicas en sus acciones, que aparecen cuando realizan actividades complejas que involucran habilidades cognitivas [47]. De hecho, las personas sin dicho impedimento también pueden actuar de manera incoherente. La principal diferencia es que una persona sana es, la mayor parte del tiempo, capaz de reconocer sus errores de conducta y corregirlos por sí misma. Además, las personas sanas no actúan de manera incoherente con regularidad. Por el contrario, una persona que sufre, por ejemplo, de la enfermedad de Alzheimer, ciertamente actuará de manera incoherente, incluso mientras realiza tareas familiares, y su comportamiento se volverá cada vez más incoherente a medida que la enfermedad evolucione. En la literatura, la noción de trastornos cognitivos y sus impactos en el desempeño de las AVD ha sido bien estudiada [34]. Existen muchas categorizaciones para describir el tipo de errores cognitivos. Sin embargo, todos estos sistemas de categorización son similares y cubren la mayoría de los tipos de errores cognitivos.

Por ejemplo, la Prueba de acción naturalista (NAT) [55] es una prueba de evaluación estándar que propone un sistema de categorización basado en el comportamiento orientado a objetos. Otro ejemplo es la Evaluación de tareas de cocina (KTA) [8], que es una medida funcional muy conocida que utilizan los terapeutas para registrar el nivel de apoyo cognitivo que necesita una persona para completar con éxito una tarea de cocina. La KTA propone un sistema de categorización dividido en seis tipos de errores:

1. *Iniciación* Los errores de iniciación ocurren cuando la persona, por cualquier motivo, no puede comenzar su tarea. Por ejemplo, si un terapeuta le indica a un paciente de Alzheimer que debe tomar su medicamento ahora mismo, el paciente puede responder "Está bien, me lo voy a tomar ahora", pero aún así puede no hacer nada. Literalmente, la persona es incapaz de "iniciar" la tarea porque no sabe cómo (se le olvidó).
2. *Organización* Los errores de organización ocurren cuando la persona realiza algunos pasos de una actividad de manera inapropiada. Por ejemplo, la persona puede usar el tipo incorrecto de cuchara, o incluso un cuchillo, para mezclar los ingredientes de una receta.
3. *Ejecución* Los errores de ejecución ocurren cuando una persona tiene una distracción (sobrecarga cognitiva) o un lapso de memoria, que la lleva a realizar acciones que no tienen nada que ver con su objetivo original, o a saltarse algunos pasos de su actividad. Por ejemplo, un usuario puede poner un plato de sopa en el horno de microondas para calentarlo olvidando encender el microondas y, unos minutos después, comerse la sopa pensando que está caliente cuando aún está fría.
4. *Secuencia* Los errores de secuencia corresponden a alguna desorganización en el curso de los pasos de la actividad. Por ejemplo, el usuario puede intentar cambiar el canal de televisión sin haberlo encendido previamente. Es literalmente un problema en la secuencia de acciones.
5. *El juicio* Los errores de juicio ocurren cuando la persona realiza una tarea de manera insegura, como manipular una sartén caliente sin usar guantes.
6. *Finalización* Los errores de finalización ocurren cuando la persona no puede terminar su tarea, porque se detiene en medio de ella o porque repite indefinidamente uno o más pasos de la tarea. Por ejemplo, un usuario puede querer abrir un armario de la cocina para tomar una lata de sopa pero, en cambio, puede comenzar a repetir la acción de abrir y cerrar el armario durante un período de tiempo indefinido.

Este sistema de clasificación pretende cubrir todos los tipos de errores comunes característicos de las personas que padecen deficiencias cognitivas. En este artículo, utilizamos el sistema de clasificación KTA y NAT como base para nuestro agente de inteligencia artificial a cargo de monitorear los errores cognitivos y brindar la asistencia adecuada.

3 Trabajo relacionado

En los últimos años, muchos equipos de investigación propusieron nuevos sistemas de asistencia destinados a ayudar a las personas discapacitadas a realizar sus tareas cotidianas. La literatura sobre el tema es vasta y variada [3,12,24,44,58], pero se puede dividir en dos corrientes.

La primera corriente se refiere al trabajo en sistemas de asistencia para ayudar específicamente a usuarios con discapacidades cognitivas que realizan AVD.

[1,2,20,21,32,49], pero en varios contextos, no necesariamente con tareas de cocina. La segunda corriente se refiere al trabajo que se ha realizado directamente en los asistentes de cocina inteligentes [4,41,45,54], pero para varios tipos diferentes de usuarios objetivo (con o sin déficit cognitivo).

3.1 Sistemas de asistencia para usuarios con deterioro cognitivo

Se han realizado muchos trabajos en las últimas 2 décadas en el campo de Ambient Assisted Living (AAL) con respecto, en particular, a los sistemas de asistencia dedicados a usuarios con discapacidad cognitiva [38]. No podemos revisarlos todos, por supuesto, pero vamos a echar un vistazo a los más importantes y más cercanos a nuestra propuesta. Dos de los primeros sistemas que se pueden encontrar en la literatura son el conocido prototipo Autominder [50] y el sistema Independent LifeStyle Assistant (ILSA) [32]. Estos sistemas son considerados por la comunidad como la base de los dispositivos de asistencia modernos para personas con deficiencias cognitivas y todavía sirven como modelo para los prototipos modernos de hoy. Comenzaremos repasando ambos.

El sistema Autominder [50] es una referencia en el campo. Ha sido desarrollado en la Universidad de Cornell por la reconocida Martha E. Pollack [49,50]. Este prototipo tiene como objetivo proporcionar recordatorios a un usuario para completar las ADL utilizando tres componentes clave: **un administrador de planes, un modelador de clientes y un módulo de recordatorios**. Los planes se modelan con un enfoque simbólico como problemas temporales disyuntivos (DTP) [42] y el **sistema de reconocimiento utiliza un algoritmo de backtracking** [27]. El módulo de recordatorio razona sobre las incoherencias entre lo que se supone que debe realizar el usuario y lo que está haciendo actualmente, y determina qué recordatorios emitir a través de un proceso de refinamiento iterativo. Así, **el sistema Autominder es capaz de considerar situaciones en las que el usuario realiza múltiples actividades, gracias a múltiples sensores instalados, y de enviar recordatorios cuando se detectan algunos comportamientos erróneos, principalmente relacionados con el tiempo** (momento incorrecto para realizar una acción). Este sistema **se ha implementado en forma de prototipo en un robot asistente móvil para ayudar a las personas mayores con deficiencias físicas y cognitivas leves, y para ayudar a las enfermeras**. Sin embargo, este sistema presenta varias limitaciones. Por ejemplo, es complejo y costoso especificar manualmente las reglas de reescritura y la función de evaluación, porque para lograr el objetivo de personalización, tendrían que ser rediseñadas para cada usuario. Además, este prototipo tiene la limitación de que no distingue el tipo de errores cognitivos que cometen los usuarios, por lo que es importante adaptar la estrategia de incitación.

El Asistente Independiente de Estilo de Vida (ILSA) es uno de los primeros prototipos desarrollados por Karen Zita Haigh [32] en el laboratorio de la empresa Honeywell. Presenta un sistema de múltiples agentes que integra un modelo unificado de detección de actividad, evaluaciones de situación, planificación de respuesta, generación de respuesta instantánea y aprendizaje automático. Este

El enfoque principal del prototipo es monitorear la toma de medicamentos y la movilidad de los adultos mayores para emitir alertas e información a los cuidadores familiares a través de tecnologías de comunicación. El modelo ADL explota el modelo de reconocimiento de plan jerárquico híbrido de Geib [28], que utiliza un enfoque de razonamiento bayesiano para su componente de seguimiento de tareas donde cada acción/plan se representa como una variable con una probabilidad [7]. Sin embargo, una gran limitación fue que el hardware de ILSA es demasiado complejo y requiere muchas horas de prueba, calibración y depuración activa, así como múltiples visitas al sitio, para poder implementarlo adecuadamente. Más recientemente, varios nuevos sistemas de asistencia prometedores que incorporan tecnologías de punta y enfoques modernos de inteligencia artificial han llamado la atención de la comunidad. Uno de los más conocidos de estos sistemas de asistencia recientes para usuarios con deterioro cognitivo es, sin duda, COACH (Cognitive Orthosis for Assisting with aCtivities in the Home) [21,22,43]. Ha sido desarrollado durante varios años en la Universidad de Toronto por el equipo del renombrado Dr. Alex Mihailidis en el laboratorio ATSL. Este sistema tiene como objetivo monitorear activamente a un paciente de Alzheimer que intenta una tarea específica en el baño, por ejemplo, lavarse las manos, y ofrecer asistencia en forma de orientación (por ejemplo, avisos o recordatorios) cuando sea más apropiado. Utiliza una cámara para obtener como observaciones un conjunto de variables de estado, como la ubicación de las manos del paciente, para determinar el estado de finalización de la tarea según un modelo artesanal de la actividad. Si ocurre un problema, como que se comete un error o que el paciente parece estar confundido, el sistema calcula la solución más adecuada para terminar la tarea, utilizando un enfoque probabilístico basado en los procesos de decisión de Markov parcialmente observables (POMDP), [39], y luego guía a la persona en la realización de su actividad. Por lo tanto, este enfoque es un sistema adaptativo que aprende a guiar, de la mejor manera, al usuario que utiliza POMDP. Los ensayos clínicos realizados con el sistema COACH, incluyendo pacientes de Alzheimer y terapeutas, han mostrado muy buenos resultados en el seguimiento de una única actividad preestablecida y en la prestación de la asistencia adecuada en el momento adecuado [21]. Sin embargo, una limitación importante de este prototipo es que se basa en un sensor complejo y muy sensible: una sola cámara. Aunque, en principio, los datos capturados por la cámara deberían ser tan útiles como los capturados por los sentidos humanos clave de la vista y el oído, en la práctica, la tarea de extraer características de representaciones tan ricas de bajo nivel ha resultado ser un gran desafío. y no muy robusto cuando se generaliza [17]. Por ejemplo, la cámara es sensible a muchos cambios, como fluctuaciones en el brillo, variaciones de color, forma de los objetos, etc. Además, la presencia de una cámara en el baño afecta la privacidad del usuario y genera problemas éticos. Finalmente, COACH no aborda la tarea fundamental de cocinar en casa y se enfoca únicamente en las tareas del baño.

Otro prototipo reciente e interesante es el prototipo Mobile Social Computing de Afridi [1]. Este proyecto se centró en

un enfoque de computación social móvil para ofrecer asistencia para mejorar el cuidado de los ancianos. Los cuidados que se consideran se dividen en tres categorías: necesidades físicas, necesidades emocionales y necesidades de tarea o funcionales. Estas necesidades se respaldan a través de las redes sociales y el software (p. ej., aplicaciones en un teléfono inteligente, robots, etc.) y la información ubicua del software de atención. El sistema en sí incorpora solo un pequeño sistema de IA que parece ser un motor de inferencia simple basado en reglas. Esta tecnología ha sido desarrollada para facilitar la relación de los mayores con su familia y asegurar la colaboración de los familiares para cuidarlos a pesar de la distancia y la falta de tiempo. Por lo tanto, el cuidado de los ancianos se convierte en una actividad y responsabilidad social. Sin embargo, este sistema tiene algunas debilidades. Primero, puede ser difícil proteger la privacidad de la familia usando tecnologías de redes sociales. En segundo lugar, los mayores se sienten menos cómodos con las redes sociales. Más importante aún, el problema que se aborda aquí puede verse como necesidades secundarias o de nivel superior. Las personas con deterioro cognitivo tienen necesidades más básicas, relacionadas con las AVD fundamentales (cocinar, bañarse, etc.), que requieren ser atendidas.

Finalmente, otro sistema reciente muy interesante es "CASAS: A Smart Home in a Box (SHiB)", desarrollado por la Dra. Diane J. Cook en la Universidad de Washington [2,20]. El sistema tiene como objetivo obtener un diseño de hogar inteligente liviano que sea fácil de instalar y brinde capacidades de hogar inteligente listas para usar sin personalización ni capacitación. Se basa en un conjunto de pequeños sensores de malla inalámbricos Zigbee que el usuario puede implementar fácilmente en el hogar. El prototipo SHiB de CASAS incluye un software de reconocimiento de actividad, llamado AR, que proporciona etiquetado de actividad en tiempo real a medida que los eventos del sensor llegan en un flujo. Más precisamente, explotan un enfoque basado en un algoritmo de máquina de vectores de soporte (SVM) [40] para el reconocimiento de actividad en tiempo real. El sistema también puede proporcionar asistencia de salud consciente de la actividad en forma de incitar a las personas a iniciar actividades diarias importantes, como tomar medicamentos, hacer ejercicio o llamar a sus hijos. Se entrena un algoritmo de aprendizaje automático para identificar cuándo un individuo realiza una actividad. Este sistema es realmente un gran logro. Probaron el sistema en más de 32 hogares inteligentes y obtuvieron resultados muy prometedores. Sin embargo, el prototipo SHiB adolece de una limitación muy importante, que está relacionada con su capacidad para reconocer actividad a un nivel útil de granularidad. De hecho, el sistema puede reconocer actividad, pero solo actividades de alto nivel como "bañarse" o "cocinar". No puede seguir, por ejemplo, la ejecución de una receta, paso a paso, mientras se prepara una comida. Por lo tanto, no se puede utilizar para ayudar a cocinar a personas con problemas cognitivos.

Por supuesto, hay muchos otros ejemplos similares, en la literatura, de sistemas prototipo destinados a ayudar a las personas con discapacidad. Para una revisión exhaustiva de la literatura sobre el tema, el lector puede consultar [3,5,12,24,38,58]. Sin embargo, en resumen, podemos ver que la gran mayoría de los sistemas existentes adolecen de las mismas limitaciones: utilizar sistemas complejos o no

sensores lo suficientemente robustos, sin tener en cuenta el tipo de errores cognitivos realizados por el usuario, reconociendo actividades con un nivel de granularidad insuficiente, difíciles de implementar, etc. Además, hay muy pocos sistemas que aborden específicamente la cuestión de ayudar a un usuario con discapacidad cognitiva en tareas de cocina.

3.2 Sistemas existentes para ayudar a las personas a cocinar

En los últimos años, con la democratización de la tecnología de sensores, se ha visto un creciente interés en la comunidad científica por desarrollar un asistente de cocina inteligente basado en sensores ubicuos. Muchos equipos [4,41,45,54] han desarrollado e implementado prototipos reales recientemente. En esta sección, revisamos algunos de los más representativos de estos sistemas para posicionar nuestro trabajo dentro de esta corriente de investigación.

El primer sistema digno de mención es el asistente **MimiCook** [54], desarrollado por la Universidad de Tokio y el Laboratorio de Ciencias Informáticas de Sony. El sistema consta de una computadora, una cámara de profundidad, un proyector y un dispositivo de escala. Muestra instrucciones paso a paso directamente sobre los utensilios e ingredientes, proporcionando un entorno de visualización con Realidad Aumentada (AR) [9]. Controla la visualización de la guía de acuerdo con las situaciones del usuario. Las recetas se materializan en una encimera de cocina con AR. MimiCook también muestra una guía directamente sobre el objeto de interés y controla la visualización de la guía de acuerdo con la situación del usuario. La cámara de profundidad reconoce la existencia de objetos en lugares específicos para juzgar si el usuario está siguiendo las instrucciones. El enfoque de reconocimiento se basa en el mapa de profundidad. Un primer experimento con el prototipo ha dado resultados mixtos. Este tipo de sistema adolece de varias limitaciones. En primer lugar, basar un sistema en el reconocimiento de imágenes siempre es complicado, sabiendo que las condiciones (por ejemplo, la luz, la forma de un objeto, etc.) siempre cambian. En segundo lugar, incluso si MimiCook reconoce el error al realizar la receta, no identifica los errores cognitivos, que es uno de los objetivos clave de nuestro proyecto.

Otro prototipo reciente interesante es **"KogniChef"** [45], un sistema de asistencia de cocina cognitiva que brinda a los usuarios asistencia interactiva, multimodal e intuitiva mientras preparan una comida. Ese sistema aumenta los electrodomésticos de cocina comunes con una amplia variedad de sensores e interfaces de usuario, interconectados internamente para inferir el estado actual en el proceso de cocción y brindar orientación inteligente. De hecho, esta arquitectura es muy similar a la nuestra [15]. Sin embargo, su sistema tiene como objetivo evaluar las habilidades de procesamiento y razonamiento del cocinero, y brindar asistencia similar a la de un chef experto para que el usuario se vuelva realmente bueno en la cocina. Por lo tanto, los usuarios objetivo son personas sanas con buenas habilidades culinarias que realizarán recetas complejas. Nuestros usuarios objetivo son personas con discapacidad cognitiva, que querían preparar comidas comunes simples. Por lo tanto, el sistema no considera los errores cognitivos. Además, una parte importante de nuestro sistema es

basado en células de carga, que no se utiliza en el prototipo de KogniChef.

El proyecto **Smart Cueing Kitchen** [41] es sin duda una de las iniciativas más cercanas a nuestro prototipo. Smart Cueing Kitchen está **destinado a ser una órtesis cognitiva con sensores avanzados y herramientas de aviso, diseñada para satisfacer la necesidad de cocinar de las personas con discapacidad cognitiva**. En su artículo de 2014 [41], el equipo de Human Engineering Research Laboratories de la Universidad de Pittsburgh describió en detalle la justificación del diseño para el despliegue de diferentes tecnologías de sistemas en la cocina y propuso estrategias de desarrollo futuro. Este proyecto, si bien es realmente interesante y cercano al nuestro, parece estar todavía en una etapa temprana de desarrollo y nuestro prototipo está más avanzado.

Por supuesto, muchas otras iniciativas emergentes están en camino, como el proyecto "Pic2Dish: un sistema de asistente de cocina personalizado" [4], una aplicación de asistente de cocina integral en el teléfono inteligente desarrollada para ayudar a los usuarios que deseen cocinar un plato, pero tampoco saben el nombre de plato ni tiene habilidad para cocinar. Básicamente, al ingresar una imagen del plato y la lista de ingredientes disponibles, Pic2Dish reconoce automáticamente el nombre del plato y recomienda una receta personalizada junto con videoclips para guiar al usuario sobre cómo cocinar el plato. Desafortunadamente, no se incorpora ningún sistema de IA real y no se incluye ningún sistema de monitoreo y detección de errores. El sector privado también tiene pocas iniciativas, como Google Cooking Assistant con Google Home (support.google.com/googlehome/) o IBM Chef Watson (<http://www.ibmchefwatson.com>). Sin embargo, estas iniciativas no están diseñadas para poblaciones con deterioro cognitivo. Finalmente, está el trabajo de [35] que recientemente proporcionó pautas para diseñar los requisitos para una cocina inteligente dedicada a personas con discapacidad cognitiva. Nuestro prototipo trata de seguir sus pautas que son aplicables a nuestro contexto.

En la siguiente sección, presentamos nuestra nueva gama inteligente de asistencia que desarrollamos, tomando la forma de un prototipo funcional de una gama inteligente. Este sistema es capaz de monitorear a un usuario durante la ejecución de una receta elegida, identificar y categorizar errores cognitivos y enviar avisos adaptados con el objetivo de guiar al usuario para que complete su comida de manera

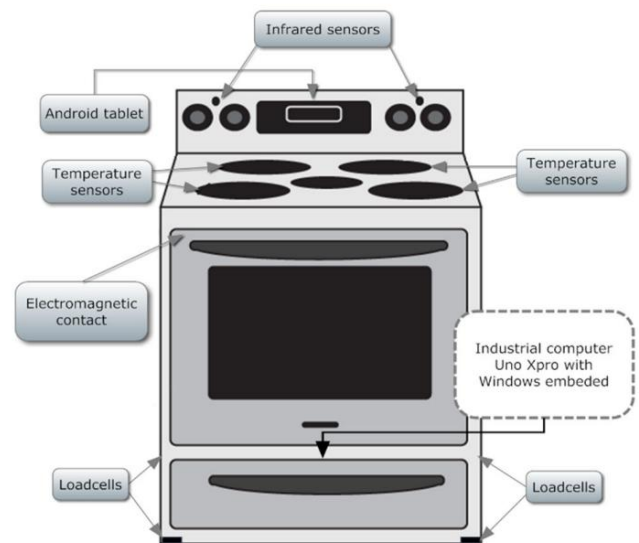


Fig. 2 Esquema de la cocina inteligente y los complementos

electrodomésticos y es muy raro ver, por ejemplo, una estufa de gas. Esto se debe a que la hidroelectricidad producida por la empresa pública Hydro Quebec es muy asequible y, por lo tanto, la gente suele comprar electrodomésticos, que al final son más baratos. Aunque nuestro sistema de asistencia no puede ser instalado fácilmente por personal no profesional, está estandarizado para ser independiente de la marca o el modelo de gama seleccionado. Cualquier dispositivo estándar funcionaría con el sistema desarrollado.

En la Fig. 2 se presenta un esquema del prototipo. La figura muestra las adiciones de hardware que están instaladas en la estufa. Como puede ver el lector, se agregaron varios sensores, se reemplazó el panel de control por una tableta Android y se instaló una computadora en el compartimiento del cajón. Los sensores agregados se han minimizado para mantener el costo bajo y el procedimiento de instalación más simple. Cada uno de ellos tiene su propio papel que desempeñar en el sistema general; una función que se describirá con más detalle en las próximas secciones de este documento. Las celdas de carga se utilizan para estimar, con análisis de señal [48], la posición y la naturaleza de los objetos colocados en el rango. Los sensores infrarrojos, combinados con las celdas de carga, se utilizan para detectar incendios. Los sensores de calor se utilizan para estimar el tiempo de cocción adecuado de un elemento, para anticipar situaciones que pueden provocar un incendio, etc. Por último, el sensor electromagnético permite saber cuándo se introduce algo en el horno de la cocina.

El precio total de construcción del prototipo fue de 3178 dólares canadienses. Sin embargo, la mayor parte del costo proviene de la computadora industrial Uno Xpro y el autómatas APAX que se usaron para el prototipo. Todo el prototipo se construyó con componentes de grado industrial para producir una "prueba de concepto" robusta. La figura 3 muestra la computadora industrial y el cableado en el cajón. Alternativamente, el equipo está trabajando en el uso de tecnología de grado comercial para construir una versión más económica usando, por ejemplo, un sistema en chip como Raspberry.

4 La cocina inteligente: un dispositivo de ayuda a la cocina

La gama smart ha sido desarrollada por nuestro equipo, en el Laboratorio de Inteligencia Ambiental y Reconocimiento de Actividades (LIARA). El punto de partida del proyecto fue construir un prototipo utilizando una gama estándar de bajo precio disponible comercialmente. Elegimos una gama eléctrica disponible en el mercado de la corriente principal de la conocida empresa LG. Cabe señalar que, en Quebec, casi toda la población utiliza electricidad



Fig. 3 La computadora y el cableado tal como fueron construidos para el primer prototipo

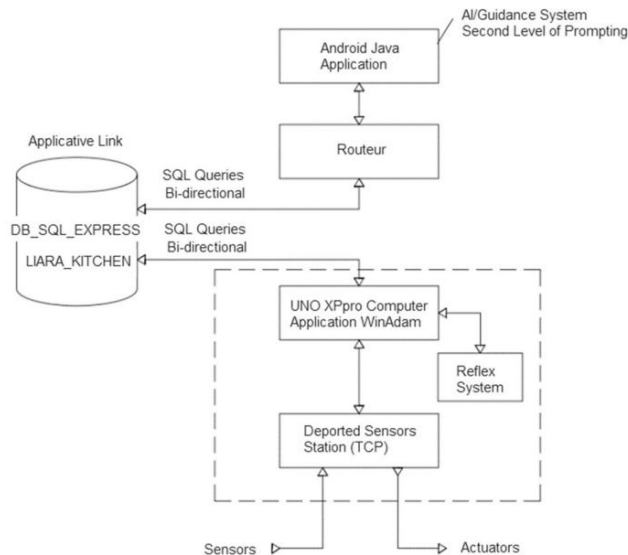


Fig. 4 Arquitectura de implementación

Pi o BeagleBoard. El uso de esta tecnología reducirá significativamente el coste de nuestra gama inteligente.

4.1 Implementación del sistema

La arquitectura del sistema sigue un flujo de trabajo en tres niveles (ver Fig. 4). Primero, los sensores y los actuadores (cualquier cosa que se pueda controlar en la estufa: luz, zumbador, aparato de calefacción) se conectan a un autómata programable APAX-5570 ubicado en el cajón inferior (ver Fig. 4).

El autómata APAX recolecta información en tiempo real de todos los sensores. Luego envía los datos al Uno XPro que se ejecutan en un sistema operativo Windows. La elección tecnológica se hizo inicialmente para permitir que el equipo usara grandes bibliotecas y no nos impidiera usar algoritmos complejos.

Los datos son procesados por una aplicación C# y luego se almacenan en una base de datos de SQL Server. La base de datos se aprovechó principalmente para el almacenamiento a largo plazo y para la compatibilidad con nuestra infraestructura de hogar inteligente. De hecho, cuando una gama inteligente



Fig. 5 El modo libre que permite controlar manualmente la cocina inteligente

detectada en el hogar inteligente, la base de datos se integra automáticamente al entorno del hogar inteligente. La base de datos funciona exactamente como la implementada en nuestra infraestructura de hogar inteligente más grande, que está compuesta por cientos de sensores (ver [14]). Por lo tanto, cualquier algoritmo que funcione en nuestro hogar inteligente se ajusta automáticamente a la nueva información proporcionada desde la gama inteligente.

Finalmente, esta información es extraída cada 200 ms por la inteligencia artificial (IA). La IA lo utiliza para garantizar un uso seguro del dispositivo y para monitorear paso a paso las recetas hechas con el aparato. La IA está diseñada con la filosofía de promover la autonomía de los usuarios, pero si el rango está en un estado que podría poner en peligro al usuario, la energía se cortará automáticamente. Además, además del monitoreo simple, la IA utiliza los errores cognitivos definidos en KAT/NAT, que se describieron en la Secc. 2. Cuando se detecta un error de ese tipo, la IA hace el papel de una órtesis cognitiva e intenta ayudar al usuario a reconocer y corregir su error.

4.2 El software asistente

El panel de control de la gama ha sido sustituido por una pantalla táctil o, para ser más precisos, por una tableta Android. Esta tableta se comunica con el sistema para recopilar información o para controlar el dispositivo. Sirve como el principal componente de interacción humano-computadora (HCI) para el usuario.

En algún contexto, podría considerarse poco práctico tener el panel de control detrás de la placa de cocción. A pesar de estar detrás de la posición estándar en un rango promedio, en nuestra cocina inteligente, el HCI podría trasladarse a un dispositivo diferente según sea necesario. La razón es que la tableta Android simplemente se comunica a través de una red Wi-Fi privada con el sistema. Por lo tanto, el usuario podría tener la aplicación en su teléfono inteligente o en otro dispositivo e interactuar con la cocina inteligente desde cualquier lugar de su casa, siempre que se encuentre dentro del rango de Wi-Fi de la cocina inteligente. La Figura 5 muestra la aplicación en "Modo libre".

El "Modo libre" permite al usuario controlar el smart cocina sin seguir ningún tipo de instrucciones del sistema de asistencia. Básicamente, es lo mismo que usar la cocina sin todas las funciones inteligentes. Sin embargo, la seguridad



Fig. 6 Interface de utilisateur: sélection de une recette



Fig. 7 Llever una receta: el paso de precalentamiento de la cocción de un pollo

las medidas siguen funcionando en segundo plano en este modo. Por tanto, debe detectar las conductas peligrosas básicas que podría producir el usuario (por ejemplo, iniciar un incendio u olvidar la placa de cocción). El objetivo es siempre proporcionar un aparato seguro que favorezca la autonomía del usuario. Además de usar la cocina inteligente en modo libre, el usuario puede recibir asistencia en sus actividades. La figura 6 muestra la interfaz de usuario principal de la aplicación.

La pantalla principal de la aplicación es voluntariamente muy ligera y refinada para minimizar el volumen de información que se muestra al usuario. La población objetivo, diferentes tipos de personas con deterioro cognitivo, tiene una capacidad limitada para absorber información y puede sentirse abrumada por nuevos conocimientos para integrar [31]. En esa pantalla, el usuario puede hacer tres cosas. Primero, puede hacer clic en un botón para operar el dispositivo en el "modo libre", que se describió anteriormente. En segundo lugar, puede consultar una lista de recetas asistidas y elegir una para hacer. Las recetas de esta lista son actividades seguidas paso a paso por el sistema de asistencia utilizando los sensores y la información sobre el estado de la cocina inteligente. Si un paso en una receta es imposible de detectar automáticamente, se le pide al usuario que confirme la finalización. Como nota al margen, ninguna de las recetas implementadas en este primer prototipo requirió una confirmación de finalización y creemos que debe evitarse tanto como sea posible. De hecho, esto podría aumentar la carga cognitiva del usuario, lo que podría no ser beneficioso para su condición [31]. La figura 7 muestra un ejemplo de pantalla cuando una receta está en curso.

Las recetas en el asistente son generalmente simples. Contienen solo unos pocos pasos y se crean a propósito para evitar

detalles. Se supone que la población objetivo es un grupo de personas que quieren cocinar para ser autónomos (alimentarse a sí mismos) y, por lo tanto, es poco probable que creen comidas complejas con el dispositivo. Esta última afirmación no es un hecho científico, sino solo una suposición extraída de nuestra experiencia con personas que padecen deficiencias cognitivas. Una receta compleja se puede dividir en subrecetas más simples en el asistente si es necesario. Por ejemplo, los espaguetis con pollo Alfredo podrían ser dos recetas: cocinar pollo y preparar pastas Alfredo. El asistente permite hacer más de una receta a la vez. Se proporcionarán más detalles sobre el flujo de trabajo del asistente en la Secc. 4.5.

Como nota al margen, la aplicación se puede configurar en diferentes configuraciones de idioma. Puede ser en francés con botones en francés, o en francés con controles en inglés. También puede utilizar independientemente el sistema métrico o el sistema imperial. Las recetas se ajustan automáticamente a los parámetros configurados en el sistema. La razón de esto es que los ancianos generalmente están familiarizados con los botones ingleses y el sistema imperial a pesar de ser hablantes nativos de francés.

4.3 Seguimiento de objetos en la gama inteligente

El componente potencialmente más importante del dispositivo de cocina inteligente es el módulo que rastrea los objetos en tiempo real en el aparato. Esta funcionalidad explota métodos recientes del campo del procesamiento de señales [48]. Este módulo se basa en el uso de la señal proveniente de cuatro celdas de carga estándar instaladas debajo de cada pata de la estufa. Se eligieron celdas de carga para rastrear los objetos por tres razones importantes. Primero, este tipo de sensor está diseñado para aplicaciones industriales y generalmente se usa en la producción en cadena o en otro contexto que requiere un trabajo continuo. Por lo tanto, son muy robustos, lo que los hace perfectos para un dispositivo destinado a personas con problemas cognitivos. En segundo lugar, estos sensores son más baratos que otras alternativas que podrían aprovecharse para el seguimiento, como la cámara o la tecnología de radiofrecuencia. Finalmente, su uso es más simple en este contexto. El uso de RFID requeriría agregar etiquetas a cada uno de los objetos para rastrear y garantizar que estas etiquetas sean resistentes al calor. El uso de la visión por computadora con una cámara requeriría medidas de seguridad y privacidad, y un proceso complejo para construir modelos de reconocimiento.

4.3.1 El algoritmo de seguimiento

La idea del algoritmo es analizar la variación y la distribución del peso en el rango. Dado que hay cuatro celdas de carga debajo de cada esquina del aparato, la distribución del peso es una clara indicación de la posición de los objetos en la cocina. Supongamos que tenemos el conjunto $W = \{w_1, w_2, w_3, w_4\}$ que contiene un historial de peso para cada tramo asociado con un número de iteración i . Si el objeto \tilde{y} se instala en el aparato después de cierto tiempo $\tilde{y}t$, entonces el peso de $\tilde{y} = w_n[i \tilde{y} \tilde{y}t]$. En otras palabras, el peso

del objeto es la suma del nuevo peso de las piernas antes de *ýt*. Esta parte es en realidad más complicada de lo que parece. El peso de un objeto se agrega en varias iteraciones y, en algún momento, el peso puede ser un poco más alto que el peso real. Como consecuencia, el algoritmo no puede simplemente usar la variación máxima de peso durante una ventana de tiempo. El algoritmo funciona como un oscilador. De hecho, evalúa la estabilidad general cuando el aparato se usa sin agregar o quitar ningún objeto. Luego, utilizando esta información, cuando se detecta una variación por encima del umbral, se selecciona el punto de estabilidad anterior para determinar el peso del objeto.

Hay una lista de objetos para las cinco posiciones posibles en el rango; los cuatro cubos y el horno de la gama. El seguimiento real funciona con un promedio gaussiano móvil [52] sobre el peso de cada pata del aparato. Una vez que se decide que se ha agregado un objeto, dependiendo de la distribución del nuevo peso, el objeto se agrega a la lista correspondiente a su posición asumida. Además, el módulo proporciona un nivel cualitativo de certeza (bajo, medio, alto) a cualquier otro servicio que lo utilice. En ese sentido, un servicio sensible podría descartar cualquier información de baja certeza y actuar de manera diferente. Por ejemplo, supongamos que el usuario pone un nuevo objeto en el rango. Entonces supongamos que el módulo determina que el peso ha aumentado principalmente en la parte delantera del lado izquierdo del rango. En ese caso, el objeto se agrega a la lista del concentrador correspondiente con una certeza media. Si el eje delantero izquierdo está encendido, entonces la certeza podría aumentar. Por el contrario, si el eje delantero derecho está encendido y el eje delantero izquierdo está apagado, entonces la certeza bajaría. Se agregaría un objeto a la lista del rango si el nuevo peso está bien equilibrado. La certeza sería alta si se observaran dos eventos de puerta en el medio (la puerta del rango se abrió y luego se cerró). Usando este método general, la IA puede rastrear varios objetos a la vez. La Tabla 1 ilustra un ejemplo de escenario.

Este ejemplo da una buena idea del algoritmo detrás del seguimiento de objetos. Se ha simplificado demasiado para que sea más corto y más fácil de entender. En realidad, el peso cambia en cada iteración. También cambia en varias iteraciones cuando se agrega un objeto, lo que hace que la tarea sea un poco más compleja.

4.3.2 Calibración

El módulo de seguimiento permite que la IA tenga una idea precisa de cuándo, dónde y cuántos objetos se depositaron en el dispositivo. Esta funcionalidad es crucial para el asistente de recetas y para los servicios de seguridad. Sin embargo, para que funcione correctamente, cada vez que el dispositivo se mueve a una nueva ubicación física, debe calibrarse. La calibración es un proceso automático que realiza cualquier administrador del sistema (consulte la Sección 4.6). Antes de la calibración, el administrador debe asegurarse de que el dispositivo esté al nivel del piso. Si la calibración se realiza mientras el dispositivo está inclinado, la precisión del seguimiento se verá afectada.

Tabla 1 Ejemplo de escenario de variación de peso en la cocina inteligente

Estado inicial FR : 0g FL : 0g RR : 0g RL : 0g				
---	---	---	---	---
Iteración 124: se produce una variación importante en la iteración 124. El sistema detecta que la variación es más significativa en el FR. Supone, por tanto, que un objeto de aproximadamente 860 g se encuentra ahora en el FR con una certeza <i>media</i> .				
FR: 800g FL: 30g RR: 25g RL: 8g				
---	---	---	---	---
Iteración 127: Los pesos no han variado significativamente. El sistema, sin embargo, detecta un aumento de temperatura en el buje delantero derecho. La certeza de la presencia del objeto ahora es <i>alta</i> .				
FR: 803g FL: 28g RR: 27g RL: 9g				
---	---	---	---	---
Iteración 152: La IA detecta una nueva variación en los pesos. El nuevo peso de unos 1000 g está bien distribuido. Además, la puerta del horno está abierta. La IA concluye que se ha instalado un objeto en el horno con una certeza <i>media</i> .				
FR: 1052g FL: 277g RR: 281g RL: 268g				
---	---	---	---	---
Iteración 186: Se detecta una nueva variación. Esta vez, el peso total como disminuido. El AI concluye que la mayor parte del peso eliminado estaba en el FR. Por lo tanto, elimina el objeto que estaba en la lista FR.				
FR: 248g FL: 251g RR: 246g RL: 249g				

FR pata delantera derecha, FL pata delantera izquierda, RR pata trasera derecha, RL pata trasera izquierda

Para calibrar el dispositivo, se debe presionar un solo botón y no se debe tocar el dispositivo durante 20 segundos. Durante ese tiempo, se calculará un promedio del peso de cada pierna sobre el valor de cien recopilado (la información de las celdas de carga se recopila cada 200 ms). Por lo tanto, el sistema memorizará el peso normal esperado en cada pata cuando la cocina esté libre de cualquier objeto. Una buena calibración es necesaria porque una cocina es un aparato pesado. Cada vez que se mueve, la distribución del peso puede cambiar por dos razones: el piso de la nueva ubicación está inclinado de manera diferente o el ajuste de las patas ha cambiado. Una mala calibración influirá en la precisión de los diferentes servicios inteligentes. Afortunadamente, una vez instalada, una cocina rara vez se mueve, si es que se mueve alguna vez. Además, si se mueve solo para volver a colocarlo en el mismo lugar (por ejemplo, para limpiar debajo), es probable que la calibración no sea necesaria (es decir, la variación será mínima).

4.3.3 Validación del sistema de seguimiento

Para validar nuestro algoritmo de seguimiento de peso, diseñamos un breve experimento realizado en nuestro laboratorio de casa inteligente. La validación de este módulo fue muy importante ya que todo el dispositivo de cocina inteligente depende de él. Se utilizaron tres tipos de objetos: 0,45 kg, 1,13 kg y 4,5 kg. Para cada una de las pruebas,

Tabla 2 Precisión de la experimentos de seguimiento

		0,45 kg (%)	1,13 kg (%)	4,5 kg (%)
concentradores	1 objeto	100	100	95
	1 objetos	95	100	80
	2 objetos	95	100	50
	3 objetos	—	75	15
Horno y cubos	solo horno	100	100	100
	+ 1 concentradores	80	100	100
	+ 2 concentradores	60	80	80
	Significar	87.4	93.7	65.3

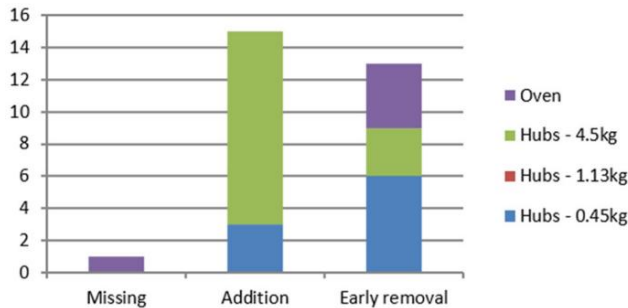


Fig. 8 Número de errores en el sistema de seguimiento para cada categoría

se agregaron entre 1 y 4 objetos en el aparato para aproximadamente 10 s. Los objetos se agregaron en cada hub. y en el horno de la gama. Toda la variación de las pruebas se hizo totalizando 285 pruebas y más de 21.000 muestras de datos. Tabla 2 resume los resultados obtenidos en términos de precisión.

Hay pocas cosas que se pueden observar en esta tabla. Primero, rastrear un objeto a la vez es muy fácil para el sistema. En segundo lugar, el objeto más pesado era más difícil de rastrear. cuando no fue puesto en el horno de la estufa. Como era pesado, En general, el probador tardó más en colocarlo en los ejes. Por lo tanto, el sistema a menudo detectaba la colocación consecutiva de dos objetos en los ejes en lugar de uno. Este tipo de error, llamado suma, representó la mayor parte de los errores para los objetos de 4,5 kg. La figura 8 resume las categorías de errores que se observaron durante los experimentos.

Como nota al margen, muy rara vez más de un objeto pesado se colocaría en los cubos y lo más probable es que tal objeto estaría en el horno de la estufa, lo que no causa este problema. Tercero, la mayoría de los errores observados ocurrieron cuando cuatro objetos fueron colocados en el rango. estos errores fueron causados por la incapacidad del sistema para medir con precisión el cambio de peso cuando se retiró el cuarto objeto.

Muy a menudo, el peso se disparaba y luego se estabilizaba a un nivel más alto, por lo tanto, resultando en una eliminación temprana de dos objetos de las listas de los concentradores en lugar de uno. En un solo caso, no se detectó un objeto cuando se instaló en un concentrador. En eso caso, se agregó un objeto en el horno de la estufa y luego rápidamente

agregado en el eje delantero derecho. El sistema no pudo detectar el variación de peso ya que no había terminado de estabilizarse.

4.3.4 Discusión sobre el sistema de seguimiento

Los experimentos que diseñamos cubrieron casos extremos de utilización del aparato. A pesar de esto, los resultados mostraron Seguimiento preciso y robusto de objetos en tiempo real. en realista contexto, los objetos utilizados para cocinar tendrán más similar peso que ayudará al sistema a rastrear. Además, desde la población objetivo sufre de deterioro cognitivo, es poco probable que realice recetas complejas resultando en la necesidad de rastrear varios objetos al mismo tiempo. Hay algunas parametrizaciones en el algoritmo de seguimiento. En particular, existe una compensación entre la rapidez con que puede detectar un nuevo objeto y la estabilidad de la señal. Parametrizamos empíricamente esto, pero un aprendizaje del mejor valor podría hacerse en el futuro. Por último, el sistema de seguimiento ha problemas para detectar objetos muy ligeros. Las celdas de carga son sensibles a la variación de peso, el problema es que dicha variación ocurre de forma natural cuando se utiliza la cocina inteligente, ya sea o no se ha agregado un objeto. Por lo tanto, el seguimiento tiene para ignorar cualquier variación por debajo de un cierto umbral.

4.4 Supervisión pasiva de eventos peligrosos

Cada vez que se utiliza el dispositivo de cocina inteligente, la seguridad los servicios se ejecutan detrás de la escena. Estos servicios son anuncios simples algoritmos hoc que están contruidos para ser muy robustos. Las indicaciones/acciones elegidas por el sistema para intervenir dependen de cómo peligrosa la situación es y puede pasar de una simple advertencia (por ejemplo, un pitido) hasta un apagado completo de la cocina. Debería tenga en cuenta que al cortar la alimentación del aparato no se apague bajar la IA. Actualmente hay tres de estos servicios pasivos que ayudan a evitar que el usuario tenga comportamientos inseguros. El primero el servicio monitorea si el horno de la estufa y su puerta se usan adecuadamente. Si el horno está en uso (es decir, está calentando), el La puerta nunca debe permanecer abierta durante un periodo prolongado de tiempo. Usando el contacto electromagnético, el servicio calculará el tiempo que se ha abierto para avisar al usuario que puede tener

olvidado la puerta. Después de 5 min, se emite un sonido para llamar su atención y la luz comenzará a parpadear. Después de otros 5 minutos, volverá a emitir un pitido y mostrará un video de demostración en la pantalla. Seguirá intentándolo y, después de 20 minutos, el horno de la cocina se apagará automáticamente.

El segundo servicio pasivo asegura que ninguno de los aparatos de cocina esté encendido sin estar en uso. Para el horno, esto es sencillo; simplemente comprueba si el horno de la cocina ha estado a la temperatura establecida durante un tiempo sin ninguna actividad (p. ej., puerta abierta, objeto añadido, objeto retirado). Para los concentradores, es un poco más difícil ya que el sistema solo conoce la temperatura y no su estado de encendido/apagado. El servicio guarda en memoria el estado creído de cada concentrador y lo actualiza cada vez que se ejecuta (cada 200 ms). Si la temperatura de un concentrador no desciende gradualmente, el servicio agrupa el módulo de seguimiento y pregunta si un objeto podría estar actualmente en el concentrador. Cuando hayan pasado unos minutos con la calefacción del cubo y no se detecte ningún objeto, se inicia el proceso de asistencia. La asistencia es progresiva; utiliza el mismo protocolo del primer servicio, pero para los concentradores se debe cortar la alimentación como último recurso. El último servicio es la detección de llama. Este servicio es uno que esperamos no vaya a servir y es complementario al detector de humo estándar y/o rociadores contra incendios. El servicio utiliza sensores infrarrojos (IR) para hacerlo. El método usual para detectar incendios es monitoreando el humo o el calor. No sería posible en nuestro caso ya que cualquier preparación de comida podría generar humo. Además, queremos que el inicio de un incendio se detecte lo antes posible.

El servicio también necesita evitar falsos positivos; residente tienden a deshabilitar los sistemas que se activan con demasiada frecuencia. Según un informe del gobierno de Quebec en Canadá, hasta el 30 % de los detectores de humo no funcionaron correctamente cuando se produjo un incendio [29]. Para funcionar correctamente, la detección de incendios se basa en la evolución de la señal infrarroja y en el seguimiento de objetos en el rango. Básicamente, una llama abierta generará una gran cantidad de infrarrojos que serán capturados por los sensores IR. Si sucede, antes de la activación, el sistema se asegura de que los IR no sean generados por un concentrador de trabajo descubierto al agrupar el módulo de seguimiento. Si se detecta una llama, se corta inmediatamente la energía, se activa una alarma y se llama a seguridad.

4.4.1 Experimentos en el servicio de detección de llama

Los primeros dos servicios pasivos son sencillos y fueron muy fáciles de validar en nuestro laboratorio. La detección de incendios es, sin embargo, más compleja de validar ya que no podemos observarla empíricamente en un uso real. El equipo colaboró con el servicio de seguridad de la Universidad para diseñar un experimento con fuegos controlados en el campo de tiro. En este experimento, el objetivo era comprobar la precisión de detección en función del tamaño de la llama y el nivel de sensibilidad de los sensores. De hecho, los sensores IR se pueden parametrizar para que sean más o menos sensibles a los IR. Se evaluó cualitativamente la sensibilidad al valor mínimo, mediano y máximo. tres tipos de

Tabla 3 Precisión de los experimentos de seguimiento

Tamaño	Muy sensible	Sensible	no sensible
1cm	2/5	0/5	0/5
5–15 cm	5/5	4/5	2/5
Largo	5/5	5/5	5/5

fuego se hicieron en el campo de tiro. El primero fue una llama simple de aproximadamente 5 cm de un encendedor convencional. El segundo tipo se hizo quemando una pequeña bola de papel. Las llamas tenían entre 5 y 15 cm. El tercer y último tipo de fuego también se hacía quemando una bola de papel. Sin embargo, la bola de papel era más grande y se instaló en una cacerola para simular un fuego real. Realizamos cinco pruebas para cada categoría, o 45 incendios simulados en total. La Tabla 3 resume los resultados.

4.4.2 Discusión sobre el monitoreo pasivo

Los resultados de nuestros experimentos con el sistema de detección de incendios son muy alentadores. Parecen sugerir que lo mejor sería configurar los sensores a muy sensibles, ya que incluso podría detectar la llama más pequeña de un encendedor. Sin embargo, dado que queremos evitar falsos positivos, en realidad es mejor seleccionar el valor menos sensible. El valor positivo de esta detección de incendios es evitar falsos positivos en comparación con un detector de humo estándar. Durante las diferentes pruebas que se realizaron con el dispositivo de cocina inteligente, no se observaron falsos positivos. Serán necesarios experimentos a largo plazo para confirmar la hipótesis preliminar de que nuestra detección de incendios es más precisa y provoca muy pocos falsos positivos. También existe un límite conocido para la detección de incendios con sensores IR. Otra fuente de IR puede existir y causar picos en los sensores. La luz solar directa sobre los sensores, por ejemplo, genera tanto IR como un incendio. El sistema puede detectar que los IR son causados por el sol y no por un incendio, pero mientras los sensores están sobrecargados por el sol, podrían pasar por alto un incendio real. Según el conocimiento de los autores, no existe un método perfecto de detección de incendios, y agregar un detector de humo no resolvería este tipo de problema (siempre que se use la estufa, se detectará humo). Aún así, esta es una pregunta abierta para trabajos futuros en esta área.

4.5 Seguimiento de las recetas con IA

El último módulo que necesita ser discutido es el que permite el seguimiento paso a paso de una receta. El módulo de seguimiento también tiene como objetivo detectar los errores que un usuario con deterioro cognitivo podría cometer en el desarrollo de sus actividades. La tarea se relaciona con el problema de reconocimiento de actividad que consiste en 1. tomar datos de sensores de bajo nivel y transformarlos en información significativa, 2. fusionar y asociar esta información con acción atómica que podría representar un paso en

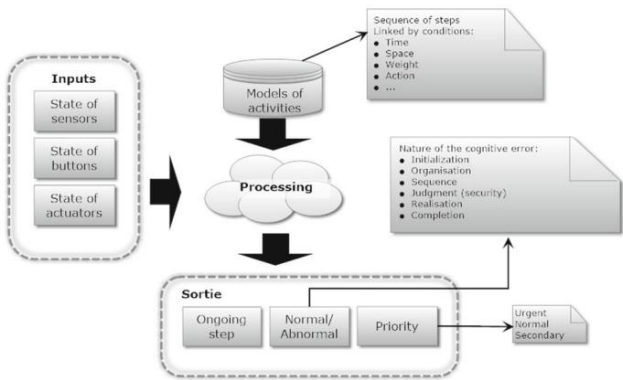


Fig. 9 Representación abstracta de los principales módulos implementados en el sistema

un plan, y 3. circunscribir una biblioteca de planes con las acciones reconocidas para decidir sobre la actividad actual. En nuestro caso, el paso 3 puede ignorarse ya que se supone que el usuario preselecciona la receta desde el menú principal. Este tipo de reconocimiento de actividad es, sin embargo, difícil, ya que no se puede suponer que el usuario será racional en todo momento. Además, es necesario tener un seguimiento con una precisión cercana al cien por cien, ya que de lo contrario podría generar confusión hacia la persona asistida. En consecuencia, el equipo decidió evitar el uso de métodos de reconocimiento de actividades basados en el aprendizaje, a pesar de estar entre los más prometedores en este campo [60]. La figura 9 muestra los diferentes módulos que intervienen en el seguimiento de las recetas.

Las recetas se registran en una base de conocimientos a la que puede acceder la IA. Cada receta está modelada por un modelo de transición de estado estocástico [25], que incluye información sobre tiempo, peso, secuencia y acción. En estos modelos, las probabilidades se utilizan para inferir qué transición se toma de un Estado cuando se cumplen todas las condiciones. Esto permite que la IA elija con precisión entre dos o más transiciones si todas las condiciones parecen cumplirse correctamente. Mientras que el algoritmo de monitoreo permite que el sistema navegue adecuadamente a través de los modelos de transición de estado, otro algoritmo, ilustrado en el Algoritmo 1, tiene como objetivo determinar si el estado del usuario es normal o anormal. El estado anormal se describe utilizando una combinación del sistema de error cognitivo descrito en Kitchen Task Assessment de Baum y Edwards [8] y el descrito en Naturalistic Action Test (NAT) de Schwartz [55]. Algunos de estos errores son fáciles de reconocer/clasificar, pero otros, como la adición de acciones, a menudo son imposibles. Una discusión sobre este tema se puede encontrar en la Secc. 6.2. Finalmente, también se asocia automáticamente una prioridad simple con el paso actual correspondiente a cuán peligrosa es la situación (baja, media, alta). Cada vez que la IA determina que el usuario se encuentra en un estado anormal, se construye una solución de asistencia utilizando el modelo de aviso descrito en [36].

Algorithm 1: Detection of abnormal situations

```
Input: Stove state ( $\Omega$ ), activity ( $\alpha$ )
Output: State of the user ( $S$ ), Priority ( $\rho$ )

Fetch each transitions of the current step  $\alpha \rightarrow \kappa[]$ 
For all  $\kappa[i]$ 
  If conditionsMet ( $\kappa[i], \Omega$ ) Then
    Mark  $\kappa[i]$  as a possible transition
  End
Evaluate possible transitions
Set next step of  $\alpha$ 
Infer current user's state  $S$ 
Calculate priority  $\rho$ 
End
Return  $S, \rho$ 
```

4.5.1 Intérprete XML

Uno de los desafíos del monitoreo de actividades con un modelo de transición de estado es la dificultad de codificar la biblioteca de actividades [26]. Dicho modelo puede ser complejo de construir y limita la capacidad de los usuarios para personalizar el libro de cocina. El sistema ha sido construido con un intérprete XML que puede convertir recetas expresadas en una estructura XML simple a un modelo de transición de estado. Actualmente hay 5 tipos de etiquetas definidas para construir una receta. La etiqueta RECIPE que contiene información sobre la receta (por ejemplo, nombre, archivo png para la miniatura). La etiqueta STEP que especifica el nombre, la descripción y el tiempo opcional requerido para completar el paso. Un paso se puede especificar como opcional. Las etiquetas CONDITION son un poco más complejas. Se utilizan para describir las condiciones que deben respetarse en la realización de un paso. Las condiciones pueden estar en los sensores, en el tiempo empleado, en los botones presionados, en los pasos o en otras condiciones (la lógica proposicional se usa para crear la condición de las condiciones). Las condiciones pueden activar una transición o una ACCIÓN. La etiqueta de acción simplemente se usa para activar un aviso específico cuando se cumplen a Finalmente, la última etiqueta (PREGUNTA) se usa para hacer específicamente una pregunta simple al usuario para planificar mejor la receta. Si bien no se ha utilizado en nuestras pruebas, un ejemplo podría ser preguntar si la pizza tiene una corteza delgada para ajustar automáticamente el tiempo de cocción. Sin embargo, al diseñar una receta, se debe evitar la pregunta tanto como sea posible para reducir la carga cognitiva que se le impone al usuario. Cualquier receta expresada en ese idioma se agrega automáticamente al libro de cocina. Actualmente, la expresividad del lenguaje interpretado escrito en XML es inferior a la representación real de las recetas como modelo de transición de estado, pero el equipo pretende seguir desarrollándolo para que el usuario pueda construir fácilmente nuevas recetas a través de una interfaz gráfica que genere el XML. Con un software creador, cualquier usuario final podría agregar recetas al sistema y construir sobre la biblioteca. La Figura 10 muestra una parte de una receta

```
<RECIPE name="Cook a chicken" img=chicken.jpg>
  <STEP id=s1 nom=Preheat>To preheat the oven,
  select the temperature ($180C$) and press the "BAKE"
  button.
    <CONDITION id=c1 type=application> bake=true
  </CONDITION>
    <CONDITION id=c2 type=application>170<
    $temperature <200</CONDITION>
    <CONDITION id=c3 type=composition
    transition=e2> c1 & c2</CONDITION>
  </STEP>
```

Fig. 10 Ejemplo simplificado de una receta en XML

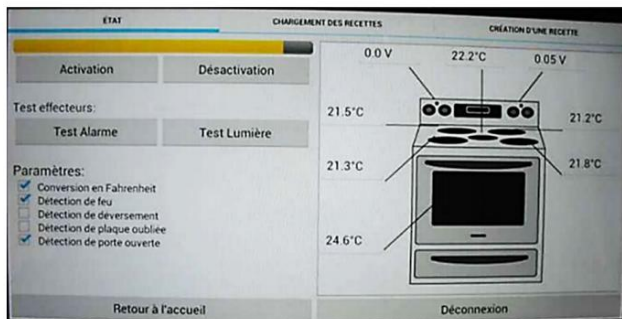


Fig. 11 La GUI de la pantalla de administración

idioma. La receta ha sido traducida del francés y simplificada para los fines de este documento.

4.6 Modo de administración

El sistema instalado en la tableta se puede utilizar en modo administrador (ver Fig. 11). Para hacerlo, se puede abrir un panel para ingresar un nombre de usuario y una contraseña. El modo administrador se utiliza principalmente para diagnosticar el aparato y ver los valores brutos de los sensores en tiempo real. El administrador puede probar la alarma, la luz y también habilitar o deshabilitar el encendido de la estufa. Los servicios de monitoreo pasivo también se pueden deshabilitar o habilitar en ese modo. Finalmente, el modo administrador se puede utilizar para configurar el sistema. Las recetas se pueden cargar desde el repositorio.

5 Experimentos con el dispositivo de cocina inteligente

Además de la validación de cada funcionalidad del dispositivo de cocina inteligente, el equipo decidió implementar tres escenarios de cocina (consulte la Sección 5.1) y validarlos en un contexto de simulación realista en nuestra infraestructura de hogar inteligente. Aunque estas simulaciones fueron realizadas por miembros del laboratorio, afirmamos que se hizo todo lo posible para que fueran lo más realistas posible. Además, nuestra infraestructura está compuesta por todos los elementos que posee una verdadera cocina y podría brindar todas las facilidades para que viva una familia. Para los experimentos, los participantes recibieron instrucciones sobre los objetivos generales de la investigación y cómo se desarrollarían los escenarios. Para cada prueba

serie, se tuvieron que realizar cuatro actividades diferentes. En total se realizaron 24 escenarios de realización de recetas. Para cada escenario, las instrucciones se proporcionaron antes del comienzo, y luego no se brindaría ayuda durante la ejecución.

Finalmente, antes de cada serie de pruebas, las celdas de carga fueron calibradas automáticamente por el sistema. Una buena calibración de las celdas de carga es esencial para el monitoreo del escenario en curso. El lector debe saber que la calibración se programará

Está previsto que se realice automáticamente cuando el aparato no se utiliza durante un largo período de tiempo (por ejemplo, durante la noche).

5.1 Metodología y escenarios

El primer escenario consistió en cocinar un pollo. Este escenario, que se ilustra en la Fig. 12, se realizó dos veces.

La primera vez, no se dieron instrucciones, aparte de decirle a la persona que cocine un pollo. El objetivo era familiarizar al usuario con el sistema y no se le pedía que cometiera ningún error. Aun así, en dos casos, el sistema detectó errores menores (correctamente) donde el usuario realizó el paso de poner el pollo en el horno de la cocina antes de esperar a que se hiciera el precalentamiento. Como nota al margen, para la convivencia del experimento, la comida se reemplazó con algo del mismo peso y los tiempos de cocción se acortaron para poder proceder con todos los escenarios en un tiempo aceptable. Para el segundo escenario, pedimos a los sujetos que realizaran la misma receta nuevamente, pero esta vez proponiéndoles una serie de posibles errores y pidiéndoles que eligieran al menos dos de sus opciones. Se propusieron un total de 8 errores como invertir pasos, agregar una acción u omitir uno de los pasos. Para el tercer escenario, se pidió a los participantes que prepararan pastas.

Los pasos normales (en gris en la Fig. 13) para realizar la actividad fueron simplemente explicados a los participantes. En este caso explicamos el tipo de errores que se pueden cometer según las categorías KTA/NAT [8,55].

Para el último escenario, los sujetos tenían que cocinar una pizza. Para esta última prueba se proporcionó todo el escenario, incluidos cuatro errores a realizar. El objetivo era probar un tipo específico de errores cognitivos con la variabilidad inducida por el participante pero de forma controlada (Fig. 14).

5.2 Reconocimiento de errores cognitivos

Tras la finalización de todos los experimentos, recopilamos y analizamos los datos recopilados. En la Fig. 15, hemos clasificado los diversos errores en las categorías KTA y NAT.

En primer lugar, cabe mencionar que para la ejecución del escenario normal de la receta Cocine un Pollo, los sujetos cometieron dos errores de inversión en total; el pollo se puso en el horno de la estufa antes de completar el paso de precalentamiento. En ambos casos, el error fue detectado y reportado al usuario. Uno de ellos retiró el pollo y esperó hasta que

el horno de la estufa estaba completamente precalentado. Estos resultados son

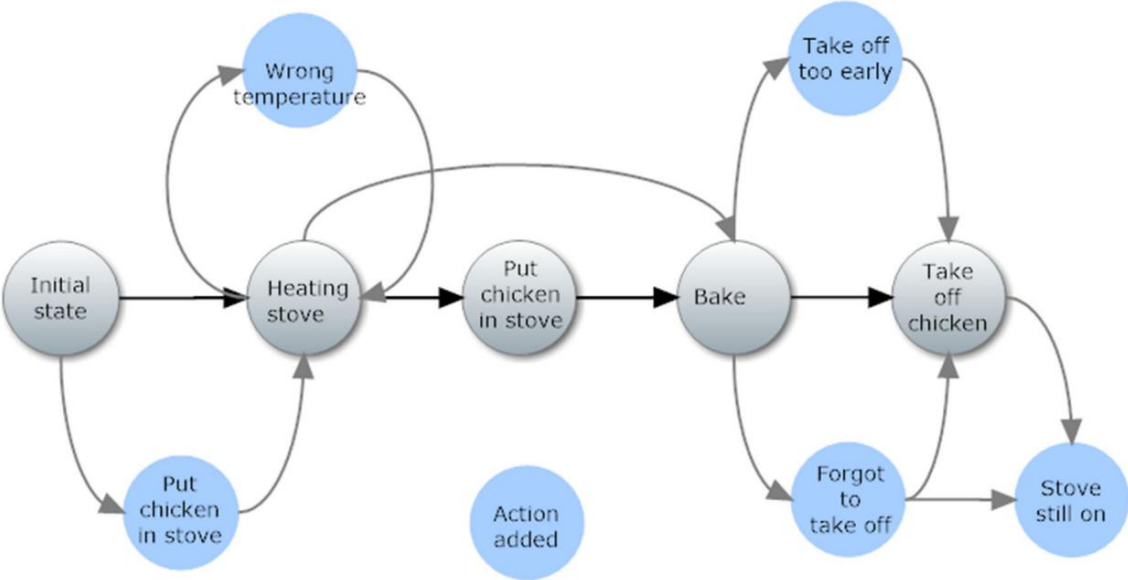


Fig. 12 Escenario correspondiente a la actividad de cocción de un pollo (los estados azules son errores potenciales)

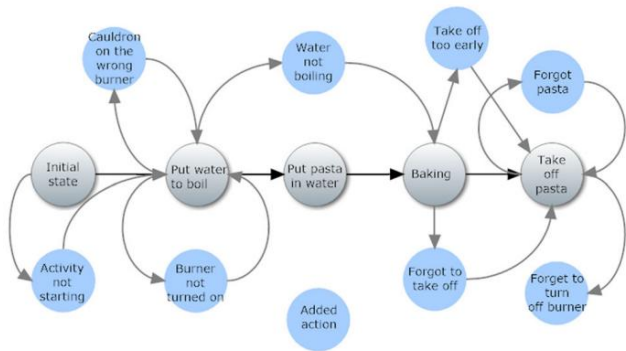


Fig. 13 Escenario de elaboración de pastas con el tipo de errores cometidos

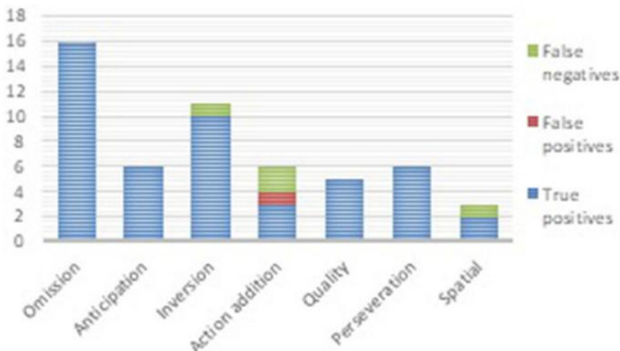


Fig. 15 Reconocimiento de errores por categorías

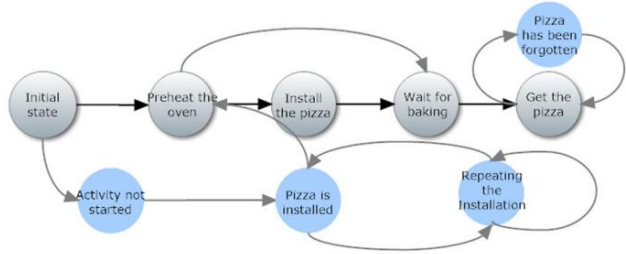


Fig. 14 Escenario de cocinar una pizza con los errores exactos a realizar

no sorprende ya que los sujetos no tenían deterioro cognitivo y no habían recibido la indicación de cometer errores deliberados. La segunda ejecución de esta misma receta, sin embargo, tuvo una buena cantidad de errores. De estos, el software no identificó correctamente dos errores de suma de acciones. En el primer caso, se trata de un falso positivo que se ha desencadenado por un problema con el sistema de seguimiento. La adición de un objeto en un centro se percibía cuando no tenía lugar para estar. Este error

fue causado por la demora en percibir el pollo ya que el sujeto lo instaló en la rejilla. En el segundo caso, es un falso negativo. El sujeto cambió la temperatura de cocción del pollo y la inteligencia artificial no lo percibió como una acción adicional.

Para la tercera receta, la mayoría de los errores fueron del tipo “Omisión”. Muchos sujetos olvidaron encender el concentrador al comienzo de la receta y/o apagarlo al final. También tuvimos dos casos de olvidar las pastas en el centro cuando se cocinaron, incluido un caso en el que el centro permaneció encendido (situación potencialmente peligrosa). Durante esa receta, el software cometió tres errores que fueron falsos negativos. En el primer caso, la pasta se añadía antes de hervir el agua, pero la diferencia de peso no permitía que la tecnología de seguimiento observara el paso. Por otro lado, este error también lo cometió otro sujeto y esta vez fue detectado.

Como recordatorio, la sensibilidad de la tecnología de seguimiento se redujo deliberadamente durante estos experimentos para garantizar el personal.

bilidad y robustez. El segundo falso negativo se produjo cuando un sujeto simplemente añadió la tapa de la sartén a otro centro de cocción (este último normalmente no era útil para la buena terminación). Finalmente, el tercero y último es un falso negativo del tipo Estimación espacial. Este tipo de error lo cometieron tres sujetos diferentes al hacer esta receta. En los tres casos, el sujeto colocó la sartén en el centro de cocción equivocado en lugar del que había encendido. En un caso, la sartén se colocó en el centro utilizado para mantener la comida caliente en el medio de ambos centros de cocción traseros. Sin embargo, nuestro sistema no rastrea objetos en este centro, por lo que seleccionó uno de los centros traseros y, en este caso, la elección se detuvo en el centro activo, lo que resultó en un falso negativo.

Finalmente, para la receta Cocine una pizza, todos los errores fueron detectados sin dificultad. No hubo falsos negativos ni falsos positivos. Cabe señalar que este escenario fue el único que permitió probar errores de tipo perseverancia. En este caso, todos los sujetos repitieron el paso de instalación de la pizza al menos tres veces total o parcialmente. Este es un tipo de error que suele ser fácil de detectar si involucra la tecnología de seguimiento (variación de peso) y no requiere conocer la receta actual. Sin embargo, se necesitan más de dos repeticiones para tener buenos resultados. Además, de las diez categorías de KTA/NAT, tres no se han incluido en este cuadro. Estas son las categorías "Gesto", "Herramienta" y "Sustitución". Esto se debe a que para estas tres categorías, la mayoría de los errores potenciales son indetectables con el dispositivo de cocina inteligente. Podemos, por tanto, considerar que la tasa de falsos negativos sería muy alta si no del 100%. Además, hemos cubierto el error de iniciación. Este tipo de error es muy fácil de detectar y no ha causado ningún problema. De hecho, en ningún caso necesitamos conocer la receta actual para lograrlo. En general, la tasa de detección de errores al realizar las 24 recetas fue del 92 %.

5.3 Discusión y limitaciones del sistema de reconocimiento

Los resultados obtenidos son muy alentadores para el potencial del aparato de cocción. Estos tienden a confirmar las hipótesis que nuestro equipo de investigación formuló al comienzo de este proyecto.

Muchos tipos de errores son muy fáciles de identificar cuando el usuario está cocinando con el sistema de asistencia. En particular, los errores de omisión, inversión, anticipación, perseverancia e iniciación no plantean muchos desafíos. El buen desempeño en la detección de errores depende en gran medida del desempeño de las técnicas de detección (principalmente el sistema de seguimiento). De hecho, un error de detección probablemente resulte en un error en el monitoreo continuo de recetas. También cabe señalar que los resultados de estos experimentos se recopilaron en un contexto de simulación de recetas. Aunque estas son una señal alentadora para el futuro de nuestro prototipo, se necesitan experimentos en un contexto de laboratorio vivo.

Otra limitación con respecto al experimento son los errores de Agregar acción. Aunque nuestros resultados fueron satisfactorios,

en general, la detección de suma de acciones es un tipo de error más difícil de detectar debido, entre otras cosas, a la gran cantidad de posibilidades. En particular, si se realiza más de una actividad en paralelo, el sistema deberá validar si la acción forma parte de uno u otro de los planes, incluyendo versiones erróneas de los mismos. Por otro lado, es difícil decidir automáticamente si agregar la acción requiere algún tipo de intervención. Por ejemplo, si el usuario baja la temperatura de un plato para evitar que se desborde, parece un añadido de acción relevante. Por otro lado, si lo hace sin motivo y la temperatura es demasiado baja para una cocción adecuada, entonces agregar esta acción requeriría una intervención.

En definitiva, es evidente que muchos casos de "Add Action", por su carácter ambiguo, generarían incertidumbre.

Finalmente, estos experimentos nos permitieron ver dos elementos importantes. En primer lugar, el seguimiento paso a paso de las recetas y la asistencia en tiempo real requieren una escritura de guión adecuada y una buena dosis de calibración. La calibración es especialmente importante para el sistema de seguimiento de objetos, ya que una mala calibración haría que el sistema fallara en el seguimiento de las recetas. En segundo lugar, observamos que varios errores se repiten de la misma manera de una receta a otra. Por lo tanto, pensamos que no es necesario escribir con precisión cada receta. De hecho, si se hubiera puesto el foco en los errores que conducen a situaciones de peligro, anticipamos que sería posible crear un modelo genérico de asistencia para todas las recetas. Esto requeriría una mayor investigación.

6 Estudio de mercado con usuarios objetivo y compradores potenciales

Para este proyecto, depositamos una declaración de invención a nuestra universidad. La declaración fue aceptada y se inició un proceso de valorización de nuestro nuevo dispositivo, financiado por la universidad. El primer paso de este proceso fue llenar una declaración de patente ante la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de EE. UU. (Patente no. 20150099245). La declaración de patente provisional se titula "Método para monitorear una actividad de un usuario con discapacidad cognitiva y, por lo tanto, un dispositivo". La prestigiosa firma Norton Rose Fulbright fue contratada por la universidad para guiarnos en el proceso. El segundo paso fue proceder a un extenso estudio de mercado para investigar claramente el potencial del dispositivo en múltiples aspectos. Las preguntas que queríamos responder eran, por ejemplo: 1. ¿Existe una necesidad real de este tipo de dispositivo? 2. ¿Cuáles son los segmentos de mercado interesantes? 3. Lo que los usuarios y compradores piensan del dispositivo en términos de características, diseño, etc. Para este paso, obtuvimos una subvención del Consejo de Investigación de Ingeniería y Ciencias Naturales de Canadá (NSERC) para financiar nuestro estudio marcado. Luego, con la ayuda de una empresa de valorización llamada SOVAR, y con la asistencia de la empresa de investigación de mercado Zins Beauchesne & cie, llevamos a cabo un estudio exhaustivo con los usuarios objetivo,

con las empresas potenciales, con los organismos públicos y con los profesionales. Para este estudio se han realizado 42 entrevistas individuales y se ha consultado directamente a 148 empresas y organismos. Más precisamente, aquí la lista de todas las personas y organismos que han sido entrevistados:

- (7) Fabricantes de electrodomésticos (OEM); • (70) Residencias privadas de ancianos; • (9) Proveedores y distribuidores de equipos y soluciones para ayudar a un usuario con pérdida de autonomía a permanecer en su hogar;
- (12) Profesional de la red pública de salud; • (2) Representantes de programas de atención domiciliaria para el anciano;
- (35) terapeutas ocupacionales que trabajan con personas mayores, incluidos (2) que trabajan en el sector privado; • (10) Agencias y empresas de servicios de apoyo a domicilio; • (1) Representante de una asociación de fabricantes de electrodomésticos fabricantes;
- (1) Representante de la Sociedad Canadiense de Alzheimer; • (1) Representante del clúster industrial de Quebec “Biotech Santé”, cuyas iniciativas de investigación y desarrollo están orientadas a la atención domiciliaria de las personas mayores.

6.1 Tamaño del mercado potencial

Primero, queríamos tener algo de información sobre la escala del mercado en términos de residencias para personas mayores. A nivel de provincia de Quebec (8 millones de habitantes), existen actualmente 102.101 unidades en residencias de ancianos. Estos se desglosan de la siguiente manera:

- 43.743 habitaciones individuales y semiprivadas; • 12.101 estudios;
- 33.984 unidades compuestas por un dormitorio; • 12.273 unidades compuestas de dos habitaciones

Las últimas tres categorías incluyen rangos, o 58,358 rangos. Por lo tanto, podemos concluir que hay aproximadamente 2 569 175 unidades potenciales en casas de retiro que necesitan un rango inteligente en América del Norte, asumiendo que la proporción es similar en los EE. UU. Por supuesto, hay muchos más compradores individuales potenciales porque, en general, las personas mayores que viven en residencias en casa en su mayoría tienen acceso a un rango. A menudo, tan pronto como aparecen los primeros síntomas de deterioro cognitivo, se inician procedimientos para retirar el acceso al aparato. Como esta condición médica es un tema delicado para el residente (por ejemplo, la aceptación de la enfermedad puede ser difícil para algunos), algunas empresas pueden no sentirse cómodas imponiendo comportamientos al residente dentro de su propio departamento, considerando este espacio de dominio privado. . Preferirían actuar como asesores de sus clientes, residentes y sus familias.

6.2 Evaluación del diseño del producto

La gama inteligente parece ser apreciada En los resultados de la consulta, la gran mayoría de los encuestados encuentra muy atractiva la idea de tener un dispositivo de cocina inteligente capaz de ayudar a las personas a preparar su comida de forma segura. Más específicamente, la función de corte automático de energía en caso de emergencia, la posibilidad de dar acceso solo por un cierto período de tiempo y la función de asistencia paso a paso se mencionaron como muy interesantes.

Inquietudes sobre la complejidad de la utilización Muchos encuestados tenían preocupaciones sobre la complejidad del dispositivo. Un comentario como “mi madre solo sabe cómo presionar el botón de hornear y nada más, ¿cómo puede usar un dispositivo inteligente tan avanzado?” eran frecuentes. Algunos gerentes de residencias para personas mayores tenían preocupaciones sobre la complejidad de supervisar a sus clientes cuando usarán el dispositivo.

Finalmente, pocas personas se preocuparon por la complejidad de adaptar su receta con el dispositivo. *Inquietudes sobre el precio potencial* La principal preocupación de la mayoría de los encuestados era el precio potencial del dispositivo. Las personas mayores a menudo son pobres y los administradores de las residencias están preocupados por el valor de costo/beneficio de comprar ellos mismos un dispositivo para sus residentes. El estudio señala que la mayoría de los encuestados piensa que un precio situado entre 50\$ y 250\$ parece aceptable para las nuevas funciones inteligentes. Por lo tanto, un dispositivo inteligente como el nuestro no debería costar más de 250 \$ más que un dispositivo de cocina normal si se quiere comercializar.

Reducir el precio del seguro Las aseguradoras pueden jugar un papel importante en la decisión de adquirir una gama inteligente. La gran mayoría de los encuestados piensa que una reducción en el precio de su seguro (por ejemplo, por riesgo de incendio) constituiría un buen argumento para la decisión de comprar dicho dispositivo.

¿Qué opinan los profesionales? Los resultados de nuestro estudio muestran que los profesionales de la salud piensan que este tipo de dispositivo realmente podría ayudar a las personas a quedarse en casa por más tiempo. Su principal interés en el dispositivo reside en las funciones de seguridad que permiten prevenir incendios y pequeños incidentes con la cocina. *¿Qué características faltan?* Según los encuestados, varias funciones inteligentes que faltan podrían agregar valor al producto. Aquí la lista de las principales propuestas por los encuestados.

1. Activación automática del ventilador cuando sea necesario.
2. Posibilidad de establecer un horario de uso.
3. Posibilidad de bloquear el dispositivo o ciertas partes (por ejemplo, el distancia).
4. Agregar botones de control en la parte frontal del dispositivo.
5. Más señales visuales con luz.
6. Ajuste automático del reloj.

Interés por una versión actualizada del dispositivo La mayoría de los encuestados estaban interesados en el concepto de un dispositivo inteligente que se puede instalar en una estufa normal. Ese tipo de kit podría venir con algunos sensores inalámbricos, una pantalla y algunas piezas de hardware. Sin embargo, nuestra solución actual está totalmente integrada en una gama y fue diseñada para que así sea. En el futuro, queremos trabajar en una versión más ligera del dispositivo que se pueda adaptar para un kit de actualización.

7 Conclusión y trabajos futuros

Las personas que sufren una pérdida de autonomía causada por déficits cognitivos experimentan muchos problemas al intentar realizar sus actividades de la vida diaria [31]. Deben vivir en ambientes que no han sido diseñados para sus necesidades y utilizar (bajo su propio riesgo) electrodomésticos diseñados para personas sanas. En este artículo, **presentamos un nuevo sistema de asistencia, que toma la forma de un prototipo de cocina inteligente [15], que permite monitorear la actividad de cocina de un usuario con discapacidad cognitiva y brindar una guía adaptada [36] en la finalización de una receta.** El sistema que desarrollamos tiene la capacidad de detectar situaciones de riesgo (por ejemplo, un estado peligroso que puede provocar un incendio) y puede tomar acciones preventivas en consecuencia.

La originalidad de nuestra invención es combinar, en tiempo real, las entradas provenientes de celdas de carga, sensores de calor y contactos electromagnéticos integrados en el rango para inferir, utilizando un modelo de reconocimiento de transición de estado de inteligencia artificial, el estado actual de un on- actividad en marcha. El prototipo también es capaz de identificar los principales tipos de errores que caracterizan a los usuarios con deterioro cognitivo [8,55]. La inteligencia artificial se basa en una representación estocástica de transición de estado [25,26] de cada actividad. Realizamos varios experimentos con el prototipo, dando resultados prometedores y mostrando el interés de este dispositivo. También realizamos, con la ayuda de una empresa de valorización, un estudio con los usuarios objetivo, empresas, organismos públicos y profesionales. Para este estudio se han realizado 42 entrevistas individuales y se ha consultado directamente a 148 empresas y organismos.

De hecho, aún queda mucho trabajo por hacer para alcanzar un nivel adecuado de robustez y preparación para su implementación en los hogares de los usuarios reales. En primer lugar, a la luz del estudio con usuarios y empresas objetivo, necesitaremos ajustar las funcionalidades de los dispositivos para que se ajusten mejor a las necesidades. En segundo lugar, tendremos que realizar más pruebas en entornos controlados para calibrar y garantizar la eficacia del dispositivo. En tercer lugar, tendremos que proceder a una evaluación con varias personas desplegando el dispositivo en un entorno real in vivo. Ya tenemos dos alianzas con instituciones que tienen acceso a prototipos de residencias inteligentes reales donde se podría implementar el dispositivo. Finalmente, de acuerdo con el resultado del estudio, necesitaremos diseñar una versión retrofit independiente

del dispositivo capaz de ser instalado en aparatos estándar ya existentes.

Referencias

- Afridi AH (2012) La computación social móvil como tecnología de asistencia para mejorar el cuidado de los ancianos. En: Actas del Congreso Mundial de Ingeniería, vol 2, Londres, pp 1-8
- Alberdi A, Weakley A, Schmitter-Edgecombe M, Cook D, Aztiria A, Basarab A, Barrenechea M (2018) Predicción inteligente basada en el hogar de síntomas multidominio relacionados con la enfermedad de Alzheimer. IEEE J Biomed Health Informat 22: 1–8
- Al-Shaqi R, Mourshed M, Rezgui Y (2016) Progreso en los sistemas asistidos por el ambiente para la vida independiente de las personas mayores. SpringerPlus 5(1):1–20
- An Y, Cao Y, Chen J, Ngo C, Jia J, Luan H, Chua T (2017). PIC2DISH: un sistema de asistente de cocina personalizado. En: Actas de la conferencia multimedia ACM 2017 (MM '17). ACM, Nueva York, NY, EE. UU., págs. 1269–1273
- Augusto J, Kramer D, Alegre U, Covaci A, Santokhee A (2017) El proceso de desarrollo de entornos inteligentes centrados en el usuario como guía para co-crear tecnología inteligente para personas con necesidades especiales. En: Universal Access in the Information Society, Springer, pp 1–16 6. Bakar UABUA et al (2016) Actividad y detección de anomalías en el hogar inteligente: una encuesta Sensores y sistemas de próxima generación. Springer, Berlín, págs. 191–220 7. Barber D (2012) Razonamiento bayesiano y aprendizaje automático. Cambridge University Press, Nueva York, p 728 8. Baum C, Edwards DF (1993) Rendimiento cognitivo en la demencia senil del tipo de Alzheimer: The Kitchen Task Assessment (KTA). American Journal of Occupational Therapy 47(5):431–436 9. Billingshurst M, Hirokazu K, Seiko M (2009) Técnicas de interacción avanzadas para aplicaciones de realidad aumentada. En: Actas de Int. conferencia sobre realidad virtual y mixta, págs. 13–22 10. Bischoff J, Busse A, Angermeyer MC (2002) Deterioro cognitivo leve: una revisión de la prevalencia, la incidencia y el resultado según los enfoques actuales. PubMed US Nat Lib Med 106(6):403–14 11. Bøger J, Poupard P, Hoey J, Boutilier C, Fernie G, Mihailidis A (2005) Un enfoque teórico de decisiones para la asistencia en tareas para personas con demencia. En: Proc. de la conferencia internacional conjunta sobre inteligencia artificial (IJCAI'05), Edimburgo, Escocia, pp 1293–1299
- Bouchard B (2017) Tecnologías inteligentes en el cuidado de la salud. CRC, Boca Raton ISBN 9781498722001, 235 páginas 13. Bouchard B, Giroux S, Bouzouane A (2007) Un modelo de reconocimiento de plan ojo de cerradura para pacientes con Alzheimer: primeros resultados. Appl Artif Intell 21(7):623–658 14. Bouchard K, Bouchard B, Bouzouane A (2017) Pautas prácticas para construir hogares inteligentes: lecciones aprendidas, redes oportunistas: redes vehiculares, D2D y de radio cognitiva. CRC Press, Boca Raton, págs. 206–234 15. Bouchard B, Bouchard K, Bouzouane A (2014) Una estufa inteligente que ayuda a cocinar a las personas con discapacidad cognitiva. En: Actas de la vigésima sexta conferencia anual sobre aplicaciones innovadoras de la inteligencia artificial (IAAI-14), editorial AAAI, 27 al 31 de julio, Québec (QC), Canadá, págs. 1 a 6
- Carayon P (ed) (2012) Manual de factores humanos y ergonomía en el cuidado de la salud y la seguridad del paciente. CRC, Boca Ratón, pág. 824
- Choudhury T, Philipose M, Wyatt D, Lester J (2006) Hacia bases de datos de actividad: uso de sensores y modelos estadísticos para resumir la vida de las personas. IEEE Data Eng Bull 29: 49–58
- Clark PG, Blissmer BJ, Greene GW, Lees FD, Riebe DA, Stamm KE (2011) Mantener el ejercicio y la alimentación saludable en personas mayores

- adultos: el Proyecto SENIOR II: diseño y metodología del estudio. Ensayos contemporáneos de Clin 32 (1): 129–139
19. Cook AM, Miller-Polgar J (2015) Tecnologías de asistencia: principios y práctica, 4.ª ed. Elsevier, Oxford, p 496
20. Cook DJ, Crandall AS, Thomas BL, Krishnan NC (2013) CASAS: una casa inteligente en una caja. Computadora 46 (7): 62–69
21. Czarnuch S, Mihailidis A (2015) Desarrollo y evaluación de un rastreador de manos utilizando imágenes de profundidad capturadas desde una perspectiva aérea. Disabil Rehabil Assist Technol 11(2):150–157
22. Czarnuch S, Cohen S, Parameswaran V, Mihailidis A (2013) A real world deployment of the COACH prompting system. J Ambient Intell Smart Environ 5(5):463–478
23. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. (US DHHS) (2011) Deterioro cognitivo: ¡un llamado a la acción, ahora! Georgia: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades
24. Dobre C, Mavromoustakis C, García N, Goleva RI, Mastorakis G (2017) Vida asistida ambiental y entornos de vida mejorados: principios, tecnologías y control. Elsevier, Oxford, p 552
25. Elangovan V, Shirkhodaie A (2012) Reconocimiento de las características de la actividad humana basado en la técnica de modelado de transiciones de estado. En: Proc. de procesamiento de señales, fusión de sensores y reconocimiento de objetivos, Baltimore, Maryland, EE. UU., 23 de abril
26. Fathi A, Rehman JM (2013) Modelado de acciones a través de cambios de estado. En: Conferencia IEEE sobre visión por computadora y reconocimiento de patrones, Portland, OR, EE. UU., 23–28 de junio, p. 8
27. Fisher M, Gabbay DM, Vila L (2005) Manual de razonamiento temporal en inteligencia artificial. Elsevier, Oxford, p 750
28. Geib C, Goldman R (2005) Observabilidad parcial y reconocimiento probabilístico de plan/objetivo. En: Proc. Del taller IJCAI-05 sobre modelado de otros a partir de observaciones, conferencia internacional conjunta sobre inteligencia artificial, pp 6–29
29. Gravel A, Chabot G (2014) Statistique sur les incendies déclarés en 2014, Ministère de la sécurité public, pp 1–21
30. Grosan C, Abraham A (2011) Rule-based expert systems, intelligent systems, vol 17. Springer, Berlin, pp 149–185
31. Gure TF, Langa KM, Fisher G, Piette JD, Plassman BL (2013) Limitaciones funcionales en adultos mayores con deterioro cognitivo sin demencia. J Geriatr Psychiatry Neurol SAGE J 26(2):78–85
32. Haigh KZ, Kiff LM, Ho G (2006) El asistente de estilo de vida independiente: lecciones aprendidas. Assist Technol 18(1):87–106
33. Hugo J, Ganguli M (2014) Demencia y deterioro cognitivo: epidemiología, diagnóstico y tratamiento. J Clin Geriatr Med 30(3):421–442
34. Johansson M, Marcusson J, Wressle E (2015) Deterioro cognitivo y sus consecuencias en la vida cotidiana: experiencias de personas con deterioro cognitivo leve o demencia leve y sus familiares. Int Psychogeriatr 27(6):949–958
35. Kosch T, Woźniak P, Brady E, Schmidt A (2018) Cocinas inteligentes para personas con discapacidad cognitiva: un estudio cualitativo de requisitos de diseño. En: Proc. de la conferencia CHI 2018 sobre factores humanos en sistemas informáticos (CHI '18). ACM, Nueva York, NY, EE. UU., pág. 12
36. Lapointe J, Bouchard B, Bouchard J, Bouzouane A (2012) Hogares inteligentes para personas con enfermedad de alzheimer: adaptando estrategias de aviso al perfil cognitivo del paciente. En: Proc. 5º ACM Int. conferencia sobre tecnologías omnipresentes relacionadas con entornos de asistencia (PETRA'12), 6–8 de junio, Grecia, págs. 1–8
37. Ley LLF (2013) Ejercicio de tareas funcionales para adultos mayores con deterioro cognitivo en riesgo de enfermedad de Alzheimer. Tesis doctoral, Universidad James Cook
38. Li R, Lu B, McDonald-Maier K (2015) Sistema ambiental de vida asistida cognitiva: una encuesta. Red común de dígitos 1(4):229–252
39. Littman ML (2009) Un tutorial sobre procesos de decisión de Markov parcialmente observables. J Math Psychol 53(3):119–125
40. Ma Y, Guo G (2014) Aplicaciones de máquinas vectoriales compatibles. Springer, Berlín, pág. 302
41. Mahajan HP, Ding D (2014) Cueing kitchen: a smart cooking assistant. En: 40.ª conferencia anual de bioingeniería del noreste de IEEE (NEBEC), Boston MA, pp 1–3
42. Maratea M, Pulina L (2012) Resolviendo problemas temporales disyuntivos con preferencias utilizando la máxima satisfacción. AI Comun 20:137–156
43. Mihailidis A, Boger J, Candido M, Hoey J (2008) El sistema de aviso COACH para ayudar a los adultos mayores con demencia a través del lavado de manos: un estudio de eficacia. BMC Geriatr 8:28
44. Murad Ali SM, Augusto JC, Windridge D (2019) Una encuesta de enfoques centrados en el usuario para el aprendizaje de transferencia de hogares inteligentes y la adaptación de la automatización del hogar de nuevos usuarios. Appl Artif Intell Int J 33(8):747–774
45. Neumann A, Elbrechter C, Pfeiffer-Lebmann N, Koiva R, Carlmeier B, Ruther S, Schade M, Ückermann A, Wachsmuth S, Ritter HJ (2017) KogniChef: un asistente de cocina cognitiva. Künstliche Intelligenz 31(3):273–281
46. NFPA Research (2018) Home cooking fires, noviembre, pág. 10
47. Pigot H, Mayers A, Giroux S (2003) El hábitat inteligente y el apoyo a la actividad de la vida cotidiana. En: Proc. de la 5ª conferencia internacional sobre simulaciones en biomedicina, 2–4 de abril, Eslovenia, págs. 507–516
48. Piskorowski J, Barcinski T (2008) Compensación dinámica de la respuesta de la celda de carga: un enfoque variable en el tiempo. Mech Syst Signal Process 22(7):1694–1704
49. Pollack M (2006) Autominder: un estudio de caso de tecnología de asistencia para ancianos con deterioro cognitivo. Generaciones 30:67–79
50. Pollack M, Brown L, Colbry D, McCarthy CE, Orosz C, Peintner B, Ramakrishnan S, Tsamardinos I (2003) Autominder: un sistema ortopédico cognitivo inteligente para personas con deterioro de la memoria. Robot Auton Syst 44: 273–282
51. Prince M, Bryce R, Albanese E, Wimo A, Ribeiro W, Ferri CP (2013) La prevalencia global de la demencia: una revisión sistemática y metaanálisis. Alzheimers Dement 9:63–75
52. Rasmussen CE, Williams C (2005) Procesos gaussianos para máquina de aprendizaje. MIT, Cambridge, pág. 266
53. Reicks M, Troffholz AC, Stang JS, Laska MN (2014) Impacto de las intervenciones de cocina y preparación de alimentos en el hogar entre adultos: resultados e implicaciones para programas futuros. J Nutr Educ Behav 46(4):259–276
54. Sato A, Watanabe K, Rekimoto J (2014) MimiCook: un sistema de asistente de cocina con guía situada. En: Actas de la octava conferencia internacional sobre interacción tangible, integrada y incorporada (TEI '14). ACM, Nueva York, NY, EE. UU., págs. 121–124
55. Schwartz MF, Segal M, Veramonti T, Ferraro M, Buxbaum LJ (2002) La prueba de acción naturalista: una evaluación estandarizada para el deterioro de la acción cotidiana. Psychology Press, Hove, pp 311–339
56. Tallman LB (1961) Planificación relacionada con la preparación de comidas. Universidad de Cornell, septiembre, p 196
57. Tavani HT (2016) Ética y tecnología: controversias, preguntas y estrategias para la informática ética, 5.ª ed. Wiley, Hoboken, pág. 359
58. Thordardottir B, Fänge AM, Lethin C, Gatta DR, Chiatti C (2019) Aceptación y uso de tecnologías de asistencia innovadoras entre personas con deterioro cognitivo y sus cuidadores: una revisión sistemática, vol 2019. BioMed Research International, Londres, p 18
59. Naciones Unidas (2019) Perspectiva de la población mundial: la revisión de 2019. dep. de Asuntos Económicos y Sociales: División de Población. pág. 114

60. Wang J, Chen Y, Hao S, Peng X, Hu L (2018) Aprendizaje profundo para reconocimiento de actividad basado en sensores: una encuesta, letras de reconocimiento de patrones. Elsevier, Oxford, págs. 1–10

61. Zaidi A, Howse K (2017) El discurso político del envejecimiento activo: algunas reflexiones. J Envejecimiento de la población 10(1):1–10

Nota del editor Springer Nature se mantiene neutral con respecto a reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.