# Context-Aware IoT Middleware for Home Care - “R2V Adaptive” (Contexto IoT Middleware para atención domiciliaria - "R2V adaptativo")

**Abstracto:**

Este documento presenta "R2V adaptativo", un middleware que permite el uso de dispositivos inteligentes comerciales en la ejecución de planes de atención, permitiendo la continuidad de la atención de una manera eficiente para la atención domiciliaria y evitando el bloqueo del ecosistema digital. Proponemos un enfoque bilateral: reutilizar los dispositivos inteligentes existentes y asignarles tareas dinámicas en función del proceso de atención al paciente y sus capacidades. El sistema logra esto mediante la ejecución de un plan de atención personalizado con actividades anotadas con los dispositivos correspondientes. Dicho sistema tiene en cuenta el contexto, ya que se adapta al contexto del dispositivo y al contexto médico del usuario. El sistema se encuentra en la fase de prototipo, implementando tareas de detección y notificación en dos dispositivos inteligentes.

**Publicado en:**[2018 3a Conferencia internacional sobre tecnologías inteligentes y sostenibles (SpliTech)](https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/8430097/proceeding)

**Fecha de la conferencia:** 26-29 de junio de 2018

**Fecha añadida a IEEE *Xplore* :** 30 de agosto de 2018

**Información del ISBN:**

**Número de acceso de INSPEC:** 18060852

**Editorial:**IEEE

**Lugar de la conferencia:** Split, Croacia

**SECCIÓN I.**

## **Introducción**

En este artículo presentamos un prototipo para un middleware de Internet de las cosas (IoT) sensible al contexto y al proceso orientado a la atención domiciliaria centrado en dispositivos comerciales, "inteligentes" ya poseídos, como teléfonos inteligentes, pulseras inteligentes, televisores inteligentes, etc. cuyas capacidades podrían ser útiles en un proceso comercial de salud. Denominamos a este prototipo "Adaptador R2V", a partir del uso de un circuito de retroalimentación entre el mundo real y el mundo virtual / digitalizado, dirigido a mejorar los procesos comerciales al aumentar la adaptabilidad del sistema.

El enfoque hacia el uso de tecnologías novedosas como IoT para implementar paradigmas de atención médica previstos, como la continuidad de la atención, está ganando cada vez más impulso tanto en la industria como en la academia, como una forma de disminuir o al menos detener el aumento de los costos de atención médica, al proporcionar al paciente o los cuidadores del paciente, tanto formales como informales, con las herramientas para mantener un estilo de vida saludable sin acceder a los servicios de salud tradicionales en las unidades de salud. Se han propuesto e implementado múltiples proyectos de vida asistida ambiental (AAL), como parte del programa AAL en Horizonte 2020 [1] .

Sin embargo, una falla recurrente en tales proyectos / productos es el requisito de comprar equipo especializado, a menudo encerrado en un ecosistema patentado, incapaz de interactuar con otros dispositivos y participar en nuevos flujos de trabajo, lo que contradice una de las premisas de IoT.

Proponemos un enfoque de dos lados: reutilizar los dispositivos inteligentes existentes y asignarles tareas dinámicamente en función del proceso de atención al paciente y sus capacidades. Dicho sistema tiene en cuenta el contexto, ya que se adapta al contexto del dispositivo y del usuario y el proceso, ya que las tareas asignadas a los dispositivos inteligentes son parte de un proceso comercial más complejo.

Primero, el sistema analizará el registro de atención del usuario para los tratamientos en curso. Dependiendo de la implementación del registro de atención nacional / regional, el plan de tratamiento puede almacenarse en diversos formatos. Consideramos el caso más simple en el que el registro de atención contiene el diagnóstico y tenemos en cuenta la vía de atención estandarizada de acuerdo con los protocolos publicados.

En segundo lugar, el usuario registra los dispositivos inteligentes que posee y sus capacidades se anuncian y descubren. Actualmente existen protocolos para anunciar las capacidades de los dispositivos conectados, como UPnP. Proponemos una ontología limitada para definir las capacidades relevantes de detección, notificación y comunicación de los dispositivos.

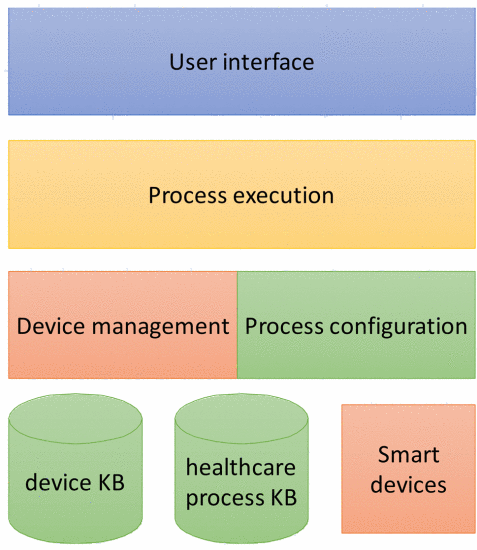
En tercer lugar, el sistema analiza la ruta del cuidado de la carrera y decide qué actividades se pueden habilitar mejor mediante el uso de dispositivos inteligentes. Dependiendo del tipo de actividad y las capacidades del dispositivo, se pueden tomar acciones, que van desde la notificación hasta el monitoreo. Por ejemplo, suponga el caso de la administración de píldoras. Si el usuario posee un dispensador de píldoras inteligente, capaz de rastrear y comunicarse, la actividad de administración de píldoras puede ser monitoreada. Si el usuario no posee dicho dispositivo, aún puede ser notificado por teléfono inteligente o televisión inteligente. Se crea un proceso comercial personalizado en el que las actividades se delegan en dispositivos inteligentes.

En la segunda sección presentaremos el estado actual de la tecnología en IoT consciente del contexto y del proceso, en la tercera sección elaboraremos la solución propuesta, centrándonos en la arquitectura y en la sección final los resultados y el futuro Se describe el trabajo. Finalmente, una sección de conclusiones presenta las principales contribuciones del artículo.

**SECCION II.**

## **Lo último**

La conciencia del contexto es una característica clave para Internet de las cosas si quiere lograr su verdadero potencial: “Internet de las cosas permite que las personas y las cosas se conecten en cualquier momento, en cualquier lugar, con cualquier cosa y cualquier persona, idealmente usando cualquier ruta / red y cualquier servicio " [2] . El principal paso evolutivo prometido por IoT como paradigma de comunicación e informática, con consecuencias de largo alcance en todos los sectores de actividad humana, es la capacidad de las cosas "inteligentes" de ser conscientes de su entorno (incluidas otras cosas inteligentes y humanos) adaptado, autoconfigurado y perseguir proactivamente el logro de objetivos comunicándose con otras cosas inteligentes [3] .

[[](https://ieeexplore.ieee.org/mediastore_new/IEEE/content/media/8430097/8448303/8448315/29-fig-1-source-large.gif)](https://ieeexplore.ieee.org/mediastore_new/IEEE/content/media/8430097/8448303/8448315/29-fig-1-source-large.gif)

**Figura 1.** Arquitectura general

Dichas tareas solo pueden llevarse a cabo si los dispositivos inteligentes son conscientes del contexto, si pueden usar datos situacionales para cambiar su comportamiento [4] . La conciencia del contexto ha sido un tema de investigación importante incluso antes del cambio de paradigma de IoT [5] , con definiciones de "contexto" que cubren conceptos dispares como ubicación, entorno, tiempo, identidad, ubicación conjunta, capacidades de dispositivos, características personales. Aplicando, la definición general de [4] , ese contexto es “cualquier información que pueda usarse para caracterizar la situación de una entidad”, a nuestro sistema propuesto, resulta que los datos de contexto relevantes son el perfil de salud del paciente, el flujo de trabajo de atención asignado al paciente y las características de los dispositivos inteligentes que posee.

Los sistemas conscientes del contexto son sistemas que utilizan datos de contexto para cambiar la presentación de datos y servicios, la ejecución de servicios y el etiquetado de datos recopilados [6] . En nuestro sistema propuesto, los datos contextuales se utilizan para cambiar la presentación y la ejecución de los servicios. Se propusieron diferentes sistemas contextuales y basados ​​en middleware para IoT [5] , algunos de ellos abordando problemas similares a los nuestros. Enumeraremos algunos relevantes: Aura [7] aborda la continuidad de la tarea en diferentes dispositivos y entornos, MoCA [8] utiliza ontologías para modelar y gestionar el contexto, DMS-CA [9]adopta un enfoque basado en reglas para el razonamiento en edificios inteligentes. Los trabajos presentados tienen un enfoque más general del contexto y el modelado del contexto, nuestro enfoque está orientado a un dominio particular y a una definición más limitada del contexto.

También debemos mencionar el estado actual de la conciencia de proceso en IoT, aunque se puede argumentar que la conciencia de proceso es una subcategoría de conciencia de contexto. En [10], los autores proponen integrar los dispositivos IoT como recursos en los sistemas ERP ampliando el Modelo de Procesos de Negocio y la Notación (BPMN) 2.0 con las especificaciones de los dispositivos IoT como recursos del proceso. Se da un paso más en [11], donde los autores utilizan nuevamente BPMN para definir el comportamiento de los dispositivos IoT y, además, para traducir el BPMN a un código ejecutable para los dispositivos, en el lenguaje de programación Callas. Aunque se usa principalmente para modelar procesos de negocio, BPMN también se puede adaptar para usarse en procesos de atención médica como se presenta en [12]Sin embargo, existe poca literatura que cubra el uso de dispositivos IoT como recursos en los procesos de atención médica, especialmente cuando se enfoca en dispositivos inteligentes disponibles para el consumidor. En la siguiente sección presentaremos nuestra propia propuesta para un sistema de IoT consciente del contexto y del proceso.

**SECCION III.**

## **R2V adaptativo**

Nuestro enfoque de un marco de atención domiciliaria habilitado para IoT, llamado adaptativo R2V, intenta capitalizar el hecho de que la mayoría de los posibles usuarios poseen dispositivos inteligentes (teléfonos inteligentes, pulseras inteligentes, televisores inteligentes, etc.) con sensores variados y precisos. Estos dispositivos pueden detectar datos médicos relevantes del usuario o del entorno.

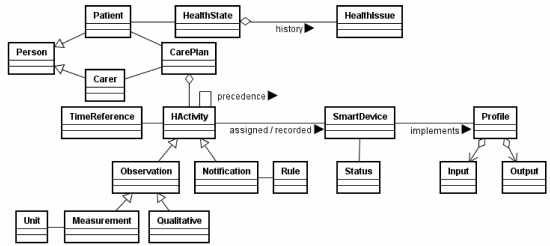
Si bien esto es bien conocido, y las aplicaciones de seguimiento de la salud son un punto de venta para dispositivos inteligentes, la principal limitación actual es la falta de interoperabilidad de un ecosistema digital a otro. Un flujo de trabajo de atención complejo, que utiliza más de un dispositivo, requeriría que los dispositivos se comuniquen entre sí. Nuestro enfoque orientado al middleware ejecutará el proceso de atención y enviará solicitudes de plataforma neutral a los dispositivos.

El plan de tratamiento se representa como un proceso empresarial, con algunas tareas que pueden ser ejecutadas por dispositivos IoT. Un motor de ejecución de procesos ejecutará el plan y llamará a las tareas en los dispositivos.

Otra característica del sistema es la flexibilidad en la ejecución de tareas en tiempo de ejecución. Las tareas se distribuyen a los dispositivos según las capacidades del dispositivo y los requisitos de la tarea, y el dispositivo disponible se selecciona del grupo. El sistema tiene en cuenta el contexto con respecto al contexto del dispositivo (capacidades, disponibilidad) y el perfil de salud del usuario.

### Un diseño

La arquitectura general del sistema se presenta en la figura 1 . Hacemos una descripción general de los componentes principales y sus propiedades.

[[](https://ieeexplore.ieee.org/mediastore_new/IEEE/content/media/8430097/8448303/8448315/29-fig-2-source-large.gif)](https://ieeexplore.ieee.org/mediastore_new/IEEE/content/media/8430097/8448303/8448315/29-fig-2-source-large.gif)

**Figura 2.** Modelo de dominio R2V

**Device Knowledge Base** almacena información sobre las capacidades de dispositivos individuales en formato OWL. Hemos clasificado las propiedades en dos clases principales: entrada y salida. Para la entrada, enumeramos los tipos de sensores relevantes: presencia, movimiento, ubicación, temperatura y entrada del usuario (confirmación, opción de elección, texto libre / voz). Para el resultado, detallamos las propiedades que se ocupan de alertar al usuario u otro cuidador (formal o informal): alarma, notificación (llamada, SMS, correo electrónico, personalizado). Un perfil contiene una combinación de propiedades de entrada y salida. Un dispositivo implementa varios perfiles.

**Health Knowledge Process Knowledge Base** describe las tareas que forman parte de un proceso de atención médica y sus propiedades de entrada y salida requeridas. Por ejemplo, en el caso de la diabetes, la actividad "monitorizar el nivel de glucosa" puede tener la entrada "texto restringido" que permite al paciente introducir los datos desde cualquier dispositivo que implemente esa propiedad. En el caso de la demencia, se puede usar una combinación de dispositivos o un solo dispositivo para monitorear la ubicación del paciente y notificar al cuidador apropiado.

El módulo de **administración de dispositivos** es responsable de registrar dispositivos inteligentes, mantener la conexión a los dispositivos inteligentes y administrar el contexto de los dispositivos inteligentes, por ejemplo, la ubicación y la información de la batería.

**El** módulo de **configuración de proceso** analiza el flujo de trabajo de atención médica e identifica, en función de las bases de conocimiento del dispositivo y del proceso de atención médica, qué tareas pueden ejecutar los dispositivos registrados. El resultado es el flujo de trabajo sanitario anotado con posibles dispositivos receptores.

**La ejecución del proceso** ejecutó el flujo de trabajo anotado. Las tareas tienen una lista de posibles dispositivos responsables. Según el estado recibido del módulo de administración de dispositivos, la ejecución selecciona el dispositivo más accesible de la lista. Si la ejecución falla, se selecciona la siguiente en la lista.

La **interfaz de usuario le** permite al usuario administrar su flujo de trabajo de salud y sus dispositivos inteligentes al introducir nuevos dispositivos y seleccionar los perfiles para ellos. La interfaz también se puede utilizar para acceder a registros y estadísticas.

### B. Implementación

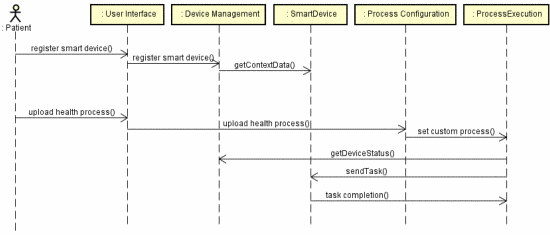
El proyecto se encuentra actualmente en la fase de prototipo, para probar la viabilidad del enfoque y obtener información útil de los posibles interesados ​​para convertirlo en un proyecto de investigación completo.

Se han implementado varias características simplificadas para probar el flujo de trabajo general del sistema.

Se crearon dos ontologías, dispositivo y tratamiento en formato OWL en Protege. La ontología del dispositivo contiene 27 clases y la ontología del tratamiento contiene 20 clases. Para los dispositivos inteligentes, hemos elegido un teléfono inteligente Android y una Raspberry Pi con sensores de presencia. La aplicación principal se implementa como una aplicación web Java implementada en un servidor Glassfish. El modelo de dominio de la aplicación se detalla en la Fig. 2 , basado en nuestro trabajo previo en el modelado del ecosistema de salud digital [13] y un registro de salud virtual [14] . Para la legibilidad, los atributos y las multiplicidades de asociación se eludieron en el diagrama presentado.

Para el proceso de tratamiento, hemos elegido dos actividades repetitivas: notificar al usuario a determinadas horas que tome su medicamento y verificar la presencia del usuario durante un período de tiempo, para descubrir largos períodos de inactividad.

La ejecución del proceso no empuja las tareas a los dispositivos, en cambio, las tareas, con la identificación del dispositivo y la marca de tiempo asignadas, se escriben en una base de datos y se hacen accesibles a través de los servicios web. Los dispositivos extraen sus tareas respectivas del servidor y las almacenan localmente, actualizando la tienda local según sea necesario. La finalización de la tarea se envía al servidor.

[[](https://ieeexplore.ieee.org/mediastore_new/IEEE/content/media/8430097/8448303/8448315/29-fig-3-source-large.gif)](https://ieeexplore.ieee.org/mediastore_new/IEEE/content/media/8430097/8448303/8448315/29-fig-3-source-large.gif)

**Fig. 3.** Flujo de trabajo

Para ejecutar las tareas que hemos programado, tanto para las plataformas Android como Raspberry Pi, se realizan una serie de actividades predefinidas y altamente personalizables que se llaman según el archivo de tareas recibido. El flujo de trabajo completo se presenta en la Fig . 3 .

**SECCION IV.**

## **Conclusiones y trabajo adicional**

Hemos presentado un prototipo para un middleware consciente del contexto y del proceso que permite el uso de dispositivos inteligentes ya propios en los procesos de atención médica. Se implementó una primera iteración como una aplicación web utilizando dos dispositivos inteligentes para obtener retroalimentación para la continuación del proyecto.

En las próximas fases, nos centraremos en analizar los planes de atención existentes, así como en enviar tareas a los dispositivos y aumentar el número de tareas de plantilla.

### RECONOCIMIENTO

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Politécnica de Bucarest, a través del Programa "Becas de Investigación de Excelencia", UPB - GEX 2017.