

# Un marco de trabajo basado en Avatares Digitales para Telemedicina

Rafael García-Luque  and Ernesto Pimentel 

ITIS Software, Universidad de Málaga (Spain)  
{rafagarcialuque,epimentel}@uma.es

**Resumen** El desarrollo de las tecnologías digitales para el ámbito de la salud ha traído consigo grandes ventajas como, entre otras, la atención remota de pacientes. En este contexto, los teléfonos inteligentes (*smartphones*) se han convertido en las principales herramientas de la Telemedicina, ya que tienen una alta capacidad computacional y están equipados con sensores que los hacen conscientes de su entorno y permiten la interacción remota. Sin embargo, como en otros sistemas informáticos omnipresentes, el almacenamiento, procesamiento e intercambio de datos puede poner en riesgo la privacidad del usuario. Por todo ello, en este trabajo presentamos un marco de trabajo software basado en el concepto de Avatar Digital, que permite un uso intensivo de las capacidades computacionales de los teléfonos móviles bajo el paradigma People as a Service y que, mediante el desarrollo de perfiles sociológicos que evolucionan continuamente a través de la interacción con el usuario, los sensores del smartphone y otros dispositivos médicos externos, posibilita la monitorización y seguimiento de los síntomas del paciente y garantiza la confidencialidad personal al prescindir de servidores externos.

**Keywords:** Avatar Digital · People as a Service · Internet de las Cosas · Smartphone · Procesamiento de Eventos Complejos · Telemedicina

## 1. Introducción

Los sistemas sanitarios han evolucionado de forma considerable en los últimos años, especialmente en la atención médica, recopilación de datos, almacenamiento, diagnóstico y tratamiento [6]. Esta mejora se ha producido gracias a la aparición del Internet de las cosas médicas (IoMT, del acrónimo en inglés de *Internet of Medical Things*), al proporcionar dispositivos conectados a Internet que facilitan la conectividad de datos, la visibilidad y la interoperabilidad [2]. En consecuencia, una mejor atención al paciente.

Sin embargo, estos avances tecnológicos vienen acompañados de preocupaciones respecto a la seguridad y privacidad de los datos del paciente, especialmente cuando se recopilan, comparten y procesan por dispositivos IoT, los cuales no siguen ningún esquema de cifrado y descifrado de extremo a extremo, siendo la principal causa de ciberataques [1]. Además, tanto la información almacenada en la nube como por un tercero no puede manipularse, dificultando el control eficaz de los datos médicos personales del usuario [6].



Como resultado, existe la necesidad de un sistema de salud digital que pueda cumplir con los desafíos mencionados anteriormente y proporcionar un sistema inmutable, seguro, sin costo, altamente escalable y verificable que se adapte a las necesidades de las entidades médicas [1]. En este punto, los smartphones se han convertido en los dispositivos inteligentes más populares y su desarrollo computacional puede traer excelentes beneficios en el ámbito de la Telemedicina.

Para hacer frente a esto, en este artículo se propone un marco de trabajo basado en el paradigma People as a Service (PeaaS) [5], para aprovechar las capacidades de los smartphones mediante la aplicación de perfiles sociológicos junto con reglas de comportamiento que rigen su inferencia, evolución y uso, otorgadas por las técnicas de Procesamiento de Eventos Complejos (CEP) [7].

Esta combinación, conocida como Avatar Digital (DA) [3], posibilita la reconfiguración automática de los dispositivos médicos inteligentes sin centralización en servidores externos, ofreciendo comunicación y seguimiento entre los sanitarios con sus pacientes y garantizando la confidencialidad de los datos personales.

## 2. Arquitectura

El desarrollo tecnológico asociado al IoMT ha sido motivado por el aumento en la capacidad de los dispositivos inteligentes. Ello ha generado más amenazas respecto a la seguridad y privacidad del usuario [4]. En suma, un registro médico puede contener más información personal que cualquier otro documento [8].

Para tratar este problema, puede hacerse uso del paradigma del PeaaS [5] y, así, aprovechar el potencial de los dispositivos móviles para desarrollar perfiles sociológicos, Avatares Digitales, que evolucionan continuamente sin afectar al rendimiento y eficiencia del sistema puesto que el DA está alojado exclusivamente en el dispositivo móvil, almacenando una gran cantidad de datos. Además, permite el seguimiento de los doctores o cuidadores con sus pacientes y garantiza la confidencialidad de los datos al establecer distintos roles para cada Avatar.

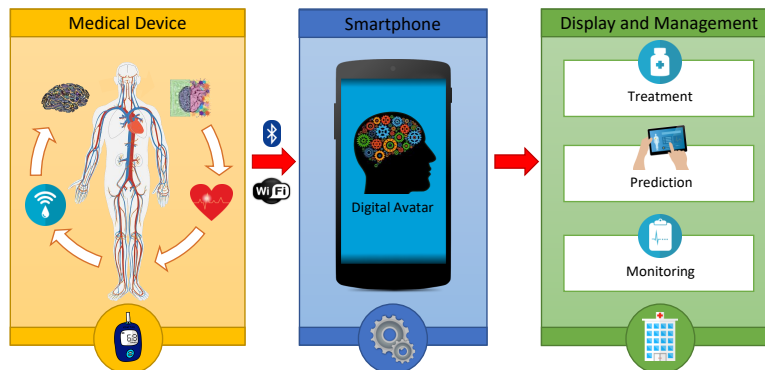


Figura 1: Descripción en capas funcionales de la topología propuesta.

En base a lo anterior, la Figura 1 ilustra las tres capas que intervienen en el sistema planteado: los dispositivos médicos, el DA contenido en el teléfono móvil y la toma de decisiones del experto sanitario.

La arquitectura de esta solución puede representarse como un modelo UML (Figura 2) donde los dispositivos biomédicos IoT (en naranja) son los encargados de medir las variables de salud (frecuencia cardíaca, etc.) para el diagnóstico, tratamiento, seguimiento y predicción. Por consiguiente, usando comunicación Bluetooth o Wi-Fi, esta información puede ser transferida al smartphone para su tratamiento a través del DA (en azul claro y oscuro) y, así, permitir la monitorización por parte del experto, adaptándose a las circunstancias del paciente.

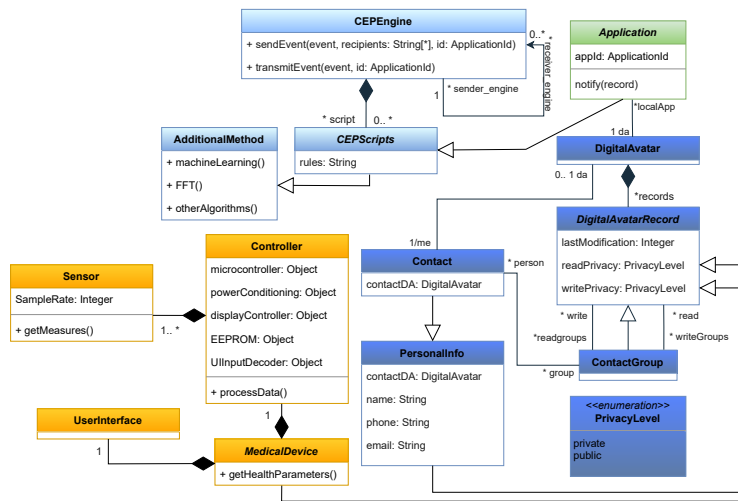


Figura 2: Diagrama de clases de la arquitectura completa del sistema.

Respecto al marco software para el perfil del Avatar Digital (Figura 2, en azul oscuro), surge de los conceptos introducidos en [3] para el cuidado de personas mayores independientes y su generalización a otros ámbitos de la Telemedicina. Su nivel de implementación es a nivel de despliegue en el smartphone y, como resultado, las aplicaciones (*Application*, en verde) se ejecutan localmente consultando y actualizando la información contenida en el DA (*DigitalAvatarRecord*), asociada tanto a los datos personales del usuario (*PersonalInfo*) como a sus parámetros de salud (medidos por el dispositivo médico, *MedicalDevice*).

En consecuencia, dependiendo de los privilegios (*PrivacyLevel*) otorgados a cada Avatar, se podrá tener acceso y control sobre los datos autorizados del otro perfil virtual, proporcionando un punto de interacción rápido y directo sobre el estado de salud del paciente. Por otro lado, el marco del DA utiliza un motor de inferencia CEP (*CEPEngine*, en azul claro en la Figura 2) cuya combinación constituye la estructura del perfil virtual y, así, detectar y generar nuevos datos en tiempo real. Además, ofrece la posibilidad de aplicar técnicas complementarias (*AdditionalMethod*) al CEP (Aprendizaje Automático, entre otras) para llevar a cabo la monitorización, tratamiento y predicción sobre el usuario.



### 3. Retos y trabajos futuros

El desarrollo de la Telemedicina trae consigo numerosas ventajas como el seguimiento y la atención médica remota o la reducción en la hospitalización. Si embargo, esto también conlleva la creciente preocupación sobre la seguridad que concierne a la privacidad del paciente. En este trabajo, se presenta una solución utilizando los teléfonos móviles, que son los dispositivos inteligentes más populares y que cada vez presentan mayor capacidad computacional, convirtiéndolos en una de las principales medios de las tecnologías de salud digital.

Concretamente, siguiendo el paradigma PaaS, se puede aprovechar al máximo el potencial de los smartphones para el tratamiento y monitorización de la sintomatología del paciente, mediante perfiles sociológicos que evolucionan de las interacciones con el usuario y los dispositivos biomédicos externos, permitiendo establecer patrones y generar nuevos datos de valor añadido adicional. Además, este sistema ofrece la comunicación permanente entre pacientes y expertos sanitarios de forma cómoda en tiempo real y, además, garantiza que los datos son exclusivamente propiedad de la persona, evitando que la explotación de la información sea controlada por terceros que no ofrecen una gestión transparente.

**Agradecimientos** Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos *Including People in Smart City Applications* (PID2021-125527NB-I00) y *Management and Analysis of Intra- and Inter-Organizational Business Processes* (TED2021-130666B-I00) del *Ministerio de Ciencia e Innovación de España*.

### Referencias

1. Chacko et al., A.: Security and privacy issues with iot in healthcare. *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology* **4**, 155079 (07 2018)
2. Bashshur et al., R.: Sustaining and realizing the promise of telemedicine. *Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association* **19** (01 2013)
3. Bertoa, M.F., Moreno, N., Pérez-Vereda, A., Bandera, D., Álvarez-Palomo, J.M., Canal, C.: Digital avatars: Promoting independent living for older adults. *Wirel. Commun. Mob. Comput.* pp. 8891002:1–8891002:11 (2020)
4. Covington, M.J., Carskadden, R.: Threat implications of the internet of things. 2013 5th International Conference on Cyber Conflict pp. 1–12 (2013)
5. Guillén, J., Miranda, J., Berrocal, J., García-Alonso, J.M., Murillo, J.M., Canal, C.: People as a service: A mobile-centric model for providing collective sociological profiles. *IEEE Software* **31**, 48–53 (2014)
6. Guo, R., Shi, H., Zhao, Q., Zheng, D.: Secure attribute-based signature scheme with multiple authorities for blockchain in electronic health records systems. *IEEE Access* **6**, 11676–11686 (2018). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2801266>
7. Luckham, D.: The power of events: An introduction to complex event processing in distributed enterprise systems. In: *Rule Representation, Interchange and Reasoning on the Web*. pp. 3–3. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg (2008)
8. Wu, Z., Xuan, S., Xie, J., Lin, C., Lu, C.: How to ensure the confidentiality of electronic medical records on the cloud: A technical perspective. *Comput. Biol. Medicine* **147**, 105726 (2022)