

Monográfico

Retos de la e-Salud

Sensores en el sector salud

El boom de los sensores afecta de lleno al ámbito sanitario, por su potencialidad para permitir una mejor monitorización de los pacientes crónicos. Los autores analizan esta oportunidad en el marco de un proceso encaminado a desplazar el foco de atención hacia el paciente y su entorno, los conocidos como “sistemas de salud centrados en el paciente”.

En este artículo se analizan los retos en materia de estandarización y certificación y las barreras a remover para conseguir un avance sustancial y necesariamente coordinado entre todos los agentes en esta materia.

Dispositivos de monitorización. Del paciente crónico al yo cuantificado

Que la sociedad occidental en general y la española en particular están envejeciendo a ritmos forzados es un dato que no sorprende a nadie a estas alturas. Si además tenemos en cuenta que la probabilidad de aparición de enfermedades crónicas aumenta de forma considerable con el paso del tiempo (en concreto, de forma exponencial entre los mayores con edades más avanzadas), obtenemos una reducción en la calidad de vida de los seniors así como un incremento en el coste asistencial asociado a las mismas. Por otro lado, existen una serie de factores tales como la miniaturización de la tecnología, el auge de los dispositivos móviles (tabletas o teléfonos inteligentes) y la predisposición de gran parte de la sociedad a permanecer conectado de forma prácticamente ininterrumpida durante las 24 horas del día, que han propiciado que todos aquellos conceptos que parecía que nunca iban a salir de los laboratorios de investigación de las Universidades (*wearable and pervasive computing*) se hayan materializado en lo que a día de hoy se conoce como el yo cuantificado (*quantified self*) y se esté convirtiendo en la forma de vida de todas aquellas personas que siempre habían querido ejercer un mayor control sobre su propio estado de salud.



Ángel Martínez Caveno

TSB Tecnologías S.A.

Responsable de proyectos I+D

✉ amartinez@tsbtecnologías.es

📧 @angel.caveno



Antonio Martínez Millana

Universidad Politécnica de Valencia - Instituto ITACA

Gestor de Proyectos

✉ anmarmil@itaca.upv.es

📧 @anmarmil



Israel Arnedo Gil

Universidad Pública de Navarra

Investigador UPNA

✉ israel.arnedo@unavarra.es

Pero, ¿por qué precisamente ahora?

Pese a que los sensores de monitorización y las aplicaciones de telemedicina y asistencia remota existen desde principios de la década de los 90, la falta de estándares y entidades reguladoras que avalaran la certificación y creación de productos y soluciones interoperables, las limitaciones técnicas intrínsecas propias de las redes de telecomunicación de la época, la escasa usabilidad de los dispositivos e interfaces orientados a los usuarios finales así como la carencia de estudios científicos o experiencias piloto que demostraran la eficiencia de tales servicios hacía que este tipo de soluciones fueran comercialmente inviables. En la actualidad, por contra, es la difícil coyuntura económica que está asolando la mayor parte de Europa la que impone toda una serie de frenos y restricciones a la hora de potenciar la inversión, el desarrollo y explotación comercial de nuevas herramientas y soluciones alternativas basadas en las TIC Salud.

Sin embargo, es el contexto socio-económico actual el principal motor que debería servir para impulsar un cambio de 180° en el modelo sanitario tradicional y evitar, de este modo, el colapso definitivo del mismo. Desde un punto de vista sociológico, el cambio de modelo debería estar sobradamente justificado teniendo en cuenta el desequilibrio existente en la actualidad entre el número de profesionales socio-sanitarios (según la Organización Mundial de la Salud (OMS) ya hay un déficit de 4,3 millones de profesionales del sector salud en el mundo con previsión de empeorar en los próximos años) y el número de usuarios potenciales a medio/largo plazo como consecuencia de la inversión en la pirámide poblacional que ha sufrido España, la proliferación de ciertas enfermedades crónicas.



cas y el significativo aumento en la esperanza de vida como consecuencia del éxito de las políticas sociales que desde las Administraciones públicas han ido implantando en la sociedad de forma progresiva a lo largo de las últimas décadas (este desajuste ya ha sido cuantificado como una previsión importante de crecimiento económico en el sector cuya estimación aproximada resulta: 328 millones de euros de facturación estimada para el 2014 con una tasa de crecimiento anual compuesto del 12,5 % entre el 2007 y 2014 solo en Europa [1]). Asimismo, la inversión necesaria en investigación y desarrollo en el sector TIC Salud queda además ampliamente justificada desde un punto de vista económico por el ahorro directo e indirecto en costes que la aplicación de las TIC supone en la monitorización continuada de pacientes (gestión de enfermos crónicos y sistemas de hospitalización a domicilio) a tenor de las conclusiones publicadas por dos experiencias piloto recientes que involucraban tanto a pacientes como a profesionales socio-sanitarios reales y que fueron promovidas y apoyadas de forma conjunta por la Administración Pública y ciertas empresas privadas líderes del sector: *Whole System Demonstrator* (Reino Unido, 2008 - 2010) y Programa *TelemedCare* (España, 2012). En ambos casos se comparó el día a día de un conjunto de pacientes con un determinado perfil (diabéticos, insuficiencia cardíaca y mayores no dependientes) antes y después de tener a su disposición una serie de dispositivos de monitorización (glucómetros, medidores de tensión, básculas, pulsioxímetros, etc) y una plataforma de gestión software que mostraba consejos, advertencias e información relevante en tiempo real en función del propio estado de salud de cada usuario.

Whole System Demonstrator

- ▶ 15 % menos de visitas hospitalarias
- ▶ 20 % menos de admisión de pacientes en emergencias
- ▶ 14 % menos de días de hospitalización
- ▶ 8 % de ahorro en coste

TelemedCare

- ▶ Ahorro de 1.098 €/paciente/año
- ▶ 73 % menos de visitas a urgencias
- ▶ 47 % menos de visitas al médico de cabecera
- ▶ 62 % menos de días de hospitalización

Estandarización, la clave del éxito

Para que la implantación de las TIC en el ámbito socio-sanitario sea exitosa es imprescindible que los dispositivos



de monitorización, representación e intercambio de información de los usuarios finales y las plataformas software encargadas de facilitar el desarrollo de las aplicaciones hablen un mismo idioma y estén gobernadas por el mismo conjunto de reglas internas de forma que se permita un intercambio de información eficiente y una integración ágil entre componentes aunque éstos hayan sido fabricados por distintas entidades. Es de vital importancia, además, que las soluciones desarrolladas tanto por la industria privada como por la comunidad científica e investigadora estén basadas en soluciones tecnológicas abiertas que sigan una serie de determinados estándares con el objetivo de fomentar la compartición de conocimientos, facilitar la extensión de la tecnología, abaratar costes y realizar un mejor aprovechamiento de los recursos (humanos y materiales). Ciertamente, hoy en día todavía existen muchas reticencias por determinadas empresas privadas de no utilizar tecnologías propietarias y estándares que estén ampliamente aceptados por los principales agentes del sector cuando diseñan y desarrollan un nuevo dispositivo de monitorización. Estas decisiones suponen un lastre para la industria pues inundan el mercado con multitud de dispositivos incompatibles entre sí que impiden generalizar la adopción de estas soluciones tecnológicas y provocan que este tipo de sistemas no terminen de despegar de una vez por todas.

Para tratar de dar respuesta a esta situación, en junio del 2006 se funda en Oregón (EEUU) la Asociación sin ánimo de lucro *Continua Health Alliance*. Se trata éste de un consorcio de más de 200 empresas del sector tecnoló-



gico-industrial que nace con la intención de dotar a los dispositivos de monitorización médicos de unas determinadas directrices de diseño y funcionamiento por medio de una certificación técnica, asegurando una correcta interoperabilidad entre ellos y entre aquellas aplicaciones software o dispositivos hardware adicionales fabricados por terceros. Entre sus miembros destacan pesos pesados de la industria (Roche Diagnostics, Philips, Oracle, Cisco, Samsung, Omron, etc) y un conglomerado de microempresas y fundaciones de todo el mundo que trabajan de forma conjunta con el objetivo de impulsar el mercado del cuidado de la salud y el bienestar personal estableciendo unas normas de interconexión a todos los niveles: desde el protocolo de comunicaciones entre un sensor (agente) y un teléfono móvil de última generación (mánager), hasta el formato de los mensajes para el intercambio de la HCE (Historia Clínica Electrónica) entre entidades sanitarias. Es importante mencionar que la *Continua Health Alliance* no es en sí misma un Organismo de estandarización puesto que recoge y aprovecha el trabajo realizado anteriormente por otras entidades de reconocido prestigio como son el ISO (*International Organization for Standardization*) o el IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Por lo tanto, los diferentes dispositivos de monitorización (básculas, tensiómetros, glucómetros, termómetros, etc) certificados por la *Continua Health Alliance* están basados en los siguientes estándares:

- ▶ ISO/IEEE 11073 para la captura de datos (capas 5 – 7 del modelo OSI) Este estándar se basa en el principio del agente/mánager. Los agentes típicamente son los dispositivos encargados de obtener las medidas de las constantes vitales de los usuarios para luego enviarlos a los mánagers, que serán los que finalmente procesen la información de forma que ésta pueda ser almacenada para su posterior consulta, retransmitida a un centro médico para su análisis por parte de un profesional socio-sanitario o ejecutar una serie de acciones automáticas programadas. Los agentes (báscula, medidor de tensión, glucómetro, etc), por tanto, normalmente son dispositivos con escasa capacidad de procesamiento o recursos, que disponen de pequeñas baterías para paliar su reducido consumo y permiten conexiones intermitentes con un único dispositivo de tipo mánager (se desconecta cuando éste está inactivo) lo que permite extender la vida de sus baterías durante meses. Por su parte, los mánagers (teléfono móvil, tableta, ordenador personal, etc) disponen de recursos con prestaciones mucho más elevadas que los anteriores puesto que se encargan de una serie de tareas mucho más exigentes, además de que éstos pueden gestionar conexiones con varios agentes de forma simultánea.
- ▶ Bluetooth HDP (*Health Device Profile*), USB y Zigbee (*Health Profile*) para el intercambio y transmisión de la

información (capas 1 – 4). De las tres tecnologías propuestas y recogidas en la norma, es sin duda, la primera de ellas la que goza de mayor aceptación en la actualidad. Los motivos por los que los actores principales se han decantado por Bluetooth a través de su perfil HDP para desarrollar nuevas soluciones son: se trata de una tecnología madura, barata y disponible en multitud de dispositivos. Por si fuera poco, Android, el sistema operativo de Google para terminales móviles soporta de forma oficial el perfil HDP desde su versión 4.0 (api level 14, Ice Cream Sandwich), lo cual ha facilitado enormemente el desarrollo de aplicaciones para este tipo de entornos y ha dado un impulso significativo a su popularidad.

- ▶ HL7 v2.6 y EN13606 para el encapsulamiento y clasificación de la información de los sensores (capa 7) y DICOM para la estandarización de la imagen médica con el fin de intercambiar información entre managers y entidades centralizadas (hospitales, clínicas, mutuas, etc).

En definitiva, la estandarización puede entenderse como el máximo nivel de madurez de la tecnología la cual comienza por la demostración de un nuevo principio físico. Por lo tanto, hay que estar muy atentos a posibles nuevas aplicaciones y más nosotros, los ingenieros de telecomunicación, sobre todo en aquellas como las relacionadas con las ondas electromagnéticas [2] en las que podemos aportar mucho, si tenemos como meta el uso de los avances tecnológicos para mejorar la calidad de vida de las personas.

Monitorización de pacientes crónicos

Aunque, tal y como hemos comentado con anterioridad, existe una fuerte dependencia entre el envejecimiento y la aparición de enfermedades crónicas, no debemos





olvidar sin embargo que éstas no están únicamente asociadas a la senectud de las personas. Según OMS, en la actualidad hay 860 millones de personas en todo el mundo que sufren una enfermedad crónica, y esta cifra se eleva a gran velocidad. Diabetes, dolores de espalda, problemas cardíacos e hipertensión arterial son sólo unos pocos ejemplos de enfermedades crónicas que, por el estilo de vida sedentario y poco saludable de la mayor parte de la población, se producen a día de hoy con mayor frecuencia que hace apenas unas decenas de años.

Clasificación de sensores: poner puertas al campo

Es el momento de aprovechar las TIC para tratar de poner a disposición de la población servicios, aplicaciones y dispositivos dedicados que mejoren su calidad de vida. Para este fin es necesario conocer el problema y su contexto con el fin de encontrar una solución que se adapte de forma eficiente y efectiva a las particularidades que presente. Sin embargo, en el heterogéneo y amplio campo de los sensores de la salud no es sencillo encontrar una serie de criterios normalizados que permitan comparar la idoneidad de un sensor para una determinada aplicación. No hay más que ver la organización de MEDICA [3], la feria más importante del sector, que cuenta con múltiples clasificaciones según su aplicación, tecnología y tipo de uso.

Con el fin de categorizar la amplia tipología de sensores, la siguiente lista de criterios de clasificación puede suponer un buen punto de inicio:

- ▶ Según la variable monitorizada: Atendiendo al parámetro que mide, tanto si es una molécula (sensores biológicos o biomarcadores), si es un parámetro fisiológico (tensión arterial, peso, glucemia) o si captura información tomográfica (TAC, Resonancia Magnética).
- ▶ Según el modo de adquisición: En relación a la manera en la que se adquiere la señal monitorizada, tanto si es de forma directa (ECG, peso), de forma indirecta (medir el gasto calórico a través del ejercicio monitorizado con acelerómetros) o mediante sensores virtuales (Vital Signs Camera de Philips).
- ▶ Según la interfaz y el modo de conexión: En función de la capa física que permita acceder a los datos (Bluetooth, USB, ZigBee) y el protocolo de acceso a los datos.
- ▶ Según el dominio de uso: Dependiendo del entorno en el cual el sensor vaya a ser utilizado (en el centro sanitario, el domicilio, en medios hostiles, al aire libre)
- ▶ Según la invasividad: Referente a la inocuidad del proceso de adquisición, donde podemos encontrar los sensores



no-invasivos (podómetros, ecógrafos) y tecnologías invasivas (Tomografía por Emisión de Positrones, glucómetros)

- ▶ Según la madurez tecnológica: Depende de si se trata de procedimientos perfectamente conocidos, establecidos y aceptados (tratamiento de cáncer mediante quimioterapia, detección de cáncer de mama mediante rayos X, medida de glucosa en sangre) o en fase de investigación (nuevas técnicas electromagnéticas para la detección de cáncer y otras patologías, terapia génica).

En la actualidad el sector evoluciona hacia la optimización de los recursos; por citar algunos ejemplos, la tecnología MPI de Philips pretende optimizar el tiempo de adquisición para obtener información tomográfica, la implementación del perfil Bluetooth-Low Energy reducirá el gasto de baterías en sensores domésticos y sobre todo, evoluciona hacia el descubrimiento de métodos que reduzcan la invasividad (glucómetros por microondas). Queda claro que ante la variedad de aplicaciones y tecnologías, clasificar los sensores es como intentar poner puertas al campo.

Yo cuantificado, ¿moda pasajera o estilo de vida?

A la vista de los hechos, queda patente que los servicios de salud se presentan ante un inminente cambio en el paradigma. Este paradigma supone el uso de los avances tecnológicos para desplazar el foco de atención hacia el paciente y su entorno, estamos hablando de los conocidos sistemas de salud centrados en el paciente. El NHS (Sistema Sanitario Británico) ha adoptado como línea



prioritaria la implantación de sistemas centrados en el paciente basados en el concepto de que el aprovisionamiento de cuidados se realiza de acuerdo a las preferencias individuales de los pacientes, sus necesidades, valores y asegurando que el paciente es consciente de las decisiones clínicas que le involucran. Este paradigma no hace más que dibujar un modelo de paciente recién emergido en la sociedad: el paciente empoderado, es decir un modelo de paciente preocupado por su salud, consciente de que su estilo de vida influye directamente sobre su bienestar y se preocupa de mantener unos hábitos proactivamente saludables.

“En el heterogéneo y amplio campo de los sensores de la salud no es sencillo encontrar una serie de criterios normalizados que permitan comparar la idoneidad de un sensor para una determinada aplicación.”

En este punto cabe analizar las razones que han dado origen al empoderamiento de los ciudadanos hacia su salud. El yo cuantificado ha irrumpido en la sociedad fruto de los avances tecnológicos en materia de monitorización (sensores baratos y efectivos, aplicaciones para control de ejercicio físico y dieta e incluso aplicaciones médicas). Este concepto aparece por primera vez en la revista Wired en 2007 y se basa en cuantificar el estilo de vida que cada uno lleva a través datos numéricos obtenidos mediante sensores portables y ambientales y la realización de informes (anotaciones y cuestionarios), construyendo un repositorio temporal de todas y cada una de las actividades que realizamos que, entre otras muchas finalidades, permite analizar la evolución de nuestro rendimiento.

Este inagotable maná que suponen los datos cuantificados de nuestro estilo de vida y parámetros de salud (*Big Data*) supone una materia prima valiosísima para los sistemas de promoción de la salud y prevención de la enfermedad (línea de actuación prioritaria de la OMS). En la actualidad se disponen de numerosos sensores con múltiples interfaces, por ejemplo la báscula de Withings que transmite las medidas a una App automáticamente via Wifi, o el iBGStar, un glucómetro que se conecta directamente al iPhone, que entre otros, están dando soporte a que cada vez sea mas facil estar realizar un seguimiento de nuestro bienestar de forma menos invasiva (es decir, *pervasiva*).

Han pasado más de cinco años desde la aparición del concepto del yo cuantificado y los siguientes pasos a seguir se vislumbran como los más desafiantes e interesantes. En primer lugar, tras el boom de los sensores de monitorización, es necesario reformar la regulación vigente para aligerar la actual normativa para la certificación de dispositivos médicos, llena de interminables trámites burocráticos y elevadísimas tasas. En segundo lugar, hay que promocionar la interoperabilidad de estos sistemas de monitorización con los Sistemas Nacionales de Salud, de forma que todos los datos que se recopilan tengan su conexión directa con la Historia Clínica Electrónica. Este último punto supone dos ventajas inmediatas para los actores involucrados: El sistema nacional de salud obtiene datos de sus ciudadanos sin gastarse un euro en equipamiento ni campañas de evaluación y por otra parte, el ciudadano sabe que su salud está constantemente evaluada a través de algoritmos de vigilancia que gestionan su HCE. Está claro que el yo cuantificado es una moda que ha venido para quedarse y cambiar el modelo de atención sanitaria. ☺

Referencias

- [1] European remote patient monitoring markets. Frost&Sullivan. 2008.
- [2] A. Rosen, M.A. Stuchly, A. Vander Vorst, "Applications of RF/microwaves in medicine," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol.50, no.3, pp.963-974, 2002.
- [3] Feria MEDICA <http://www.medica-tradefair.com/>

Sensors in the health sector

Monitoring devices - From chronic patient to the quantified self

Health monitoring sensors and telemedicine exist since the early nineties but the lack of standardization, complex certification, limited communications and high cost have only recently allowed wearable and pervasive (less

invasive) computing with a host of connected sensors (agents) that send medical parameters to control devices (managers) such as smart-phones. Sensors that monitor blood pressure, blood sugar level, pulse rate and body weight

are opening the door to the quantified self patient that interactively controls their health along with doctors and centralized, interoperable Big Data systems that manage patient Electronic Clinical History (ECH) files.