

Infraestructuras básicas para el despliegue de servicios de e-Salud

Uno de los retos más importantes para una efectiva puesta en marcha de servicios ligados a la e-Salud es el de que los servicios sean soportados por infraestructuras de comunicación que permitan garantizar comunicaciones seguras, altamente fiables y que preserven la privacidad de los pacientes. Retos como la historia clínica electrónica o el paradigma del paciente conectado, dependen de los avances que se puedan conseguir en este ámbito, así como del avance en la promoción de los estándares asociados.

Los autores repasan en este artículo las características requeridas para estas infraestructuras y los retos a los que se enfrentan para conseguir una mayor personalización de los servicios.

El envejecimiento poblacional está ligado a la prevalencia de pacientes crónicos y pluripatológicos, que necesitan de una atención continuada y multidisciplinar que puede resultar especialmente compleja y costosa, y que demanda una urgente revisión de los modelos asistenciales. El desarrollo de servicios de e-Salud puede ser un importante bastión para ofrecer soluciones que ayuden a los ciudadanos y profesionales en las tareas relacionadas con la gestión de la salud. Muchos de estos servicios avanzados obligarán a que el ciudadano tenga una mayor implicación en el cuidado de su propia salud, y por tanto le dotarán de una mayor capacidad para su autogestión. El modelo de cuidado de salud irá evolucionando desde el meramente curativo hacia el preventivo y esto por un lado reduce, dentro de



Isabel Román Martínez

Universidad de Sevilla
Profesora colaboradora

✉ isabel@trajano.us.es



Juan José Cermeño Portet

Turion Projects
Desarrollador y Consultor de Imagen Médica Digital

✉ jjcermeno@turion.com

🐦 @jjcermeno



Julio Jesús Sánchez García

Telefónica España
Gerente de ingeniería y proyectos de e-Health

✉ jjsanchez@telefonica.com

ciertos límites, el uso de recursos públicos comunes, provocando previsiblemente un abaratamiento de costes, pero sobre todo puede facilitar tener un seguimiento más exhaustivo del estado de salud del ciudadano minimizando y retrasando la aparición de problemas.

Los servicios de e-Salud no serán monolíticos, sino que en su mayoría se crearán de la composición de servicios más elementales, de modo que se podrá diseñar el escenario más adecuado a las necesidades de cada ciudadano y por tanto se facilitará la asistencia personalizada. La naturaleza de los servicios elementales será muy diversa y por ende las tecnologías implicadas. Se pueden considerar sistemas de monitorización continua que requieren de tecnologías relacionadas con la computación ubicua (redes de área corporal, domótica...), servicios de rehabilitación e inclusión social (juegos serios, redes sociales), servicios clásicos de teleasistencia (teleconsulta), servicios de apoyo a la decisión (inteligencia artificial), etc... Los avances en interfaces hombre/máquina también resultan cruciales para el éxito de estos servicios, que deben ser accesibles, cómodos e incluso transparentes al usuario, por lo que los avances en computación ubicua resultan fundamentales para la evolución del modelo asistencial. Es evidente que las infraestructuras de comunicación deben ser capaces de satisfacer todos los requisitos técnicos que imponen estos servicios, pero además deben hacerlo a un coste razonable, que permita su despliegue y la masiva utilización por parte de los ciudadanos.

Un gran reto es facilitar la reutilización e integración de los servicios para lograr crear el escenario



más adecuado a cada ciudadano, persiguiendo una asistencia realmente personalizada. Esto sólo será posible si cada avance se hace conforme a los criterios establecidos en una estrategia de negocio a largo plazo, en la que sería recomendable la promoción del uso de estándares, cuidando especialmente los aspectos de seguridad.

Los métodos y técnicas relacionadas con la arquitectura de sistemas distribuidos resultan de gran interés para el diseño, desarrollo y mantenimiento de sistemas que den soporte a todas estas necesidades, su aplicación en el diseño de la arquitectura del sistema sanitario puede ser crucial. Especializadas en el entorno sanitario hay diversas opciones en este sentido entre las que se puede destacar la norma ISO-12967 (Healthcare Information System Architecture) que marca el camino para el desarrollo de una arquitectura de sistemas de información sanitarios conforme a los criterios de la norma ISO/IEC 10746 (Open Distributed Processing).

Uno de los principios comunes a todos estos métodos de diseño de arquitectura de sistemas es el diseño basado en vistas, que facilita observar un sistema complejo desde una perspectiva particular, sin tener que profundizar en todos los demás aspectos pero asegurando la coherencia del sistema completo. Siguiendo este paradigma analizaremos el sistema desde diferentes puntos de vista.

Desde el punto de vista de empresa, negocio o dominio de aplicación uno de los aspectos más complejos es definir los procesos asistenciales de forma suficientemente detallada, coherente, abierta y flexible, facilitando los cambios que seguro ocurrirán durante la evolución del sistema. Una norma de especial consideración que puede ayudar en la definición de estos procesos es el prENISODIS 13940 (System of concepts to support continuity of care). Como se comentó anteriormente los aspectos de seguridad resultan especialmente críticos considerando la naturaleza sensible de la información manejada y la pretensión de integrar sistemas que pueden pertenecer a distintos dominios administrativos y tecnológicos (lo que puede llegar a complicar bastante la situación).

Una correcta gestión de la seguridad debe permitir:

- Resolver y verificar la identidad de las partes participantes en los procesos de comunicación. Apoyándose en dispositivos electrónicos y software que faciliten la autenticación de las mismas así como la obtención de sus credenciales. El hecho de que los participantes puedan pertenecer distintos dominios administrativos



complica estos procedimientos, especialmente cuando no existe una identificación común a los sistemas y se debe trabajar con la federación de identidades.

- El correcto control del acceso a los recursos solicitados, cumpliendo las políticas de acceso definidas. Este aspecto dificulta especialmente la seguridad en el dominio sanitario si se quiere dotar al ciudadano de herramientas que le permitan gestionar las políticas de acceso a los recursos relacionados con su información sanitaria personal. Los sistemas de control de acceso deben considerar tanto las políticas del ciudadano como las de la administración asegurando el cumplimiento de las mismas.
- La privacidad de las comunicaciones. Evitando la interceptación de información por terceros, analizando y bloqueando el tráfico que no cumple con las políticas de seguridad y facilitando su cumplimiento imponiendo controles.
- La integridad de la información. Utilizando protocolos seguros que garanticen que la información transmitida en la comunicación no haya sido alterada en su viaje por la red.
- Auditoría de operaciones. Estableciendo políticas que faciliten la trazabilidad de las acciones, el no repudio y la detección (y bloqueo) de accesos no autorizados, incluso en el tráfico SSL.

Desde el punto de vista de la información si se considera “el sistema sanitario” que pueda soportar cualquier proceso asistencial la diversidad de la información mane-



jada se dispara. Es en este terreno donde se han dado mayores avances en normalización, existiendo modelos y estándares que pueden ayudar a tener un modelo de información común (y complejo) que facilite la integración incluso a nivel semántico, uno de los puntos más complejos en la integración de sistemas sanitarios. Así podemos encontrar sistemas de términos y tesauros clínicos. Como:

- ▶ **CIAP-2.** Clasificación Internacional de la Atención Primaria (CIAP) que permite la recogida y análisis de tres importantes componentes de la consulta médico-paciente: la razón de consulta, el problema atendido, y el proceso de atención.
- ▶ **CIE9 y CIE10.** Clasificación Internacional de Enfermedades, novena edición, publicada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), y cuyo fin es clasificar las enfermedades, afecciones y causas externas de enfermedades y traumatismos, con objeto de recopilar información sanitaria útil relacionada con defunciones, enfermedades y traumatismos (mortalidad y morbilidad).
- ▶ **SNOMED CT.** Terminología de referencia que permite a los profesionales de la salud de todo el mundo representar la información clínica de forma precisa e inequívoca, en formato multilingüe.
- ▶ **LOINC.** Un sistema de codificación para identificar observaciones clínicas y de laboratorio.

Los aspectos relacionados con el diagnóstico y tratamiento basado en imágenes médicas requieren, debido a su importancia, una mención especial. Es precisamente en diagnóstico por imagen donde es tremendamente importante, sino vital, el uso de las TIC, hasta tal punto de que muchos de sus diagnósticos son imposibles sin el uso de éstas.

En los diseños de los puntos de vista de información y computacional de la arquitectura del sistema de información el estándar DICOM se presenta como el mejor referente para el diseño del sistema. DICOM es un completo y complejo estándar para dar soporte en el tratamiento, almacenamiento, visualización y transmisión de la imagen médica digital.

Según el estándar DICOM existe una jerarquía mediante la cual un paciente puede tener uno o varios estudios, un estudio puede tener una o varias imágenes y una imagen puede tener uno o varios cuadros o frames. Cada uno de estos objetos (estudio, serie, imagen y cuadro) posee un identificador único, si bien no se puede garantizar una identificación única mundial se puede garantizar mediante la combinación de varias de éstas (como la de estudio, serie e imagen). Esto es importante a la hora del almacenamiento. Se puede decir que un hos-



pital típico puede almacenar unos 4TB por año y la imagen debe guardarse, según legislaciones, por unos 5-10 años. Si bien esto puede parecer una ingente cantidad de datos, que lo es, el ahorro en espacio y gestión que suponen estos sistemas digitales es inmenso si lo comparamos con el espacio físico que se tendría que habilitar si se tuviera que guardar las pruebas impresas y sus informes diagnósticos. Por otro lado, existe la posibilidad de comprimir la imagen para su almacenamiento, siendo muy usado el algoritmo JPEG 2000 sin pérdidas que es capaz de comprimir la imagen en un ratio de hasta 1:15 dependiendo del tipo de modalidad.

Los visores DICOM son los elementos que van a consumir la imagen DICOM pura y van a proporcionar los facultativos increíbles herramientas y precisiones que no se pueden conseguir de otro modo. No en vano, el diagnóstico se realiza con un software y hardware especial. En cuanto al software existe incluso software libre muy potente, como OsiriX, que permite incluso al paciente poder ver su cuerpo y realizar operaciones con las imágenes ya que su diseño de la interfaz de usuario y filosofía en el flujo de trabajo permite un uso sencillo incluso al profano en la materia. En cuanto al hardware se suelen emplear ordenadores muy potentes conocidos como estaciones de trabajo y monitores de grado médico cuyo sistema de fabricación difiere del habitual para monitores de consumo. Aquí el pixel es mucho más pequeño, posee un rango de grises y luminosidad mucho mayor y no pueden existir píxeles muertos. Las estaciones de trabajo deben ser potentes ya que en muchas ocasiones han de poder



realizar reconstrucciones en 3 dimensiones usando para ellos series de más de 1500 imágenes necesitando un espacio en memoria sólo para eso de 1GB o más dependiendo del tamaño de cada imagen.

Suele ser típico contar con una red interna de tipo Gigabit Ethernet para poder mover con soltura la enorme cantidad de imágenes que son requeridas por los doctores (en ocasiones desde diferentes estaciones) y las que son generadas por las modalidades.

Según la modalidad, es posible tener una imagen de más de 30MB para el caso de una radiografía simple o más de 50MB para una mamografía. En el caso de TAC's o Resonancias es posible tener estudios de 0,5MB por imagen.

Otro de los ejes principales de los sistemas de información sanitaria es la historia clínica electrónica, repositorio de la información sanitaria de un ciudadano. Diversos estándares se ocupan de la historia clínica electrónica, especialmente del modelo de información y la comunicación de la misma. Por lo tanto en su mayoría los estándares vienen a afrontar la historia clínica desde el punto de vista del modelo de información y, en cierta medida, desde el punto de vista computacional, básicamente en lo que a la transmisión de extractos de historia clínica se refiere. Entre estos estándares cabe destacar el ISO-13606 (Electronic Healthcare Record Communication), especialmente por sus esfuerzos en definir un diseño dual, que persigue una mayor capacidad de integración semántica. Dicho diseño se basa en la separación del modelo de

información en dos partes claramente diferenciadas; un modelo de referencia estable, que viene a representar los aspectos fundamentales del modelo de información (desde los tipos de datos hasta los agregados que forman un extracto de historia clínica) y un modelo de arquetipos flexible, que representa la semántica de más alto nivel y más cambiante con el dominio.

Actualmente hay un grupo de trabajo implicado en el estudio del uso concurrente de ISO-12967, prENISODIS 13940 e ISO-13606, que promete ser un excelente marco de trabajo para el desarrollo de sistemas sanitarios que permitan desarrollar los servicios de e-Salud con las características y requisitos previamente descritos. Y, sobre todo, puede resultar el marco de trabajo perfecto para que los diversos actores implicados en el desarrollo y explotación de sistemas, desde los decisores estratégicos hasta los programadores o el personal sanitario, tengan el punto de encuentro imprescindible para llevar a cabo esta dura tarea.

Hasta aquí se han presentado algunas soluciones a los tres puntos de vista más independientes de la infraestructura subyacente, y por tanto unas pinceladas de un sistema sanitario que podría soportarse sobre diferentes infraestructuras que permitieran cubrir los requisitos planteados. Pasando a los puntos de vista de ingeniería y arquitectura, y por tanto centrándonos en aspectos más tecnológicos, con relación a las infraestructuras en los centros de proceso de datos, está aún pendiente la asignatura de que los sistemas de e-Salud apuesten por los servicios Cloud. Cloud computing es un modelo de servicio que permite acceso bajo demanda (en tiempo real y de forma flexible) a un conjunto compartido y configurable de capacidad de procesamiento, almacenaje, herramientas de comunicación, aplicaciones, que residen "en algún sitio en la red" y que pueden provisionarse y servirse en un modo de auto-servicio y que puede facturarse en modo pago por uso.

Así, son muchas las ventajas que Cloud computing puede aportar al ámbito de los sistemas de e-Salud:

- ▶ Ahorro de costes
 - Menor coste de propiedad (*Total Cost of Ownership-TCO*, ahorro > 30%)
 - Costes de administración/gestión (facilidad de gestión de la TI)
 - Pago por uso (sin inversiones)
- ▶ Adaptación a la demanda
 - Escalabilidad, Flexibilidad
 - Elasticidad
 - Reducción del tiempo de despliegue (*time to market*)



- ▶ Menores riesgos
 - Elimina el riesgo de obsolescencia tecnológica
 - Seguridad (gestión centralizada de la seguridad)
 - Soluciones de BRS y centros de respaldo
- ▶ Mayor Funcionalidad
 - Alta disponibilidad
 - Desborde de picos y centros de respaldo en entornos Clouds Privadas – Híbridas

Capítulo aparte corresponde a las infraestructuras y comunicaciones en manos de los pacientes. Si, como decíamos al principio, debemos orientar los sistemas de e-Salud a los retos actuales de la sanidad europea, la prevalencia de las enfermedades crónicas y pluripatológicas nos va a llevar inexorablemente al paradigma del *paciente conectado*. Y esto es así porque el paciente crónico complejo, gran consumidor de recursos del sistema sanitario, requiere un seguimiento continuo y no presencial de su estado de salud, con el objeto de evitar los episodios de descompensación que, connaturales a este tipo de patologías, llevan a colapsar nuestros servicios de urgencias y hospitales.

La solución a este problema, el paciente conectado, se basa en dotar al paciente y al sistema sanitario de los recursos de e-Salud que permitan:

1. El seguimiento de la adherencia del paciente a la medicación prescrita, ya que se ha demostrado en múltiples estudios la estrecha correlación entre falta de adherencia y episodios de descompensación de los pacientes.
2. La telemonitorización de biomedidas clave que permitan adelantar los episodios de descompensación en los pacientes, campo en el que, con evidencias aun incipientes, se están produciendo avances de su aplicación práctica.
3. La telerehabilitación, tercer pilar fundamental que debe permitir la mejora y estabilización de los pacientes en su entorno habitual.

Para todo ello, los tres aspectos clave de infraestructuras y comunicaciones en los que se debe trabajar y que

nos permitirán en un futuro cercano poner en práctica el paciente conectado son:

1. La multicanalidad. Debemos aprovechar aquí experiencias prácticas ya puestas en marcha en años anteriores y, en concreto, la ya implementada de la cita previa sanitaria. Los pacientes, ubicuos y heterogéneos, deben poder acceder por múltiples canales a los sistemas de e-Salud. Y esto incluye los call centers asistenciales, los sistemas de consejo sanitario y triaje, IVR, portales en internet y, por supuesto, las aplicaciones para dispositivos móviles como los smartphones y tabletas.
2. Comunicaciones M2M. De cara a la puesta en práctica del paciente conectado, la interconexión de una nueva generación de dispositivos orientados al control remoto de la adherencia, la telemonitorización y la telerehabilitación debe ser resuelta. Y para ello la comunicaciones máquina a máquina resultan la solución ideal por las ventajas de conectividad gestionada que incorporan:
 - ▶ Mejora los procesos operativos asociados al despliegue de la solución.
 - ▶ Proporciona un mejor control de las comunicaciones.
 - ▶ Reduce los costes operativos.
 - ▶ Posibilita desarrollar nuevas funcionalidades gracias al control remoto y telegestión de los equipos sobre los que se despliega.
 - ▶ Mejora el servicio al usuario final, el paciente, dotándole de autonomía y seguridad fuera de su domicilio habitual a través de funcionalidades como la geolocalización.
3. La estandarización en las comunicaciones de los dispositivos a introducir por los fabricantes. En este capítulo cabe destacar el esfuerzo actual de la Continua Health Alliance, organización internacional de la industria de los dispositivos biomédicos, con el objetivo de estandarizar las comunicaciones end-to-end y plug-and-play de equipos y servicios orientados a la salud personal. ☺

Basic infrastructures for the deployment of e-Health services

Effective e-Health services require basic communications infrastructures that offer multichannel patient access, M2M communications that reduce costs and standardized protocols that can support advanced e-Health services for patients with

chronic ailments involving several pathologies which are the most demanding of public health systems worldwide. Such infrastructures must also provide an acceptable level of security and privacy for the highly sensitive information they carry while doing so at

reasonable costs in order to allow widespread availability and access to e-Health services. Communications must also allow growing numbers of connected patients to take an increasing role in the self-management of their medical care.