

Aplicación de Telemedicina para la mejora de los sistemas de emergencias y diagnósticos clínicos.

A telemedicine application for the improvement of emergency and diagnostics systems

Rodrigo Alvez ¹

Recibido: Julio 2011

Aceptado: Setiembre 2011

Resumen.- Este documento propone la implantación de un sistema de Telemedicina para mejorar la atención médica. Específicamente se verán las ventajas en la atención de pacientes con dificultades cardio-respiratorias y la importancia de monitorear su estado en tiempo real. Por otra parte, se analizará la necesidad de implantar un sistema de consultas a distancia que mejore la asistencia a las personas que viven en el interior del país. A lo largo de todo el documento quedará claro que las aplicaciones son intrínsecamente distribuidas, resaltando así la relevancia de los mismos en el área de la Telemedicina.

Palabras claves: Telemedicina, telesalud, medicina a distancia, teleconsultas, telemonitorización

Summary.- *This document proposes an implementation of a telemedicine system to improve health care. Specifically, in this paper will be shown the advantages in the care of patients with cardio-respiratory problems and the importance of monitoring their status in real time. On the other hand, consider the need to introduce a remote consultation system to improve care for people living far from the metropolis. Throughout the entire document will be clear that applications are inherently distributed, thus highlighting relevance of these in the area of telemedicine.*

Keywords: *Telemedicine, e-health, patient monitoring, telehealth, video consult.*

1. Introducción.- En Uruguay y en el mundo entero existen cientos de miles de personas con dificultades para acceder de forma directa a los servicios de salud. A modo de ejemplo, se pueden citar los casos en que por enfermedad se hace imposible el traslado del paciente, así como también por motivos económicos/geográficos.

Para solucionar dichos problemas de acceso, se propone la implementación de medicina a distancia, o *telemedicina*, como una alternativa posible.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define telemedicina de la siguiente manera: "el suministro de servicios de atención sanitaria, en cuanto la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y de evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven". [1] En pocas palabras, la telemedicina es la aplicación de las tecnologías de la información al área de la salud.

¹ Ingeniería Telemática. Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay ralvez@correo.um.edu.uy

La aplicación de la telemedicina es una solución real y efectiva que cuenta con un grado alto de escalabilidad, de forma tal que permitiría el acceso a la asistencia médica desde cualquier punto del país, sin obligar a las personas a trasladarse hasta la capital en busca de una asistencia capacitada que pueda atender a sus necesidades. Para ello se deben implementar formas de consultar a los médicos de manera remota y digitalizar toda la información que los mismos requieran para el correcto tratamiento de los pacientes.

Otro desafío son los pacientes que requieren un monitoreo permanente, para ello se plantea la utilización de dispositivos electrónicos, como ser brazaletes (que puedan controlar pulsaciones por minuto, presión arterial, etc.), que transmitan el estado de salud del paciente a un sistema receptor capaz de procesar los datos y notificar a un servicio de emergencia en caso de que alguno de los parámetros controlados, arriba mencionados, estén fuera de los niveles aceptables.

El número de personas con enfermedades circulatorias aumenta y su esperanza de vida (a pesar de su enfermedad) crece, por lo que su atención es muy costosa con los parámetros actuales. [2] El enfoque de esta aplicación se basa en la atención de la persona en su domicilio, facilitando asimismo el cuidado múltiples pacientes.

2. Tratamiento de pacientes a distancia.- Hoy en día la comunicación a distancia está incorporada a la vida cotidiana de las personas. El desarrollo de las TIC's y de las redes de alta velocidad han posibilitado que la comunicación entre personas de distintas partes del planeta interactúen de forma similar a la que lo harían si estuvieran presentes físicamente. Aprovechando este desarrollo tan veloz en los últimos años, se pueden crear sistemas que ayuden a los pacientes a consultar a sus médicos sin la necesidad de salir de sus hogares, lo cual es especialmente importante en los casos en que la geografía dificulta el acceso a los centros de salud, o aquellos casos en que por impedimentos físicos la persona no es capaz de trasladarse hasta el centro asistencial.

Existen experiencias de tratamientos a distancia valorados positivamente. Por ejemplo, en el Reino Unido, se montó un proyecto piloto para evaluar las mejoras introducidas por la telemedicina. En dicho proyecto, se utilizó la teleconsulta en pacientes con problemas de índole cardíaco, los cuales se mostraron conformes con las consultas hechas bajo esta metodología, puntuando su satisfacción en 5, en una escala que iba del 1 al 7.[3]

Otro ejemplo se puede encontrar en la ciudad de Cali, Colombia, donde un proyecto (también en modalidad piloto) comunicó a médicos generales con especialistas en regiones distantes, evitándole al paciente realizar largos viajes para la consulta con el especialista necesario.[4]

En este tipo de aplicaciones se puede vislumbrar un doble beneficio, dado que ya no existen barreras físicas para contactar a cualquier médico sin importar dónde se encuentre y, por otro lado, el médico puede brindar una atención más personalizada a sus pacientes sin la necesidad de trasladarse continuamente, reduciendo el agotamiento que muchas veces se produce a causa de ello. [5]

De lo anteriormente expuesto, se puede apreciar la naturaleza distribuida de la *teleconsulta*. En la misma se deberá tener dos computadores (una para el paciente y otra para el médico), un servidor al cual se pueda acceder vía web y que permita el establecimiento de la comunicación, y por último un servidor de base de datos de historias clínicas, en donde se encuentren digitalizadas las historias junto con las imágenes de todos los exámenes como radiografías, tomografías, etc. A continuación, se detallará la arquitectura de esta solución.

2.1 Arquitectura.- En la Figura I se puede observar la arquitectura global del sistema propuesto. En el mismo se puede ver cómo se dará la interacción entre médico y paciente.

Mediante un usuario y una contraseña el médico y el paciente se conectan a un servidor web que establece la comunicación entre ambos. El horario de la consulta podrá ser pactado vía web en la página de la que disponga la institución médica para tales fines. En caso de ser una consulta personal, ésta puede ser pactada vía e-mail.

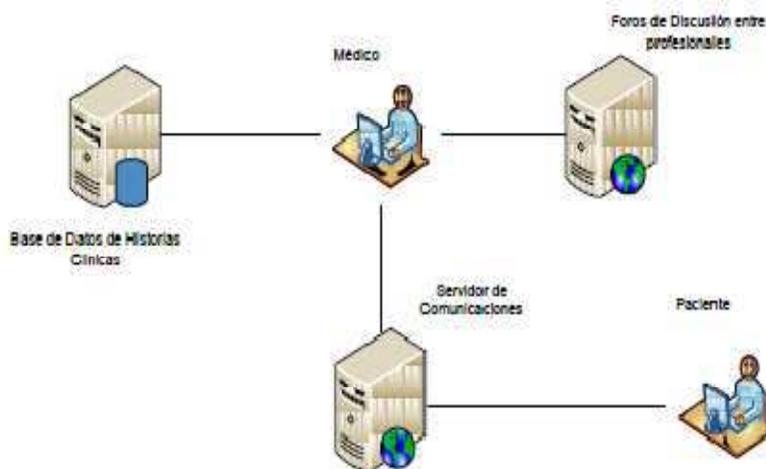


Figura 1.- Arquitectura para realizar consultas a distancia.

Una vez establecida la comunicación el médico puede conectarse a una base de datos remota, en la cual reside toda la información que necesita de su paciente, incluyendo los últimos exámenes que éste se haya realizado.

Mediante la interfaz de comunicación, paciente y médico pueden compartir imágenes (por ejemplo de radiografías), textos con referencia a las patologías del usuario y en todas ellas deben poder interactuar.

Por último, en caso de un diagnóstico difícil el médico podrá consultar con otros profesionales para que lo ayuden y de esta forma dar un diagnóstico más acertado.

Se puede apreciar en todo lo anterior la utilidad de los sistemas de videoconferencia, así como la necesidad de orientar y capacitar a los pacientes para que los puedan utilizar. [6]

2.2 Características del Sistema Distribuido.- Se analizará a continuación cuales son las características relevantes de este sistema, en relación a su naturaleza distribuida. Se verán entonces cuales de las siete características de los sistemas distribuidos (transparencia, concurrencia, seguridad, tolerancia a fallos, escalabilidad, extensibilidad y heterogeneidad) son relevantes para este sistema en particular.

En primer lugar, la heterogeneidad podría exhibirse en diferencias de los sistemas operativos en las máquinas del paciente y la del médico e incluso en los servidores web. También pueden presentarse diferencias en las redes a las cuales estén conectados las máquinas y los servidores. Se puede apreciar que todas estas heterogeneidades ya están resueltas hoy en día, por lo cual solo debe ser tomada en cuenta a la hora de desarrollar la aplicación web, de forma tal que se consideren los diferentes navegadores existentes.

En segundo lugar, es claro que el sistema debe ser extensible y escalable. No es posible concebir un sistema de consultas a distancia en el cual el número de pacientes y médicos permanezca inmutable. De la misma forma es menester que el sistema pueda tolerar un aumento en los usuarios sin degradarse, de esta forma debería poder asegurarse una buena QoS en términos de velocidad de transferencia, latencia y retardo. En la misma línea, es también deseable y necesario que se tolere una gran concurrencia, incluso tener en cuenta la posibilidad de tener más de un

médico dialogando con el paciente (por ejemplo en el caso de una operación en la que intervendrá más de un especialista).

Indudablemente la seguridad será, junto con las anteriormente nombradas, una de las características más relevantes del sistema, prácticamente se podría decir que es crítica. Si el sistema permitiera que los datos de los pacientes viajaran a través de la red sin encriptación ni estrategia para asegurar la confidencialidad, se estaría frente a un sistema que sería rechazado por todos. Por lo tanto, los esfuerzos en asegurar que los datos llegarán del origen al destino, sin ser entregados a usuarios no deseados, no deben ser escatimados.

Por último resta analizar la tolerancia a fallos y la transparencia. Es claro que el sistema debe mostrarse transparente para pacientes y médicos, así cuando éstos se encuentren en una consulta puedan interactuar y tener los datos necesarios para la misma, sin distinción de que haya un servidor para establecer la comunicación y otro servidor donde se almacenan las historias clínicas junto con los resultados de los exámenes. Por otra parte, la tolerancia a fallos debe ser alta, en caso contrario se producirían demoras y postergaciones de citas produciendo un sistema ineficiente a la hora de cumplir con su cometido, que es nada más y nada menos que facilitar el acceso a la salud a todas las personas y mejorar, en términos de rapidez y eficacia, el sistema actual.

3. Monitorización de pacientes a distancia.- Como se ha mencionado en el apartado anterior, el desarrollo de las redes de alta velocidad abre un abanico de posibilidades para la mejora de los servicios médicos. Dentro de estas mejoras que se pueden realizar se encuentra el sistema de monitorización a distancia. La monitorización a distancia permite que los pacientes sean controlados las veinticuatro horas, los siete días de la semana.

En el presente trabajo se enfocará a un tipo de pacientes especiales, los cuales serán quienes saquen más beneficios a este sistema, ellos son los pacientes con enfermedades cardíacas.

Las fallas cardíacas constituyen las causas más frecuentes por las que los pacientes son internados. Esto no solo afecta a los pacientes, a los que hay que proveerles formas más rápidas de detectar las fallas, sino que también afecta a las instituciones médicas. Un claro ejemplo de ello es el gasto que tienen los hospitales estadounidenses para tratar a estos pacientes, el mismo ronda los 23.7 mil millones de dólares. Del lado del paciente las cosas no mejoran, dado que los enfermos cardíacos se presentan, en promedio, 3.2 veces al año para ser hospitalizados. [7]

Es claro que se deben minimizar los costos en los hospitales y que se debe mejorar la atención a los pacientes con estas enfermedades, para ello se propone un sistema en el cual los pacientes estén siendo constantemente monitoreados y cualquier anomalía detectada a tiempo. Todo ello contribuirá a tener una asistencia sanitaria más personalizada y más eficiente, siendo capaz de evitar muchas muertes al año por estos problemas.

Por último, es preciso remarcar que este sistema puede ser extendido para tratar todo tipo de enfermedades, para ello bastará con proveer al paciente del hardware necesario para detectar los parámetros relevantes a su enfermedad.

3.1. Arquitectura.- Como se puede apreciar en la Figura II, la arquitectura de este sistema es más compleja que la del anterior.

En primer lugar, para poder tener un sistema genérico y que se extienda a la mayor cantidad de público posible es necesario al menos tener dos vías de comunicación. Por ésta razón, el sistema tendrá dos formas de comunicar el estado del paciente a la emergencia, una a través de la red celular y otra mediante la red wifi. La principal ventaja de establecer dos vías para la transmisión y recepción de información es que se puede programar contingencias, de modo que cuando una

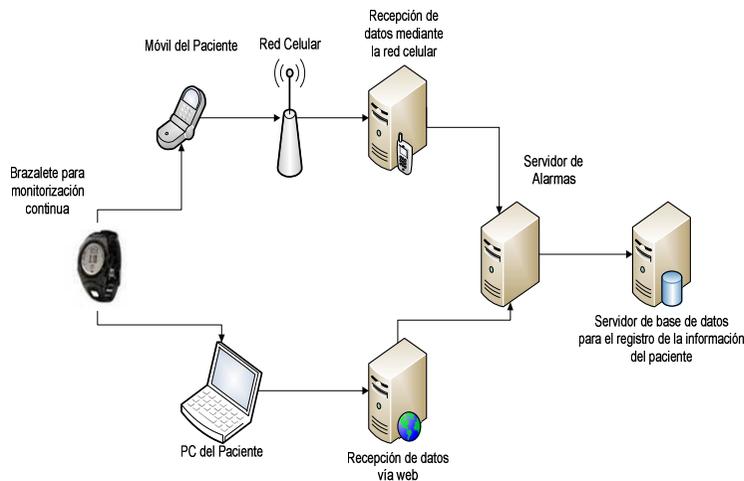


Figura II.- Arquitectura para la monitorización de pacientes 24/7

de las dos vías no se encuentre activa, o directamente no se disponga de alguna de ellas, la otra se encuentre operando, garantizando así el monitoreo 24/7 del paciente.

Los señales biomédicas serán obtenidas a partir de un brazalete, similar a un reloj, el cual enviará los datos constantemente a las aplicaciones que residen en el celular o en el PC del paciente. Esta aplicación se encargará de la transmisión a través de internet, o de la red 3G, dependiendo de la aplicación. Para el caso del celular la red 3G es preferible sobre el resto de las redes dada la velocidad de la misma y la cobertura de área geográfica. [8]

Una vez enviada la información, un servidor se encarga de recibirla e inmediatamente pasarla al servidor de alarmas. Dicho servidor se encargará de verificar cualquier anomalía, y en caso de que esta suceda se activa una alarma que notifica al sistema de emergencias, ésta enviará de inmediato un móvil a la dirección en donde se encuentre el paciente. De esta manera, se evita la necesidad del paciente de comunicarse con su emergencia móvil y ésta puede apreciar cualquier problema con él de forma automática, pudiendo prevenir aquellos casos en los que el paciente por distintos motivos se ve incapacitado de transmitir sus dolencias.

Todos los datos quedan respaldados en una base de datos, de forma tal que el médico tratante pueda tenerlos para conocer cómo se está comportando el paciente y realizar un diagnóstico con más elementos a la vista de los que se tienen en la actualidad. Dichos datos pueden ser almacenados en un servidor de base de datos local o mediante un servicio de *cloud computing*, teniendo en cuenta lo que se mencionará en el apartado siguiente.

4. Gestión de los datos en la nube.- Como se puede apreciar en la Figura II, los datos del paciente residen en un servidor de base de datos el cuál puede pertenecer a la prestadora del servicio de salud o ser un servicio externo a la misma.

Mediante el almacenamiento de los datos en la nube ya no es necesario contar con un servidor físico de base de datos, sino que los datos pueden encontrarse en un servidor remoto que puede ser accedido mediante la web. Esto permite a los sistemas ganar escalabilidad y un mayor grado de independencia respecto de los servidores físicos, los cuales a menudo sufren distintos tipos de daños que concluyen con la pérdida de los datos.

Las dudas inherentes a la antedicha propuesta se relacionan con la seguridad y la privacidad de los datos de los pacientes, así como también con la disponibilidad del servicio, ya que éste sería del tipo crítico. Respecto a éste último punto, cabe destacar que al optar por el servicio de cloud

computing se deberá negociar el Service Level Agreement (SLA), el cuál fijara la calidad del servicio.

No obstante, la seguridad constituye un tópico de discusión y de gran relevancia para el éxito de los servicios sanitarios en “la nube”. Si no se provee la confiabilidad suficiente a los usuarios, estos demandarán por mayor seguridad en sus datos lo cual podría conllevar a la decisión de mantener los servidores físicos en la red privada. Frente a este desafío se pueden citar las cifras publicadas por el departamento de salud de los Estados Unidos (Health and Human Services Department, HHS), en el cual se extrae que cerca de un 65% de las pérdidas de datos se deben a robos o pérdidas de medios físicos (entre ellos registros en papel). [9] Mientras tanto, solo un 6% de las filtraciones de los datos se deben a acciones de hacking, las cuales atacan fundamentalmente a los servidores físicos.

Si bien es cierto que los sistemas en la nube no han alcanzado un grado de difusión lo suficientemente alto como para catalogarlos de plenamente seguros, los números revelan que la mayor inseguridad (en la actualidad) reside en datos que se almacenan en medios físicos, ya sean electrónicos o simplemente papel.

Por todo lo mencionado anteriormente, se puede concluir que una buena práctica consistiría en utilizar los servicios de cloud computing en primera instancia para el respaldo periódico de los datos y posteriormente, cuando se tenga un mayor grado de confianza en la seguridad que estos otorgan, migrar progresivamente todos los datos de los pacientes.

5. Ventajas de la Telemedicina.- Como se ha demostrado a lo largo de este documento la solución de telemedicina ofrece un gran número de ventajas. Dichas ventajas las disfrutaban los diferentes actores que toman parte en el proceso de intercambio de información: el sistema, los profesionales y los pacientes.

Para el sistema, la ventaja fundamental es un aumento de la eficiencia a través de la optimización de los recursos asistenciales, la mejora de la gestión de la demanda, la disminución de la repetición de actos médicos y la disminución de los desplazamientos (a través de la comunicación de profesionales y de los proveedores de asistencia).

Para los profesionales, hay una serie de ventajas, entre las que se encuentran: una mejor comunicación entre ellos (ya sean de un mismo ámbito asistencial o no), una mejora en la accesibilidad de los datos del paciente e importantes recursos de formación y de investigación. [10]

En cuanto a los usuarios, se tienen ventajas un tanto evidentes, como ser la facilidad de acceso a las consultas con sus médicos, su constante monitorización para detectar cualquier problema cardíaco (o de otra índole), las facilidades inherentes a la digitalización de la información (por ejemplo los exámenes clínicos digitalizados), etc. No obstante, todas estas facilidades se podrían ver potenciadas aún más mediante el uso de bases de datos, en las cuales se registren las señales biomédicas históricas del paciente. De esta manera, se estaría modificando no solo la forma en la que los conocimientos médicos se aplican, sino también cómo estos se producen, permitiendo finalmente que se revelen alteraciones sistemáticas en alguna o varias señales antes de la aparición de un episodio, otorgando la posibilidad de emitir alarmas sobre un evento potencial.[11]

Por último, hay que remarcar que para poder implementar este tipo de sistemas será necesario la capacitación y la adaptación de todos los actores, mostrándoles las ventajas de la implantación de sistemas inteligentes que sirvan de apoyo a la medicina, potenciándola y haciéndola mucho más eficiente. [12]

6. Conclusiones.- En este documento se ha introducido el concepto de la *telemedicina*, citando ejemplos y proponiendo dos sistemas para la implantación de la misma: la *teleconsulta* y la *monitorización de pacientes a distancia*, detallando en ambos casos las arquitecturas respectivas.

Luego, se trató la temática de la gestión de los datos de los pacientes en la nube y de cómo ésta puede ser una estrategia beneficiosa para la seguridad de los mismos.

Por último, se especificaron las distintas ventajas que tiene la telemedicina, tanto para el sistema de salud en general como para médicos y pacientes.

7. Referencias

- [1] A. Kopec, A. Salazar, *Aplicaciones de Telecomunicaciones en salud en la subregión andina: Telemedicina*, Organización Panamericana de la Salud, Washington D.C., 2002.
- [2] Organización Mundial de la Salud, *Artículo web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>*, visitado el 28 de Agosto del 2011.
- [3] S. Lusignan, S. Wells, P. Johnson, K. Meredith, E. Leatham, *Compliance and effectiveness of 1 year's home telemonitoring. The report of a pilot study of patients with chronic heart failure*, The European Journal of Health Failure, Elsevier, 2001.
- [4] F. Portilla, *Piloto de Telemedicina*, Hospital Universitario del Valle Evaristo García, Hospital Departamental de Cartago, Colombia, Noviembre, 2007.
- [5] M. Kerleau · N. Pelletier-Fleury, *Restructuring of the healthcare system and the diffusion of telemedicine*, CREGAS, Le Kremlin Bicêtre, FranceJ.
- [6] P. Teras, *Propuesta de implantación de un sistema de telemedicina para la atención domiciliaria*, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2003.
- [7] A. Kashem, R.C. Cross, W.P. Santamore, A.A. Bove, *Management of heart failure patients using Telemedicine Communication Systems*, Temple University School of medicine, Philadelphia, 2006.
- [8] Yuechun Chu, Aura Ganz, *Mobile Telemedicine using 3G wireless networks*, University of Massachusetts, Massachusetts.
- [9] M. Koplov, *Artículo web: HHS Data tells the True Story of HIPAA Violations in the Cloud*, <http://www.softwareadvice.com/articles/medical/hipaa-violations-arent-in-the-cloud-1062011>, visitado el 1 de Julio del 2011.
- [10] J. Vergeles-Blanca, *La telemedicina. Desarrollo, ventajas y dudas*, Centro de Salud San Fernando, Badajoz.
- [11] G. Murias, *Telemedicina: Mejora en la atención de los pacientes críticos desde la fase prehospitalaria hasta el servicio de medicina intensiva*, Medicina Intensiva, Elsevier Doyma.
- [12] F. Del Pozo, V. Torralba, S. Jiménez, C. Cáceres, *Sistemas de Telemedicina Domiciliaria basados en una arquitectura middleware genérica*, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.