

Monitoreo de Frecuencia Cardíaca a través de Dispositivos Móviles

{Jorge Alaniz, José Manuel Valencia, Cristián Castillo, Bereniz Castañeda}¹, Arturo Serrano²

¹ Universidad Autónoma de Baja California
Blvd. de los Lagos y blvd Zertuche S/N
Fracc. Valle Dorado Ensenada, B.C. C.P. 22890

horuhe@gmail.com, jova@uabc.edu.mx, cristian.castillo2@gmail.com, bereniz@gmail.com

² Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada
Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918
Zona Playitas Ensenada, B.C. C.P. 22860

² serrano@cicese.mx

Abstract—

This work is focused in the development of an application for mobile devices using the Android Operative System; focuses on monitoring patients with cardiac disease condition. The tool developed supports the specialist physician and patient for a better management and treatment of the disease remotely. The wireless device works with a heart rate sensor using Bluetooth technology capabilities.

Keywords — computer applications, medical information systems, mobile computing

Resumen—

Este trabajo se centra en el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android, enfocado al monitoreo de pacientes con afección de patología cardíaca. La herramienta informática desarrollada apoya al médico especialista y al paciente para un manejo y tratamiento de la enfermedad en forma remota. El dispositivo móvil trabaja en conjunto con un sensor de frecuencia cardíaca con capacidades de interconexión usando la tecnología Bluetooth.

Índices— aplicaciones de cómputo, sistemas médicos de información, cómputo móvil

I. INTRODUCCIÓN

La existencia de una gama de sensores avanzados que permiten la interconexión del cuerpo humano con dispositivos móviles inteligentes y que a su vez, estos mismos dispositivos se comuniquen con diferentes instancias para llevar a cabo un monitoreo a distancia por un especialista, revela un enorme potencial para las Tecnologías de la Información en el área de la salud. Durante los últimos años la población del mundo se ha incrementado exponencialmente y es seguro que seguirá en crecimiento, por lo que es

necesario contar con servicios de salud efectivos y de bajo costo.

Como dato de referencia, en los Estados Unidos cerca del 35% de las mujeres que ha padecido un ataque cardíaco tendrán un segundo ataque en el mismo año, en el caso del hombre la probabilidad es de un 20% [1]. Si se tiene esto en cuenta, el poder tener monitoreado a estos pacientes, proporciona información de calidad para los médicos, ya que pueden saber cómo se comporta la frecuencia cardíaca del paciente afuera del consultorio u hospital. Al tener acceso a estos datos, se obtiene información que permite brindar al paciente un tratamiento personalizado. La aplicación inalámbrica móvil de monitoreo de ritmo cardíaco desarrollada en este trabajo, se pretende implementar en pacientes propensos a fallas cardíacas y que ocupen estar en constante chequeo médico para observar cómo evoluciona su padecimiento.

Actualmente cuando a un paciente se le presenta algún padecimiento, este acude a la clínica y se le realizan los exámenes correspondientes, una vez obtenidos los resultados se le asigna algún tratamiento acorde a su padecimiento. Una vez que este paciente es dado de alta, deja de ser monitoreado, por lo que no es posible registrar anomalías en su padecimiento o tratamiento, prescindiendo de información no registrada que podría ayudar al especialista a proveer un tratamiento oportuno y personalizado.

Las instituciones de salud alrededor del mundo están aprovechando de las tecnologías inalámbricas como una alternativa de comunicación con sus derechohabientes. Así mismo, los estudiantes, maestros y administradores de las facultades acceden a redes inalámbricas que proveen la oportunidad de acceder a aplicaciones educativas cada vez más amigables y fáciles de desplegar en un dispositivo portátil [2].

Dentro del área de la salud, la telemedicina provee una alternativa hacia el cuidado preventivo y crónico. En el mundo industrializado, la telemedicina continuará moviendo la prestación de servicios de salud del hospital o clínica hacia el hogar [3].

El área de oportunidad de este proyecto es capturar la información del paciente que actualmente no se registra y poder alertar al especialista asignado sobre cualquier anomalía en el estado del paciente. En específico, la aplicación de este trabajo se enfoca al monitoreo de la frecuencia cardiaca del paciente para generar historiales de comportamiento cardiaco y alertas en caso de que la salud del paciente se vea comprometida para así brindar una ayuda rápida y un tratamiento personalizado.

De acuerdo a un estudio realizado por la compañía de información y medios a nivel global Nielsen en el 2011, el sistema operativo Android lleva la delantera en cuanto a Smartphones vendidos con dicho sistema operativo.

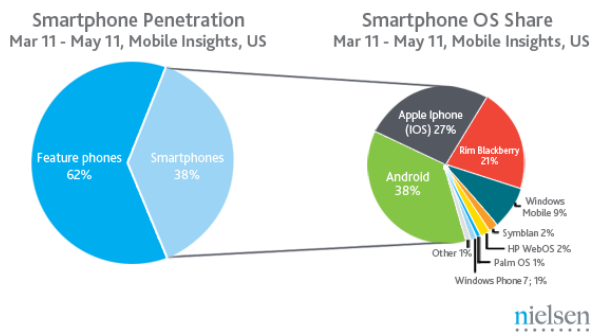


Figura. 1. Mercado de Smartphone y sistemas operativos en Estados Unidos. Fuente: Nielsen 2011.

Se prevee un crecimiento mayor, por ello es que este trabajo se basa en este sistema operativo, además que en cuanto a su arquitectura, Android es considerado como una pila de software para dispositivos móviles que incluye el propio sistema operativo, un middleware y aplicaciones. Esta plataforma de software proporciona una base para las aplicaciones como una verdadera plataforma de trabajo [9].

En la parte II de este artículo se describe el funcionamiento de la aplicación Frecuencia Cardiaca móvil, así como la metodología y desarrollo que se llevó a cabo para su realización. Más adelante en la parte III se presentan las conclusiones y propuesta de trabajo futuro relacionadas con este trabajo.

II. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

Metodología General

La metodología general utilizada en este trabajo es la que se muestra en el siguiente diagrama de flujo (Figura 2):

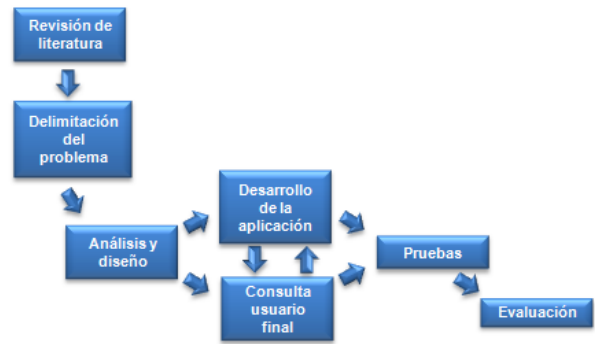


Figura. 2. Metodología general de este trabajo.

Aunque se hace un revisión de literatura inicial, se mantuvo durante todo el desarrollo. En la delimitación del problema se definen los objetivos, se calendarizan actividades y se da forma a los productos de cada etapa. Análisis y diseño es la etapa en donde se definen los escenarios y casos de uso, así como las funciones principales del software y su comportamiento esperado. En base al análisis y diseño de la aplicación se lleva a cabo la programación, desarrollan las funcionalidades e interfaces gráficas. Mientras se desarrollan las piezas de software, se busca la retroalimentación del usuario final, tanto para que el producto sea lo esperado por él, como para que él mismo se sienta parte del proyecto. Durante la evaluación, un especialista y un usuario final darán sus opiniones para saber si el producto realmente cumplió con sus expectativas.

Metodología de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó una Metodología Ágil, Scrum basada en iteraciones ya que es incremental (es posible liberar pequeñas versiones del software utilizando ciclos rápidos), cooperativa (el usuario final está siempre trabajando con el desarrollador), fácil de seguir (la metodología es sencilla, fácil de aprender y se encuentra bien documentada), así como adaptable (son capaces de realizar cambios de último momento) [7]. Ver figura 1.

El proyecto se desarrolló bajo el ambiente de trabajo Eclipse versión 3.6.2 incluido en el SDK de Android, el cual facilitó la etapa de pruebas en tiempo real con el dispositivo móvil, haciendo el proceso más ágil y eficiente.

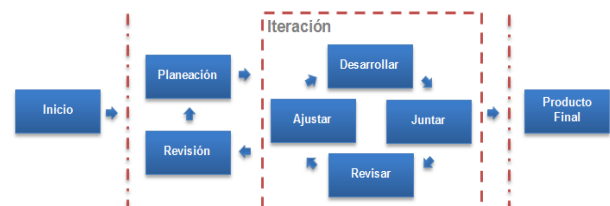


Figura. 3. Metodología Scrum [8].

El ciclo de iteraciones presentado en la metodología permitió una retroalimentación por parte del usuario, derivando en ajustes al software dando como resultado una interfaz intuitiva y transparente.

Dentro de las principales funcionalidades definidas para el prototipo inicial de este proyecto, se encuentran: realizar conexión con el sensor en el cinturón Zephyr, capturar la información enviada por el sensor, mostrar la información capturada en pantalla de forma visual, permitirle al usuario capturar su información personal así como la del especialista, enviar la información capturada al médico especialista y borrar los datos capturados cuando así lo requiera el paciente.

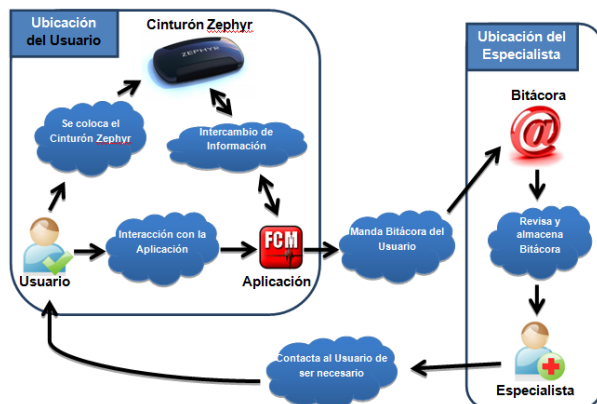


Figura 4. Escenario general de la aplicación.

En lo que respecta al sensor que la aplicación utilizó, primero fue necesario definir ciertas características que cumplieran con los requerimientos del trabajo, a saber: capacidad de monitorear frecuencia cardiaca, inalámbrico, moderado consumo de energía, ergonómico, pequeño, compatibilidad con el sistema operativo Android, disponibilidad, documentación y precio accesible. Los que cumplieron con esos requisitos fueron: Zephyr Bioharness BT [4], Zephyr HxM BT [4], Kyto HRM 2805 [10] y Polar WearLink+ Bluetooth [11].

Finalmente se decidió utilizar un sensor Zephyr HxM BT [4] capaz de enviar la frecuencia cardiaca del paciente al dispositivo móvil seleccionado haciendo uso de la tecnología Bluetooth. Dicho sensor trabaja sobre la BAN (Body Area Network, por sus siglas en inglés) [5] del paciente para la captura de los datos. Estos datos son recibidos por un dispositivo móvil con Sistema Operativo Android 2.0 o alguna versión más nueva. Esta limitante se debe a que el Kit de Desarrollo de Android solo permite el desarrollo de aplicaciones con Bluetooth bajo la versión 2.0 o mayor. La herramienta desarrollada es capaz de llevar a cabo un monitoreo de la frecuencia cardiaca del paciente, guarda una bitácora de su comportamiento, así mismo genera alertas en caso de ser necesario. El paciente podrá enviar la bitácora al personal especializado para que éste pueda llevar a cabo un análisis de la información.

Dicha información se enviará por medio de correo electrónico y contendrá información general sobre el paciente, los datos registrados por el sensor y una liga hacia una gráfica generada a partir de los datos recolectados. La herramienta móvil se implementará en individuos de diferentes edades y género para observar que la solución desarrollada proporciona información que permita a especialistas dar un seguimiento y un mejor tratamiento a pacientes con potenciales problemas cardiacos. Cuando se cuenta con información de calidad sobre un paciente, ayuda a prevenir posibles padecimientos y puede mantenerlos fuera del hospital logrando con esto reducción de costos [6].

La aplicación cuenta con dos pantallas: la pantalla principal (Ver figura 5) y la pantalla de ajustes (Ver figura 6).

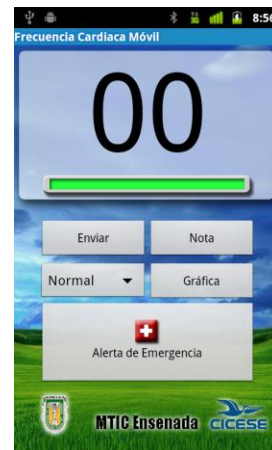


Figura 5. Pantalla Principal de la aplicación.

En la parte superior de la pantalla principal se despliega la frecuencia cardiaca del paciente, así como una barra indicadora que muestra al usuario si se presenta alguna anomalía en sus intervalos de frecuencia; para ello se utilizan los colores verde (normal), amarillo (precaución) y rojo (crítico) dependiendo de la frecuencia cardiaca.

Posteriormente se muestran cinco botones: Enviar, Nota, Normal, Grafica y Alerta de Emergencia.

- a) *Botón Enviar:* Permite al paciente enviar los datos capturados en la aplicación, al especialista mediante correo electrónico.
- b) *Botón Nota:* Permite al usuario introducir alguna nota para reportar alguna anomalía relacionada con su padecimiento.
- c) *Botón Normal:* El usuario puede seleccionar una de las tres modalidades que describen su estado de actividad actual: normal, dormido o deporte. Estas al ser seleccionadas causan variaciones en los rangos del indicador.

- d) *Botón Gráfica*: Despliega una gráfica sobre el comportamiento de la frecuencia cardiaca del paciente.
- e) *Botón Alerta de Emergencia*: La aplicación realiza una llamada al teléfono de emergencia establecido por el usuario en la pantalla de ajustes.



Figura 6. Pantalla de Ajustes de la aplicación.

En la pantalla de ajustes el usuario puede introducir los datos del paciente: Nombre, Edad, Sexo, Dirección, Tipo de Sangre, Teléfono de Emergencia y un campo Extra para guardar datos importantes sobre el paciente tales como medicamentos que actualmente se le encuentran asignados. Esta pantalla cuenta también con campos para introducir datos del especialista médico: Nombre, Teléfono y un Correo Electrónico al que se le enviarán los datos del paciente capturados por la aplicación.

III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Con el propósito de recopilar información sobre el uso de dispositivos móviles y manejo de información de pacientes con problemas cardiacos se aplicó una encuesta a 13 doctores. El perfil de ellos fue: edad entre 31 y 53 años; entre 4 y 30 años de ejercicio profesional; lugar de trabajo en instituciones públicas y privadas; lugar de residencia: Ensenada, B.C. México.

Entre los resultados que se obtuvieron resaltan que todos usan un dispositivo móvil, el 33% revisa su correo electrónico con su dispositivo móvil mientras que el resto en computadora de escritorio (43% en su casa y 24% en su trabajo); aunque han utilizado un sistema de monitoreo de ritmo cardiaco (23%, Holter), el 77% no lo ha experimentado con un monitoreo de 24 horas continuas.

Precisamente de este último resultado, ese 23% de médicos que han utilizado un sistemas de monitoreo de ritmo cardiaco, nos brindaron comentarios muy valiosos como son: “Es útil pero no en tiempo real”, “Aún no son muy confiables”, “excelentes para el diagnóstico”,

“muy útil de seguridad y apoyo al médico para valorar adecuadamente a su paciente” y “el paciente se siente más seguro y confiado”.

La aplicación FCM entregó como resultado, la información capturada en forma de gráficas, para que la lectura de los datos fuera más legible. Las gráficas presentadas tienen en el eje Y, el ritmo cardiaco registrado por la aplicación FCM mientras que en el eje X se encuentra el número de pulso. Es importante destacar que cada una de las gráficas representan un número máximo de 450 datos y no un lapso de tiempo, por lo tanto el número de gráficas es directamente proporcional al número de datos registrados por el sensor de monitoreo.

Fueron dos participantes los que se ofrecieron voluntariamente para la realización del experimento. A continuación se muestran los datos en forma de gráfica de uno de ellos.



Figura 7. Ejemplo de la gráfica de monitoreo de un paciente.

La aplicación de Frecuencia Cardíaca Móvil se presenta como una primera línea de ayuda para pacientes con patología cardiaca y ayuda a que el especialista médico cuente con mayor información para así brindar un tratamiento y un seguimiento de su paciente de una forma personalizada.

Es importante resaltar que una aplicación médica de esta índole, debe ser diseñada de tal forma que presenta una interfaz amigable con el usuario y que la interacción con la aplicación sea lo más transparente posible; teniendo esto en cuenta, la adopción del paciente a este tipo de aplicaciones médicas será positiva.

A manera de conclusión, la aplicación desarrollada ayudó al paciente a sentirse más seguro, ya que podía ver su ritmo cardiaco inmediatamente y en forma gráfica. Para el médico, esta aplicación resultó una herramienta muy útil para conocer la situación del paciente y así llevar un mejor diagnóstico de su paciente, siendo una atención personalizada.

Como trabajo futuro, se pretende convertir a la aplicación en una plataforma de monitoreo de signos vitales, la cual contendrá diversos módulos de monitoreo; así el especialista médico contará con información vital para poder darle un tratamiento y un diagnóstico personalizado a cada paciente.

IV. AGRADECIMIENTOS

Se reconoce a CONACYT por el subsidio otorgado a los estudiantes Jorge Alaníz Sida, Cristián Castillo Olea y Bereniz A. Castañeda Talavera para la realización de los estudios de posgrado en la Maestría en Tecnologías de la Información (MTIC) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), así como al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) por el apoyo para la realización del trabajo.

V. REFERENCIAS

- [1] Ford, O. (2009). Heart attack patients get Guardian Angel with implantable device. *Medical Device Daily*, 13(181), p.1.
- [2] Drew & Wilfred, B. (2003). Wireless Networks: *New Meaning to Ubiquitous Computing*. *Journal of Academic Librarianship*, 29(2), pp.102-106.
- [3] Heinzlmann, P., Lugn, N. & Kvedar, J. (2005). Telemedicine in the future. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 11(8), pp.384-390.
- [4] Zephyr (2010). Zephyr HxM BT Brochure. *Zephyr*.
- [5] Chan, V., Ray, P. & Parameswaran, N. (2008). Mobile e-health monitoring: an agent-based approach. *IET Communications*, 2(2), pp.223-230.
- [6] Raible, E. (2009). Despite limitations, techniques for monitoring patients with HF are improving. *Cardiology Today*, 12(11), pp.1-2.
- [7] Abrahamsson, P., Salo, O., Ronkainen, J. & Warsta, J. (2002). Agile software development methods: Review and analysis. *VTT Publications*, 478, pp.98.
- [8] Serena (2007). An introduction to agile software development. *Serena*. p.8.
- [9] Speckmann, B. (2008). The Android mobile platform. *Eastern Michigan University Department of Computer Science*, 11.
- [10] Kyto Electronic (2011). Bluetooth heart rate belt HRM-2805. *Kyto Electronic*.
- [11] Polar (2009). Polar WearLink+ transmitter Bluetooth. *Polar*.