



+ | **SEGUIMIENTO DE PACIENTES A TRAVÉS DE TECNOLOGÍA MÓVIL**

Por: Dr. Vladimir Villarreal

Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Chiriquí.

e-mail: vladimir.villarreal@utp.ac.pa

Recibido: Marzo de 2016.

Aceptado: Mayo de 2016.

Resumen

El desarrollo de soluciones que permitan combatir el impacto ocasionado por el gran número de enfermedades crónicas, no es solo tarea de los especialistas en medicina, sino también de los propios enfermos y de los investigadores que trabajan para adaptar tecnologías que ayuden en el autocontrol de las enfermedades, mitigando así el citado impacto. Ofrecer una solución que facilite el control de estos pacientes, se considera un gran avance, ya que nos permite mejorar la calidad de vida frente a una enfermedad que aqueja a una persona. En este trabajo se presenta los resultados de una investigación en donde se diseñó, implementó y probó un Framework que permite el desarrollo de aplicaciones móviles que facilita la monitorización de señales vitales en el entorno doméstico para cualquier tipo de enfermedad medible por un dispositivo biométrico como: tensiómetro, glucómetro, pulsiosímetro, podómetro entre otros. El desarrollo de aplicaciones se hace a través de elementos importantes como una ontología para la obtención del conocimiento oportuno que ha dado lugar a una arquitectura a varios niveles. Por un lado la creación de módulos a través de patrones que permitirán la generación automática de aplicaciones móviles. Además de la creación de perfiles genéricos, por enfermedad, e individualizados, para cada enfermo, que completarán, junto a la plataforma de comunicación inalámbrica y el motor de inferencia, la propuesta de multimonitorización para la creación de material educativo, de prevención y seguimiento de pacientes que pretendemos ayude al autocontrol de cada enfermedad. Esta investigación ha sido probada con enfermedades como tensión arterial, diabetes y actualmente se encuentra en implementación mediante un proyecto financiado por SENACYT.

Palabras claves: framework, monitorización de pacientes, aplicaciones móviles, desarrollo de software, salud móvil.

Abstract

The development of solutions that enable us to combat the impact caused by the large number of chronic diseases, is not just the task of the medical specialists, but also the patients themselves and researchers working to adapt technologies that help in self-control of diseases and mitigate the impact. Offering a solution that allow the monitoring of these patients is considered a



great progress, because it allows us to improve the quality of life against a disease that afflicts a person. This paper presents the results of a research, where it was designed, implemented and tested a framework that allows the development of mobile applications. It facilitates monitoring of vital signs in the home environment for any kind of measurable disease by biometric devices such as: sphygmomanometer, glucometer, pulsiosimeter, pedometer among others. Application development is done through important elements as an ontology for obtaining timely knowledge that has led to an architecture at various levels. On the one hand creating modules through patterns that allow the automatic generation of mobile applications. In addition to the creation of generic profiles, diseases, and individualized for each patient, which will complete, with the platform of wireless communication and the inference engine, the proposal multi-monitoring for creating educational materials, prevention and monitoring patients who intend to help the self-control of each disease. This research has been tested with diseases such as high blood pressure, diabetes and it is currently being implemented through a project funded by SENACYT.

Keywords: framework, patients monitoring mobile applications, software development, mobile health.

Introducción

Son muchos los casos de enfermedades, generalmente crónica, en los que el autocontrol del paciente se hace necesario en su día a día. Sea por ejemplo el caso de la diabetes, hipertensión, o simplemente la obesidad. Para ello se hace necesario una adecuada educación para la prevención de crisis y el autocontrol del mismo modo que se hace necesaria la continua relación médico-paciente. En este sentido la tecnología puede complementar estos procesos sin necesidad de un conocimiento exhaustivo de la misma. Por ello, se requiere que, uno de los dispositivos electrónicos más extendidos en el mundo, y con capacidades de comunicación, almacenamiento y procesamiento de información, se ponga al servicio del paciente. Nos referimos al dispositivo móvil. Éste, y en la mayoría de los casos, sin necesidad de interacción por parte del usuario, puede ejercer labores de mantenimiento y la prevención

de lo cotidiano y aconsejar en situaciones de riesgo. También se hace necesario el almacenamiento de la historia del paciente así como de la comunicación con el médico, enviándole los datos de manera transparente, esto es, sin que el paciente tenga que ocuparse de ello explícitamente.

Algunos trabajos relatan experiencias en telefonía móvil como en [1] que ayudan a familiares y asistentes en el trato diario con enfermos de Alzheimer. En [2] se propone un framework para la representación de señales vitales. En [3] se ha desarrollado una plataforma móvil que contribuye al autocontrol de la diabetes manejando los niveles de glucemia en sangre, la actividad que se desarrolla en cada momento, el comportamiento pasado ante situaciones similares, etc. para tomar la decisión adecuada en cada circunstancia.

Para ello será necesario el control médico, no solo en el



mantenimiento individualizado de cada paciente, sino en la elaboración del control genérico de la enfermedad y la particularización de cada individuo, su perfil y propuesta de seguimiento.

Todo esto permite que el paciente tenga información oportuna en su dispositivo móvil minimizando la interacción y maximizando el almacenamiento y procesamiento de datos.

Objetivos

Partiremos de la señal vital recibida de manera inalámbrica (WIFI, Bluetooth, ZigBee, etc) a través del dispositivo biométrico adecuado para cada caso (glucómetro, tensiómetro, ECG, etc.) por el teléfono móvil sin necesidad de intervención por parte del paciente. Esta señal se analizará teniendo en cuenta algunos aspectos importantes como son la definición del especialista sobre situaciones de riesgo y de mantenimiento, historia anterior, perfil del paciente, etc. Una vez efectuado el análisis, el teléfono móvil aconsejará o hará saltar la alarma según los casos. Así puede aconsejar una inyección de insulina o avisará a los familiares o centro médico, caso de una posible bajada o subida brusca de la glucemia, en el caso de diabetes.

Para llegar a este fin, es necesaria una estructura de framework que permita meta-definiciones según áreas clínicas para que, posteriormente, el médico especialista, elabore el perfil de cada paciente y pueda facilitarle el autocontrol adecuado a modo de aplicación. Esta arquitectura, deberá permitir de manera simple las correspondientes definiciones que se convertirán en aplicaciones

móviles de autocontrol según cada perfil genérico de la enfermedad y particular de cada paciente.

Como objetivos específicos podemos resaltar los siguientes:

- Desarrollar un modelo ontológico, orientado a la definición del dominio en estudio y a la descripción de cada uno de sus elementos. Además, las ontologías son interpretadas por los módulos para permitir la interoperabilidad entre cada uno de ellos y la aplicación final.
- Desarrollar una arquitectura de referencia para el desarrollo de módulos que permita la monitorización móvil de pacientes, independiente de la tecnología, así como la integración dinámica de nuevos elementos del entorno.
- Diseñar patrones propios para la definición y generación de módulos asociados a cada enfermedad y al perfil individual del paciente.
- Validar la propuesta para la generación de módulos accesibles desde dispositivos móviles.
- Definir una estructura de relación entre cada uno de los módulos generados por la arquitectura y todos los demás elementos del Framework.
- Definir una arquitectura de comunicación entre dispositivos móviles y biométricos.
- Definir un motor de inferencia que facilite la administración del autocontrol, pronosticando situaciones pasadas que pueden presentarse en un futuro.

Metodología

Nuestra propuesta de Framework se basa en cuatro apartados que se observan en la figura 1 y que detallamos a continuación:

A. Framework.- El framework desarrollado **MoMo** (por su siglas en inglés **Mobile Monitoring**) aglutina tres aspectos fundamentales:

- **Perfiles:** Define las características de cada paciente, para lo cual se crea una estructura común para los datos identificativos de cada paciente para que se generen los correspondientes perfiles de la estructura común que serán personalizados.
- **Definición de módulos:** Estos serán desplegados, a través unidades de diseño y que, a través de guías, se establecerán las relaciones entre cada módulo dependiendo del perfil individual del paciente, así como las aplicaciones y módulos que será embebidos en los dispositivos. Con la definición de módulos, las relaciones entre todos ellos, y el perfil individual, es posible generar las correspondientes aplicaciones móviles.
- **Comunicaciones:** En este apartado se define el protocolo para los dispositivos de medición y el almacenamiento de las los datos. De un punto de vista físico, el dispositivo enviará los datos obtenidos del biosensor, después, dinámicamente y de un modo automatizado, se formalizan los datos recibidos, recuperándolos en un documento XML, que será

desplegado por el módulo del *framework* según sea necesarias. El documento XML, constituye el *datasheet* inicial, que formaliza las especificaciones de los dispositivos. Esta formalización común permite al framework comunicarse con cada uno de los dispositivos biosensores.

Con estos tres elementos se generarán automáticamente las aplicaciones del paciente y del médico. Hay que resaltar que el punto central del Framework radica en la definición de módulos y sus relaciones. Estas aplicaciones recogerán los datos biométricos y a través del motor de inferencia las cuales actuarán en consecuencia ayudando al autocontrol para cada enfermedad.

B. Estructura por capas: Se ha definido una estructura en capas para facilitar el desarrollo de aplicaciones móviles. En la primera capa de la arquitectura se ubican los dispositivos (móviles y biométricos) y la manera en que estos definen los requerimientos funcionales y de comunicación. Es decir como capturan datos y como los transmiten entre ellos. En la segunda capa se definen ontologías para estructurar los elementos de la arquitectura y definir cada uno de sus componentes, en cuanto a enfermedad, dispositivos, características del paciente, entre otros. Estas permiten el manejo de los datos y su interpretación. Se incluyen ontologías de enfermedades, de generación de módulos, dispositivos, tratamiento, etc. En la tercera capa, se define un motor de inferencia. En la cuarta

capa, se incluyen la generación de aplicaciones móviles.

Este es el más importante de los elementos del Framework. Hemos definido guías de diseño que se utilizarán entre las capas uno y cuatro, lo que permite implementar estándares tanto de diseño, generación y visualización de las aplicaciones. Finalmente la última capa (quinta) define la estructura de comunicación entre dispositivos.

C. Motor de inferencia: Se ha implementado un motor de inferencia de tal manera que el Framework sea capaz de generar módulos de control para dispositivos móviles, según un perfil individual y las señales vitales de cada paciente. Además, basándose en un historial clínico y de manera constante se creará y actualizará ese motor predictivo, que permitirá generar recomendaciones basados en situaciones pasadas, en las que se desarrollaron actividades y escenarios similares a las presentadas actualmente.

El motor de inferencia contendrá situaciones como son: actividades desarrolladas que en algunas

ocasiones han alterado los niveles deseados (señales vitales) del paciente, historial de actividades, recomendaciones, sugerencias, alertas almacenadas en su perfil individual, condiciones físicas ante situaciones precisas. Este modelo servirá como apoyo a la toma de decisiones para uso de médicos y pacientes y para la generación y actualización de las aplicaciones móviles.

D. Sistema de Multi-monitorización móvil: Se pretende desarrollar una arquitectura de multi-monitorización donde intervienen múltiples actores, múltiples procesos, múltiples dispositivos y múltiples tecnologías de comunicación. Buscamos con ello facilitar el día a día de los pacientes, mejorando la comunicación con los especialistas médicos, aumentando la calidad asistencial, reduciendo costos, aumentando la eficacia de esta provisión de asistencia sanitaria y educándolos en cada actividad que realicen sobre el estado y auto-control de su enfermedad.

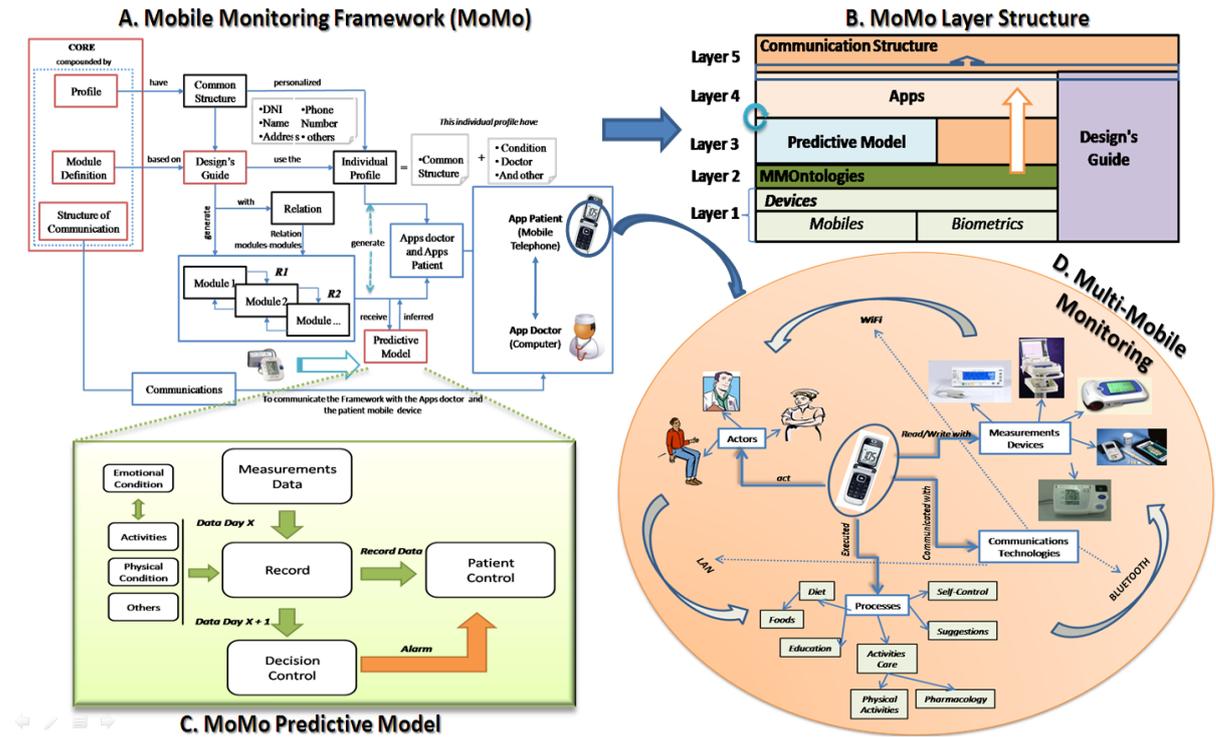


Figura 1: Estructura del Framework

Resultados y discusión

El desarrollo de las ontologías ha sido el primer paso en el desarrollo del Framework, hemos implementado 16 ontologías en las diversas áreas como perfil de paciente, dispositivos móviles, módulo de seguimiento, módulos de educación, alerta y clasificación de enfermedades.

En la figura 2 se muestra la ontología de clasificación de enfermedades (en inglés *Diseases*), en donde se clasifican las enfermedades por la frecuencia en que se presentan, por su origen y por la rapidez y duración de la enfermedad.

Además se definen las relaciones con otras ontologías diseñadas en la investigación.

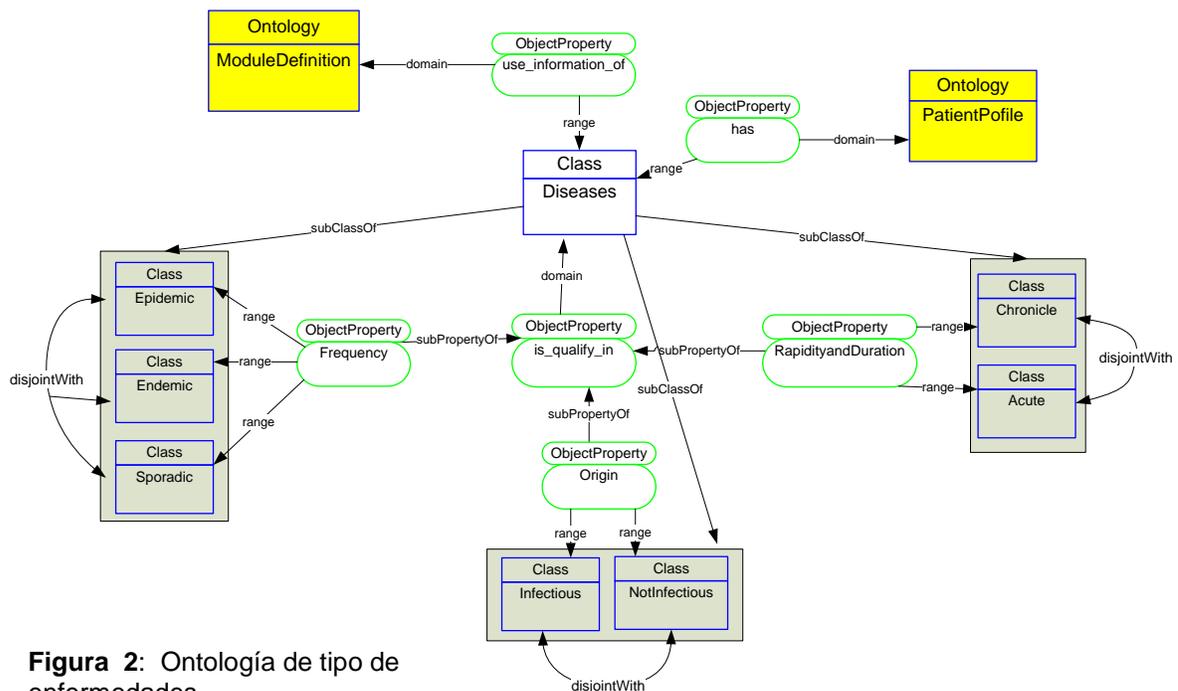


Figura 2: Ontología de tipo de enfermedades

Por otro lado en la figura 3, se desarrolló una pila de patrones jerárquicos que facilitan la implementación de aplicaciones para dispositivos móviles.

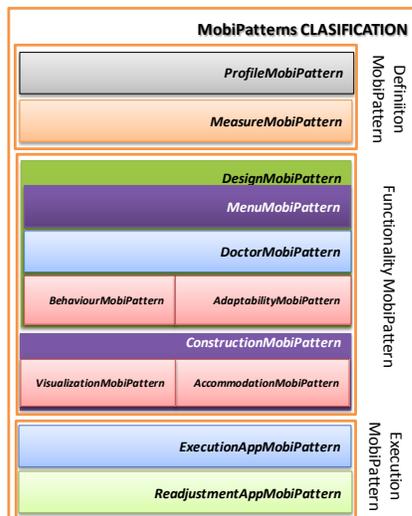


Figura 3: Pilas de patrones usados para la generación de aplicaciones.

Estos patrones facilitan el desarrollo de cada una de las interfaces o módulo que conforman la aplicación final y que se le ofrece al paciente para la captura, procesamiento y almacenamiento de dato de cada enfermedad.

Para facilitar la comunicación entre cada uno de los elementos *software* y se ha diseñado un modelo en capas para distribuir los elementos del *framework*. Esta distribución en n-capas, además facilita el mantenimiento y actualización del *framework*, organizando todos los componentes, de tal manera que se identifique que parte de la arquitectura necesita ajustes, como se muestra en la figura 4.

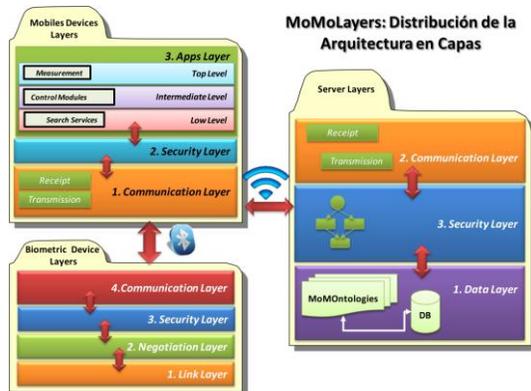


Figura 4: Distribución del modelo en capas para el framework

En la figura 5, se muestra el proceso de desarrollo a seguir. Dicho proceso se basa en la integración de todos sus elementos hasta la obtención de un prototipo, que nos permite evaluar la funcionalidad de la arquitectura.

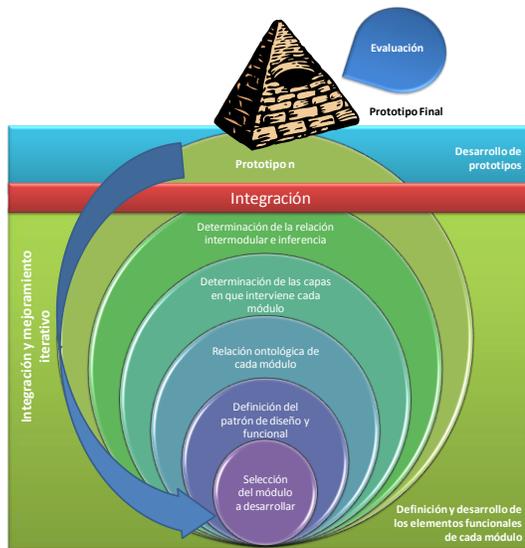


Figura 5: Modelo de desarrollo de aplicaciones según los elementos del framework

En el proceso de implementación se obtienen diferentes prototipos funcionales, que definen cada elemento o módulo que compondrá la aplicación final.

Por último en la figura 6 se muestra un ejemplo de una interfaz desarrollada con un patron

implementado y la relación final con su estructura.

Todos estos elementos darán como resultado una aplicación instalada y en ejecución en el dispositivo móvil, para lo cual hemos desarrollado una evaluación para conocer la facilidad de uso que tiene la aplicación en un grupo de 10 pacientes con necesidad de seguimiento médico.

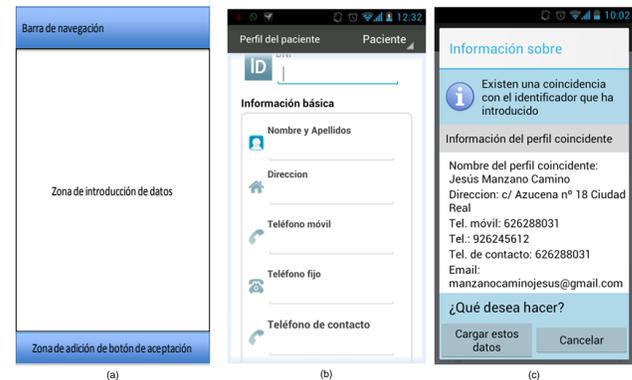


Figura 6: Generación del perfil del paciente y su relación con las interfaces generadas.

El usuario final es el que utilizará con mayor frecuencia la arquitectura para la monitorización de señales vitales, es por ello que es muy importante conocer su opinión en el momento en que la arquitectura está en funcionamiento. Este aspecto también puede ser evaluado implementado el prototipado, en casos de estudios específicos, lo que nos dará mayor número de atributos a considerar. En este método evaluaremos los atributos más directos asociados a la facilidad de uso interpretada por un paciente.

La figura 7, muestra el grado de facilidad de uso de la arquitectura en general, para cada uno de las tareas analizadas según el contexto 1 (Un ambiente de entrenamiento para



pacientes con diabetes que necesitan monitorizar su enfermedad, basándose en las tareas establecidas.)

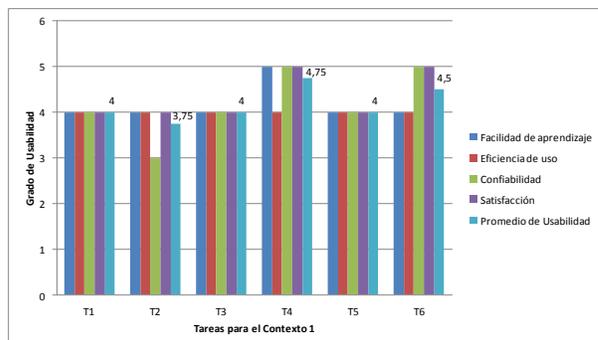


Figura 7: Gráfico de la valoración de la facilidad de uso para cada tarea en el contexto 1.

Puede notarse en el gráfico que la facilidad de uso de la aplicación se encuentra en un rango superior de 4, por lo cual consideramos que la aplicación final es fácil de aprender, fácil de usar y satisface al usuario final. Los aspectos de usabilidad pueden ir mejorando con el tiempo ya que el usuario se familiarizará con la aplicación cada vez que interactúe con ella. El aspecto que se valoró más bajo ha sido el de confiabilidad ya que algunos usuarios siguen acostumbrados a llevar anotaciones en papel o por parte del médico referente al seguimiento de su enfermedad.

Conclusiones

El desarrollo de un *framework* genérico que facilite el desarrollo de aplicaciones móviles para el control de pacientes, viene a ofrecer una solución a la necesidad de seguimiento médico que tienen los pacientes. No se ha pretendido desarrollar una aplicación concreta,

sino definir y desarrollar una arquitectura que pueda ser integrada en otros entornos y que facilite el desarrollo organizado de todos los elementos que hemos mencionado.

De cara al hospital en casa, es muy necesario monitorizar a aquellos pacientes que así lo necesitan. Al mismo tiempo proponemos este tipo de monitorización también para personas mayores en nivel de dependencia. Por este motivo, es necesario optar por formas de interacción asequibles a esta edad. En nuestro caso, proponemos la “desaparición” de la citada interacción y tan sólo será necesario atender a los avisos y consejos del móvil. Igualmente, el trasiego de información entre los datos recogidos por el móvil serán enviados de manera oculta y empaquetada al médico especialista que, a través de su también autogenerada aplicación, podrá visualizar estadísticamente la evolución del paciente.

Agradecimiento

El autor de este artículo es miembro del Sistema Nacional de Investigación de la SENACYT como Investigador Nacional I y presidente de la Red Temática AmITIC entre la Panamá, Colombia y Bolivia.

Referencias

- [1] Bravo, J., D. López-de-Ipiña, et al. (2008). Enabling NFC Technology for Supporting Chronic Diseases: A Proposal for Alzheimer Caregives. European Conference, Aml ,08, Nuremberg, Germany, Springer, LNCS.



- [2] Mei, H., I. Widya, et al. (2006). A Flexible Vital Sign Representation Framework for Mobile Healthcare. *Pervasive Healthcare Conference and Workshops 2006*, Innsbruck, Austria.
- [3] Preuveneers, D. and Y. Berbers (2008). Mobile phones assisting with health self-care: a diabetes case study. Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services. Amsterdam, The Netherlands, ACM.

