

Artículo Original

Diseño y modelado de una arquitectura ubicua en m-health para pacientes con afecciones cardiacas

Yair Rivera¹

Artículo recibido: 1 de agosto de 2014 / Artículo aceptado: 12 de mayo de 2104

■ RESUMEN

La telemedicina aplicada al monitoreo de personas con afecciones cardiacas, permite en tiempo real realizar réplicas de las señales ECG en dispositivos móviles conectados a la web, esto se inicia con la captura de estas señales a través de sensores biométricos, las cuales gracias a un controlador Arduino conectado a un chip sim908, permiten conectarse a una red de datos y así enviarlos para su posterior almacenamiento en un sistema itinerante, el prototipo móvil cuenta con una batería de 9v, lo cual lo hace portable y limitado en cobertura por la red celular GSM, por otro lado esta misma tecnología permite el manejo de mensajes SMS, para el envío de alertas en situaciones anormales en el censado de las señales bioeléctricas.

Palabras clave: SMS (Short Message Service), GSM (Global System for Mobile), ECG (electrocardiograma), Señales bioeléctricas.

¹ Magíster en Telemática y Telecomunicaciones, Corporación Universitaria Americana. Docente tiempo completo, Fundamentos de Redes y Telecomunicaciones. Correspondencia: yriviera@coruniamericana.edu.co

Design and architecture modeling ubiquitous m-health for patients with heart conditions

Desenho e modelado de uma arquitetura localiza em m-health para pacientes com afeções cardíacas

■ ABSTRACT

Telemedicine, applied to the monitoring of people who suffer from cardiac conditions, allows the replication of the ECG signals, in real time, in mobile devices connected to the web. This begins with the capture of the signals by means of biometrical sensors, which, thanks to an Arduino controller connected to a sim908 chip, can be connected to a data network and these data can be sent to be stored in an itinerant system. The mobile prototype has a 9 volts battery, thus being portable, and it is limited in terms of coverage by the GSM cellular network. On the other hand, this same technology allows the use of SMS messaging, for sending alerts in abnormal situations in the censoring of the bioelectrical signals.

Keywords: SMS (Short Message Service), GSM (Global System for Mobile), ECG (electrocardiogram), bioelectric signals.

A telemedicina aplicada à monitoração de pessoas com afeções cardíacas, permite em tempo real realizar réplicas das sinais ECG em dispositivos móveis conectados à web, isto se inicia com a captura destas sinais através de sensores biométricos, os quais graças a um controlador Arduino conectado a um chip sim908, permitem conectarse a uma rede de dados e assim enviálos para seu posterior armazenamento em um sistema itinerante, o protótipo móvel conta com uma bateria de 9v, a qual o faz portátil e limitado em cobertura pela red celular GSM, por outro lado esta mesma tecnologia permite o manejo de mensagens SMS, para o envio de alertas em situações anormais no registrado das sinais bioelétricas.

Palavras chaves: SMS (Short Message Service), GSM (Global System for Mobile), ECG (eletrocardiograma), Sinais bioelétricas.

INTRODUCTION

Las enfermedades cardiacas están entre las más significativas en el mundo de la telemedicina, no solo por su relevancia, si no por ser un importante factor de riesgo para desencadenar un infarto cardiaco, si no son monitoreadas adecuadamente, a través de los *ECG* (electrocardiogramas), no se puede caracterizar el metabolismo o actividad física del mismo. Por otro lado, la telemedicina generalizada de internet en los hogares, el crecimiento de las coberturas de la red celular y los sensores han abierto un mundo de posibilidades en novedosas vías de comunicación entre el paciente y el médico, dando lugar a una serie de servicios médicos acortados en distancia, en el caso de las enfermedades cardiacas, se podría reducir considerablemente cualquier tipo de riesgo sin necesidad de recurrir a una consulta presencial. Todos estos avances significativos traen sin duda alguna, una gran optimización en servicios a distancias, permitiendo la administración de terapias destinadas a restaurar el flujo coronario, reduciendo la mortalidad a menos del 10 % [1].

JUSTIFICACIÓN Y ESTADO DEL ARTE

En las últimas décadas los dispositivos móviles son cada vez más eficientes para realizar procesos de alto desempeño, lo que permite ejecutar aplicaciones cada vez más exigentes en cuanto al monitoreo y envío de señales bioeléctricas (ver Imagen 1).

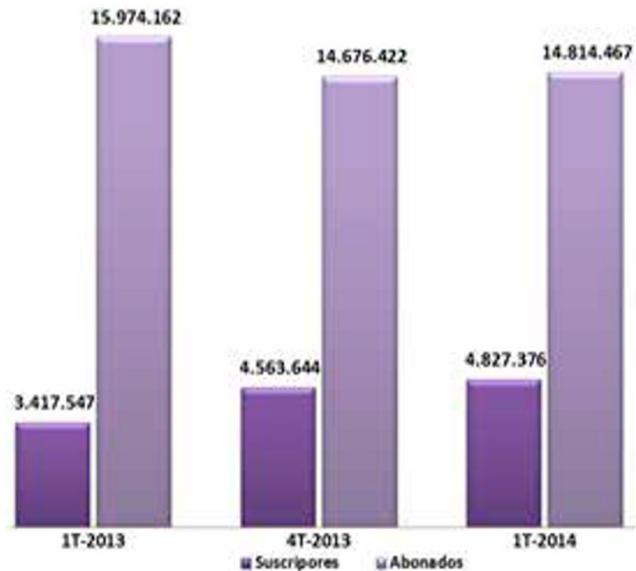


Imagen 1. Boletín Trimestral de las TIC. Cifras segundo trimestre 2014. Número de suscriptores y abonados a Internet móvil. Datos reportados por los proveedores de redes y servicios SIUST- Colombia TIC [2]

Al término del primer trimestre de 2014, el servicio de Internet móvil por suscripción alcanzó un total de 4.827.376 suscriptores, lo que representa una variación porcentual de 5,8 % con relación al cuarto trimestre y en relación al primer trimestre de 2013 el crecimiento es del 41,3 %, representado con una variación absoluta del 1.409.829 suscriptores, Junto a estas estadísticas se vienen sumando los avances de las telecomunicaciones, sistemas de información y las tecnologías biomédicas, se han generado escenarios para el nuevo desarrollo de tecnologías en el área de la salud y la medicina, específicamente en la telemedicina, o tecnologías de la salud conectadas a la web e inalámbricas con conexión a la red celular, la cual permite expandir la diversidad de sus servicios y aumento de cobertura regional [3]. Sin embargo, todavía existen

barreras en infraestructuras tecnológicas centradas en los costos exagerados de equipos especializados y en la no definición de arquitecturas telemáticas abiertas y modulares de gran precisión en su lectura, en especial en aquellas centradas en el monitoreo remoto de enfermedades crónicas [4]. Con el desarrollo de esta investigación se espera obtener beneficios a nivel social, económico y regional en cuanto a la creación y optimización de servicios en telemedicina móvil y ubicua con extensión en servicios basados en la georreferenciación de recursos médicos [5]. Toda esta infraestructura permitirá una interconexión entre recursos de la salud con una relación ubicua y georreferenciada en tiempo real para pacientes en cualquier zona del país, en especial en aquellas zonas remotas y de difícil acceso, donde la medicina especializada tiene un limitado acceso [6].

■ ARQUITECTURA DEL DISEÑO

Para el desarrollo de este prototipo biométrico se implementó en un hardware de código abierto o tipo open source, el *Arduino MEGA 250* que es una placa controladora programable basada en el microcontrolador *ATmeg1280* (ver Imagen 2).



Imagen 2. Placa base Arduino MEGA 250 (Msc Yair Rivera, 2014)

Para la realizar el monitoreo de las señales *ECG*, la placa controladora *Arduino MEGA 250* utiliza una placa modular como interface llamada *e-Health Sensor Shield*, esta permite codificar las señales censadas por los sensores bioeléctricos (Imágenes 3 y 4).

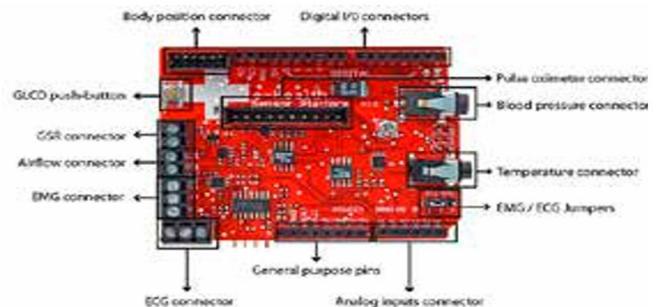


Imagen 3. Placa Interface Arduino-Glucometer (Msc Yair Rivera, 2014)

El sensor tiene tres terminales, positivo, negativo y neutro, los cuales tienen cada uno su conexión directa con la placa *e-Health*, y en cada terminal está asociado directamente con un electrodo, desde donde se realiza el censado bioeléctrico.



Imagen 4. Sensores bioeléctricos ECG (Msc Yair Rivera, 2014)

Para realizar las lecturas de las señales eléctricas es necesario programar la controladora Arduino a través del siguiente código:

```
#include <eHealth.h>
void setup() { Serial.begin(115200);
}
void loop() {
float ECG = eHealth.getECG(); Serial.print("ECG
value : "); Serial.print(ECG, 2); Serial.print(" V");
Serial.println("");
delay(1);
}
```

Este código permite que las señales del sensor biométrico lleguen a las entradas digitales de la controladora Arduino, esta comunicación se da a través de seis pines ICSP (In Circuit Serial Programming), desde donde es posible recibir y enviar datos por los diferentes puertos o generar señales de control desde la placa madre Arduino [6]. Finalmente la señal codificada puede ser observada desde cualquier dispositivo conectado a la red (Imagen 5).

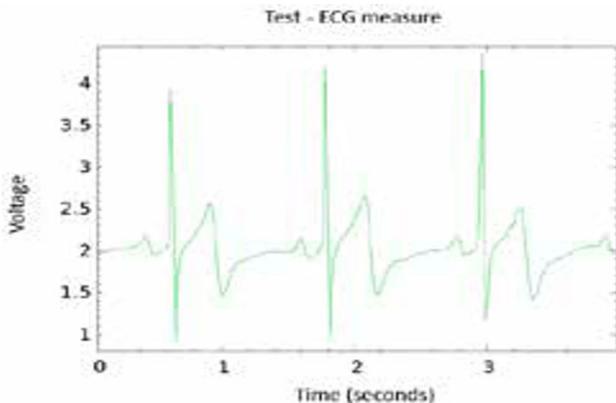


Imagen 5. Mediciones de las señales ECG (<http://www.cooking-hacks.com/>, 2014) [7]

Teniendo en cuenta la toma de datos y su codificación en el sistema, es necesario el envío y posterior almacenamiento en un sistema de información, para que esta comunicación se puede dar de forma ubicua e inalámbrica, es necesario un módulo de comunicación a través de la red celular GSM, el cual partiendo de un módulo de identidad de suscriptor (SIM), que es una pequeña tarjeta que contiene la identidad del suscriptor e información asociada a la seguridad puede dar soporte a los servicios de banda ancha móvil de la red de datos GPRS (General Packet Radio Service) en el sistema celular GSM (ver Imagen 6) [8].



Imagen 6. Cooking hacks Adaptador SIM908 GPRS/. GPS (<http://www.cooking-hacks.com/>, 2014) [9]

Para el procesamiento de estas señales inalámbricas se cuenta con un módulo SIM908, este multiplexa la señal de la red celular GPRS que trabaja a 3.2 ~ 4.8V en un rango de frecuencia de 850/900/1800/1900MHz, y la señal del sistema GPS (Global Positioning System) para un geoposicionamiento que trabaja a un voltaje 3.0 ~ 4.5V (Imagen 7).



Imagen 7. Módulo SIM908 GPRS/. GPS (<http://www.open-electronics.org/localizer-with-sim908-module/>, 2014) [10]

Este geoposicionamiento cuenta con la recepción de un mínimo de cuatro señales radio provenientes de satélites, los cuales conocen la exactitud de su posición orbital con respecto a la tierra [11]. El dispositivo final, el chip 908 a través de una antena GPS, simultáneamente conoce el tiempo en que han tardado dichas señales desde que salen del satélite con una frecuencia de microondas entre 1,6 y 1,2 GHz [12], y llegan a este dispositivo final. Con esta información y sabiendo las posiciones de los satélites, y la velocidad de propagación de sus señales, definen la geoposición del paciente a través de un cálculo llamado triangulación, proceso mediante el cual se obtienen las coordenadas geográficas, latitud y longitud, permitiendo así un sistema global de navegación por satélite (GNSS, Global Navigation Satellite System) [13]. La arquitectura final estaría descrita en la siguiente imagen.

De esta manera el dispositivo final está conectado a una red de datos TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/ Protocolo de Internet), a través de un canal de datos GPRS, de la red celular GSM, lo que nos permite una conexión inalámbrica y una

ubicuidad del paciente en cualquier momento y punto del planeta, además de que el sistema puede enviar y recibir mensajes de correo electrónico y de tipo SMS [14].



Imagen 8. Arquitectura final GPRS/GPS (Msc Yair Rivera, 2014)

MODELADO DEL SISTEMA

Para realizar una representación gráfica y funcional de los procesos se utiliza el lenguaje de modelamiento unificado (UML), a través de esta herramienta gráfica se puede documentar y especificar el desarrollo de esta arquitectura ubicua, este material de apoyo entrega diagramas propios para entender el modelado total del sistema [15], [16] (Imagen 9).

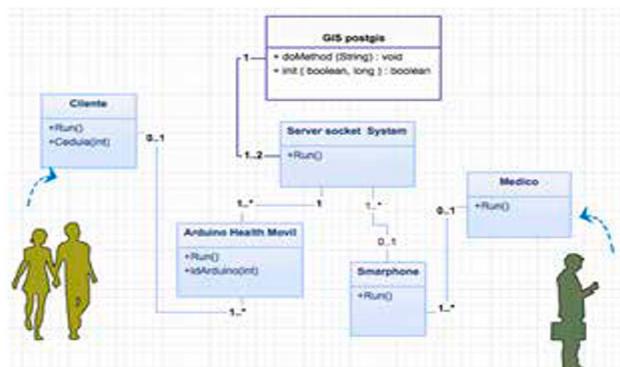


Imagen 9. Modelado del sistema UML (Msc Yair Rivera, 2014)

Se presenta una descripción de alto nivel, donde nos describen detalladamente cada caso de uso definido por los usuarios, y la forma en que ellos interactúan con el sistema, el flujo de comunicación entre los servidores y el usuario final, se presenta a través de un flujo de comunicación asincrónico, el cual se origina desde el prototipo móvil y es almacenado posteriormente en un sistema itinerante de naturaleza geográfica o sistema de información geográfica (GIS) [17]. Aquí los datos son consultados a través de cualquier dispositivo conectado a la red de datos Internet, tales consultas permiten realizar análisis complejos de realidad espacial de forma eficiente y confiable, esto supone unas ventajas cualitativas y cuantitativas, si tenemos en cuenta la búsqueda de soluciones geográficas para el apoyo de soluciones sanitarias que complementen el ofrecimiento de servicios en un instante dado con relación a varios usuarios con afecciones cardiacas, es decir soluciones geográficas con relación a la búsqueda de un recurso específico en un instante dado [18].

■ CONCLUSIONES

El diseño y modelamiento de esta arquitectura telemática ha permitido conocer el potencial de los sistemas modulares en telemedicina *open source* basados en Arduino para el monitoreo de personas con afecciones cardiacas, el sistema permite un monitoreo espacio tiempo real, donde el sensor biométrico permite un procesamiento de señal ECG, la cual es codificada y enviada para su almacenamiento en un sistema

itinerante, desde aquí la georreferenciación del paciente permite optimizar servicios

médicos, es decir, la localización del paciente con relación a la ubicación de cada infraestructura hospitalaria o servicio hospitalario, permite una explotación eficiente de los recursos en un momento dado, ya que incorpora mecanismos de movilidad relacionados con espacios y ubicaciones.

■ REFERENCIAS

[1] E.C. Keeley, J.A. Boura, C.L. Grines. Primary angioplasty versus intravenous thrombolytic therapy for acute myocardial infarction: a quantitative review of 23 randomised trials, *Lancet*, vol. 361, pp. 13-20, 2003.

[2] *MinTic, Boletín Trimestral de las TIC. Cifras segundo trimestre de 2014. Número de suscriptores y abonados a Internet móvil. Datos reportados por los proveedores de redes y servicios SIUST-Colombia TIC.* Bogotá D.C., Colombia, septiembre de 2014. http://colombiatic.mintic.gov.co/602/articles-7201_archivo_pdf.pdf p.28

[3] MinTic, Boletín trimestral de las TIC. Cifras primer trimestre de 2014. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, República de Colombia, junio de 2014, ww.mintic.gov.co, http://colombiatic.mintic.gov.co/602/articles-6276_archivo_pdf.pdf

[4] A. Huang, C. Chen, K. Bian, X. Duan, M. Chen, H. Gao, C. Meng, Q. Zheng, Y. Zhang, B. Jiao, L. Xie, "WE-CARE: An Intelligent Mobile Telecardiology System to Enable mHealth Applications Biomedical and Health Informatics", *IEEE Journal*, vol. 18, Issue 2, pp. 693-702, 2014. Digital Object Identifier: 0.1109/JBHI.2013.2279136.

- [5] G. Yang, L. Xie, M. Mantysalo, X. Zhou, Z. Pang, L. Xu, S. Kao-Walter, Q. Chen, L. Zheng, "A Health-IoT Platform Based on the Integration of Intelligent Packaging, Unobtrusive Bio-Sensor and Intelligent Medicine Box Industrial Informatics", IEEE Transactions, Issue 99, 2014, IR AL INDICE9Digital Object Identifier: 10.1109/TII.2014.2307795,
- [6] B. Mukkundi, B. Bhattacharya y O. Bhatt, Design and development of a networked health monitoring and control system, 2014, Print ISBN: 978-1-4799-4381-4, Santa Clara, CA.
- [7] Cooking hacks A d a p t a d o r SIM908 GPRS/. GPS. Recuperado de <http://www.cooking-hacks.com/>, 2014.
- [8] ArduinoSketches:ToolsandTechniques for Programming Wizardry, A. Langbridge, J. Wiley & Sons, Inc, USA, Publishes by ISBN 978-1-118-91960-6, p.121, 2015.
- [9] Cooking hacks A d a p t a d o r SIM908 GPRS/. GPS Recuperado de <http://www.cooking-hacks.com/>, 2014.
- [10] O p e n e l e c t r o n i c s . Modulo SIM908 GPRS/. GPS <http://www.open-electronics.org/localizer-with-sim908-module/>, 2014
- [11] The American practical navigator: an epitome of navigation, N. Bowditch, National Imagery and Mapping Agenc, Vol. 9,2002, p. 185, Bicentennial Edition.
- [12] Galileo, and more, Bernhard Hofmann-Wellenhof, Herbert Lichtenegger, Elmar Wasle, GNSS - Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS,ISBN 978-3-211-73012-6, Edit Springer Wien, New York, 2008, p. 172.
- [13] T. Halonen, J. Romero, J. Melero, GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Towards 3G/UMTS, p. 97, Second edition, 2003, ISBN 0-470-86694-2, England: John Wiley & Son.
- [14] J. Trujillo, Advances in Conceptual Modeling - Applications and Challenges, 2010, New York: Edit Springer Berlin Heidelberg, ISBN-10 3-642-16384-X.
- [15] N. Daous, UML Requirements Modeling For Business Analysts: Steps to Modeling Success, 2012, USA: Edit Technics Publications,LLC.,U.S.A,ISBN978-9355042-4-5.
- [16] S. Li, S. Dragicevic, B. Veenendaa, Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications, 2011, ISBN 13-978-0-415-89081-6, USA: Edit Taylor & Francis Group, LLC.
- [17] T. L. Nyerges, Piotr Jankowski, Regional and Urban GIS: A Decision Support Approach, 2010, U.S.A., ISBN 978-1-60623-336-8.