

Diseño e Implementación de un sistema ambulatorio de adquisición, registro y análisis de la frecuencia cardiaca en estado de reposo Implementado en un dispositivo móvil.

M.C. Sánchez I.E. ¹ Medel L. H., Ing. Piña Martínez L.², Ing. Majín Martínez Alejandra Anahí ³, Ing. Monraga León Carlos Alejandro⁴

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Div, Ing. en Sistemas Computacionales^{1,3,4},
Div, Ing. Industrial²

¹Lsmedel@gmail.com, ²mtzarual@hotmail.com, ³aleana.orellan@gmail.com,
⁴aflp_0333@hotmail.com

Resumen

Las enfermedades cardiovasculares han llegado a ocupar el segundo lugar en mortandad en Mexico, solo superado por la diabetes de acuerdo al censo de INEGI en el 2009. Se denomina Holter a una prueba diagnóstica que consiste en la monitorización ambulatoria del registro electrocardiográfico por un tiempo prolongado, habitualmente unas veinticuatro horas, en una persona que está en movimiento. Los dispositivos que actualmente son usados para medir la frecuencia cardiaca del corazón son: electrocardiógrafo, el estetoscopio, pulsímetro, aparatos digitales como muñequeras de pulso que miden frecuencia cardiaca y tensión arterial que el sector deportista emplea.

La evolución de los dispositivos móviles busca la integración de los mismos a nuestras actividades diarias, muchas veces las personas usan aparatos electrónicos tales como tabletas y teléfonos inteligentes para poder ver su estatus en las redes sociales, entretenimiento o gestionar su tiempo, sin embargo un campo que no ha sido explotado como los otros es el de la salud.

El objetivo de esta investigación es adquirir vía bluetooth, registrar y analizar los latidos del corazón por minuto en estado de reposo empleando un dispositivo móvil para realizar un análisis de FCR y dar un mensaje auditivo sobre su estado.

Palabras clave: Android, móvil, corazón, sensor, FCR, ambulatorio.

Abstract

Heart disease has come to be the second cause of death in Mexico, only being behind of diabetes according with INEGI in 2009. Holter is a diagnostic test that consists in an ambulatory monitoring of electrocardiographic signal for a long time, usually twenty-four hours, while the subject is moving. The dispositives that are used to measure the beats per minute are: electrocardiograph, the stethoscope, heart rate monitor, digital devices like pulse wristbands that measure heart rate and blood pressure that the sport sector employs.

The evolution of mobile devices aim for the integration of these dispositives to our every-day life, many people use electronic devices such as tablets and smartphones to check their status in social networks, entertainment or control their tim, however a field that hasn't been exploited as the others is the health.

The objective of this research is to acquire via bluetooth, record and analyze heart beats per minute at rest using a mobile device to perform an analysis of FCR and give an auditive message on their health status.

Key words: Android, móvil, hearth, sensor, RCF, ambulatory.

Introducción

México es un país que ha llegado a ocupar el segundo lugar en mortandad a causa de enfermedades cardiovasculares, solo por encima de la diabetes y en varios países desarrollados ha llegado al primer lugar [1]. Se denomina Holter a una prueba diagnóstica que consiste en la monitorización ambulatoria del registro electrocardiográfico por un tiempo prolongado, habitualmente unas veinticuatro horas, en una persona que está en movimiento. Los dispositivos que actualmente son usados para medir la frecuencia cardiaca del corazón son: electrocardiógrafo, el estetoscopio, pulsímetro, aparatos digitales como muñequeras de pulso que miden frecuencia cardiaca y tensión arterial.

Actualmente existen dispositivos ambulatorios que el sector deportivo utiliza para obtener datos y mejorar su rendimiento del practicante, estos dispositivos funcionan con un software embebido en un microcontrolador, dicho principio puede ser aplicado a otros usuarios lo cuales empleando tecnología móvil a su alcance puedan monitorear su estado cardiaco mediante pruebas FCR que se basan en la relación de las pulsaciones por minuto, peso, edad y sexo.

La evolución de los dispositivos móviles busca la integración de los mismos a nuestras actividades diarias, y se pretende que mediante el auge hoy en día de equipos electrónicos como los son: Tablet, Teléfonos inteligentes, Agendas electrónicas, etcétera, podamos crear una aplicación en un dispositivo que concientice a la población sobre su salud y la gran problemática del país en cuanto a las enfermedades cardiovasculares que tanto afectan. La Fig. 1 fue tomada del último censo de población en México en el 2007 muestra el nivel de mortandad en México debido en relación a las enfermedades que afectan al corazón.

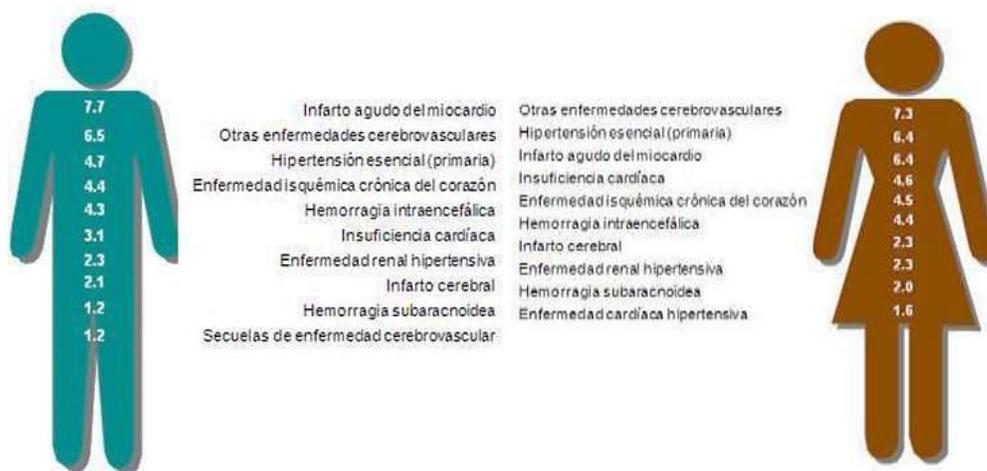


Fig. 1 Principales afecciones de las enfermedades cardiovasculares en 2007, fuente INEGI

El objetivo de esta investigación es registrar y analizar los latidos del corazón por minuto en estado de reposo empleando un dispositivo móvil para realizar un análisis de FCR y dar un mensaje auditivo sobre su estado. La interfaz diseñada para el dispositivo móvil se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2 Interface del sistema en una Tablet con Android 4.2

Metodología

Cuando las células cardíacas son estimuladas con un impulso eléctrico, ya sea de manera espontánea o de manera externa, la polaridad de la célula cambia, esto se conoce como potencial de acción. El potencial de acción tiene 4 distintas fases, en el potencial de acción de las células automáticas hay una fase 0 de ascenso más lenta respecto a la de las no automáticas o de repuesta rápida, y sus fases 1,2 y 3 no pueden diferenciarse de una manera clara, solo se toman como si fueran una fase 3. En la fase 4, en el potencial de acción de las células automáticas hay una despolarización espontánea, lo cual genera que las células automáticas alcancen el potencial umbral para comenzar de nuevo el potencial de acción. Esto se puede ver de manera gráfica en la figura 3.

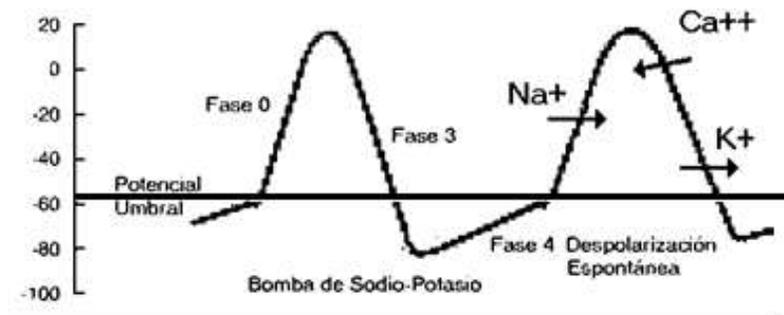


Fig. 3 Descripción de la forma de onda

Las pulsaciones por minuto o BPM son obtenidas a partir de la forma de onda de las pulsaciones eléctricas del corazón. Las fórmulas para la obtención de estas varían dependiendo la edad y el sexo de la persona [2]. El Tabla 1 muestra un extracto de los BPM ideales en una persona saludable dependiendo su edad, sexo y hábitos.

Tabla 1. Extracto de tabla de BPM ideales con relación a hábitos

HOMBRES SEDENTARIOS		20 a 25	25 a 30
Pulsaciones maximas teoricas	100,00	200 a 195	195 a 190
Ejercicio anaerobico maximo	90,00	180 a 175,5	175,5 a 171
Ejercicio anaerobico	80,00	160 a 156	156 a 152
Ejercicio aerobico	70,00	140 a 136,5	136,5 a 133
Aerobico adelgazar	60,00	120 a 117	117 a 114
Aerobico iniciacion	50,00	100 a 97,5	97,5 a 95

MUJERES SEDENTARIAS		20 a 25	25 a 30
Pulsaciones maximas teoricas	100,00	206 a 201	201 a 196
Ejercicio anaerobico maximo	90,00	185,4 a 180,9	180,9 a 176,4
Ejercicio anaerobico	80,00	164,8 a 160,8	160,8 a 156,8
Ejercicio aerobico	70,00	144,2 a 140,7	140,7 a 137,2
Aerobico adelgazar	60,00	123,6 a 120,6	120,6 a 117,6
Aerobico iniciacion	50,00	103 a 100,5	100,5 a 98

El FCR sirve como indicador para determinar el estado de salud de una persona, se basa en el conteo de BPM [3], la tabla parcial de relación se muestra en el Tabla 2.

Tabla 2. Extracto de tabla de BPM ideales en FCR

HOMBRES	Mala	Normal	Buena	Muy Buena
20-29	86 o más	70-84	62-68	60 o menos
30-39	86 o más	72-84	64-70	62 o menos
40-49	90 o más	74-88	66-72	64 o menos
50-59	90 o más	74-88	68-74	66 o menos
60 o más	94 o más	76-90	70-76	68 o menos
MUJERES	Mala	Normal	Buena	Muy Buena
20-29	96 o más	78-94	72-76	70 o menos
30-39	98 o más	80-96	72-78	70 o menos
40-49	100 o más	80-98	74-78	72 o menos
50-59	104 o más	84-102	76-82	74 o menos
60 o más	108 o más	88-106	78-88	78 o menos

El sistema emplea el BPM y FCR para realizar un análisis de basado en las pulsaciones, de esta forma obtener la condición del corazón. El sistema cuenta la arquitectura mostrada en la Fig. 4, la cual consiste en un enlace inalámbrico mediante un dispositivo Bluetooth entre la tableta/celular y el sensor del corazón [4,5,6]

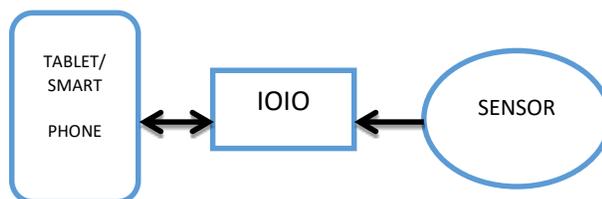


Fig. 4 Arquitectura implementada para el procesamiento digital de la señal
 La frecuencia de muestreo es delimitada por el tiempo que toma al ADC y a la señal inalámbrica en ser registrada por el software, dicho tiempo es de 1ms, por lo que basados en el teorema de Nyquist se determina que la frecuencia muestreada debe de ser por lo menos 4 veces mayor que la frecuencia a muestrear. La frecuencia muestreada es tomada de la tabla 1, cuyo máximo valor es 206, sustituyendo en la ecuación 1.

$$f_m = \frac{4 * \text{BPM}_{\text{max}}}{60} = 13.73\text{Hz} \quad \text{Ecuación 1}$$

La frecuencia de muestreo máxima que permite el sistema es determinado por el periodo de conversión y el teorema de Nyquist, lo cual se calcula en la ecuación 2.

$$f_{m_{\text{max}}} = \frac{1}{T * 4} = 250\text{hz} \quad \text{Ecuación 2}$$

La resolución requerida para reconstruir la señal fue hecha a 10 bits, por lo que el voltaje de paso es determinado por la ecuación 3, dicha resolución fue delimitada la amplitud de la señal proveniente del sensor, la cual varía de 0-3.3 volts.

$$V_p = \frac{V_{cc}}{2^{10}} = 3\text{mV/paso} \quad \text{Ecuación 3}$$

La determinación de los BPM se obtiene al aplicar la siguiente fórmula basada en el ángulo de la forma de onda obtenida por el sensor de forma inalámbrica por bluetooth.

$$B = [y(t_n) - y(t_{n+20})]$$

si: $B > 30$, entonces FASE 0, de lo contrario FASE 3

La fórmula propuesta indica que la respuesta del sensor es candidato a ser un latido de corazón si el ángulo que muestra entre cada 20 tomas supera los 30 grados. Obteniendo la cantidad de latidos verdaderos en 14 segundos es posible hacer una proporción a 1 minuto.

Resultados y discusión

El dispositivo creado se muestra en la figura 5, se encuentra ubicado a la altura de la cintura y el sensor se halla conectado en la oreja del usuario.



Fig. 5 Dispositivo construido y operando

Se realizaron pruebas con otras aplicaciones para Android y se obtuvieron resultados muy similares a estas, las aplicaciones probadas fueron: Instant Heart Rate, Heart Beat Rate Pro y Heart Beat. Se relacionó el dispositivo con un electrocardiógrafo y se obtuvo el siguiente resultado mostrado en la figura 6.

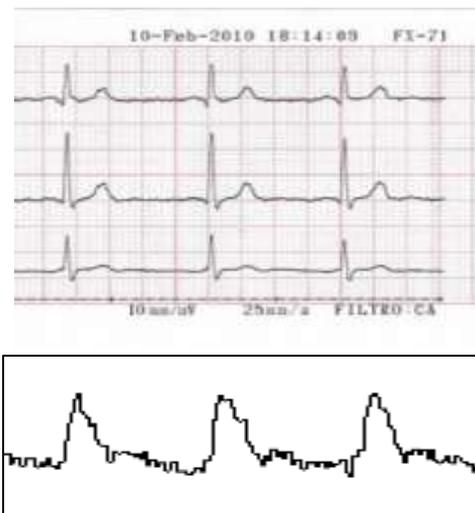


Fig.6. Comparación entre una señal de un cardiógrafo comercial y el propuesto

La comparación mostrada en la fig. 6 resalta que la resolución es inferior con uno comercial, sin embargo el dispositivo no fue diseñado para realizar un análisis exhaustivo de la señal, sino para detectar los latidos por minuto, por lo cual este tipo de resolución es aceptable para su uso en el algoritmo de detección por diferenciación en el tiempo.

Conclusiones

El instrumento visualizador/registrator e indicador permite adquirir la señal, grabar y analizar la señal para indicarnos un análisis en base a los latidos por minutos del corazón, que pese a que

no se tiene una resolución como los electrocardiógrafos comerciales, si nos permite el conteo de latidos por minuto que es la base de nuestro análisis y también el cómo los doctores generales obtienen información de nuestros cuerpos a través de un estetoscopio.

El dispositivo diseñado no tiene la ambición de ser una sustitución de un médico, sino para concientizar a las familias de recursos medios sobre su propia salud empleando dispositivos móviles como una herramienta más en su integración.

Trabajo a futuro: Se requiere un filtro digital para eliminar el ruido proveniente del sensor, así como un sistema de detección de estabilidad de la señal en la tableta/celular, sin embargo si es posible determinar los BMP.

Agradecimiento. Se agradece al Instituto tecnológico Superior de Huatusco por su apoyo en esta investigación, así como a la carrera de ISC.

Referencias

Página Oficial del Instituto Mexicanos del Seguro Social. Preguntas frecuentes sobre enfermedades del corazón. IMSS (2013).

<http://www.imss.gob.mx/preguntas/salud/Pages/faqscardio.html>

Angeles Alfredo, "Conocimientos Básicos del Corazón". Distribuido por Novartis, 2004.

Bayes Antoni, "Electrocardiografía Clínica". Ed. Espaxs S.A. Publicaciones, Médicas, 2004.

Tomas Girones, J., "El gran libro de Android", editorial AlfaOmega, grupo editor México, junio 2011, ISBN: 978-607-707-226-3.

Organización Editorial Mexicana, Artículo Hasta 20% de la población padece trastorno del ritmo cardiaco: IMSS, 24 de noviembre del 2009.
<http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n1415996.html>

Monk S., "Making Android Accessories with IOIO", Going mobile with sensors, lights, motors, and robots, editorial O'reilly, primera edición febrero 2012 ISBN: 978-1-449-32328-8.