

ID:975

RECONOCIMIENTO DE ARRITMIAS CARDÍACAS EN SEÑALES DE ELECTROCARDIOGRAMAS.

Rodríguez Benítez, Vicente; Duque Pérez, Yedila Hilda; López-Portilla Vigil, C. Bárbaro Maikel.
Cuba

RESUMEN

Esta investigación está encaminada a la creación de un sistema de reconocimiento de arritmias cardíacas en señales de electrocardiograma (ECG). Para implementar este sistema se hace un estudio detallado de la señal de ECG, así como las principales arritmias que esta pueda tener, haciendo énfasis en los métodos para la detección de la frecuencia cardíaca que llevará a la detección de arritmias. Se escogió un algoritmo que funciona principalmente a través del filtrado de la señal de ECG para extraer las características principales de la señal de ECG. Esto permite la localización de la onda R, la cual da una caracterización de la señal de ECG. Para la exposición de los resultados se creó un simulador de señales de ECG basado en series de Fourier para generar las señales de ECG y un bloque de procesamiento y visualización de los resultados donde se exponen gran parte de las características obtenidas de la señal de ECG simulada.

Palabras clave: Señal de electrocardiograma (ECG), arritmias cardíacas, reconocimiento, simulador.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las enfermedades cardiovasculares o mejor conocidas como enfermedades del corazón son una de las principales causas de muerte en todo el mundo, esta discapacidad producida por factores genéticos, hipertensión, diabetes, tabaquismo, tasas altas de colesterol y stress, provocan el funcionamiento incorrecto del corazón. El electrocardiograma suele designarse por las letras ECG o EKG. Es una prueba que registra los impulsos eléctricos resultantes de la despolarización y repolarización auricular y ventricular del corazón. Esta prueba se usa para la medición del ritmo y la regularidad de los latidos así como el tamaño y posición de las ondas cardíacas. En forma indirecta evalúa, la condición de este órgano como una bomba por lo que un equipo de registro de ECG es prácticamente un voltímetro que realiza una función de registrador (1). Una arritmia es un ritmo cardíaco anormal, es decir, una alteración en la formación o la transmisión del impulso cardíaco. Las arritmias se manifiestan clínicamente y según la gravedad por: palpitaciones, síncope, insuficiencia cardíaca o angina. La causa más común de las palpitaciones es la ansiedad o las situaciones muy estresantes, pero pueden aparecer también en determinadas arritmias, fundamentalmente extrasístoles ventriculares (2).

Como bien es conocido por todos, en nuestro país se lleva a cabo una revolución en el tema del desarrollo de equipos médicos como parte de una campaña para lograr el ahorro de recursos debido al brutal bloqueo y la gran política de llevar a la mayor cantidad de lugares del mundo la medicina cubana de manera desinteresada. Por estas razones, cada día aumenta el nivel de exigencia en cuanto a los parámetros tanto en hardware como en software que deben tener estos equipos para competir con muchas empresas que tiene monopolizado el mercado internacional, por lo que resultaría muy efectivo contar con una serie de métodos y algoritmos permitan el análisis exhaustivo de las señales de electrocardiograma. De ahí que el objeto de esta investigación es el proceso de identificación de arritmias en las señales de ECG de los pacientes con afecciones cardíacas. Por lo que el objetivo de la investigación es identificar arritmias cardíacas a través del monitoreo de las formas de onda de las señales de ECG basado en los algoritmos necesarios de reconocimientos de patrones humanizando el trabajo del personal médico de nuestros hospitales.

MATERIAL Y MÉTODO

Este trabajo ha sido implementado sobre el software Matlab, el cual es un lenguaje de alto desempeño diseñado para realizar cálculos técnicos. MATLAB integra el cálculo, la visualización y la programación en un ambiente fácil de utilizar donde los problemas y las soluciones se expresan en una notación matemática (3).

Para la simulación de las señales de ECG se han utilizado las propiedades de las series de Fourier, que es llamada así en honor de Joseph Fourier (1768-1830), es una representación de una función periódica como una suma de funciones periódicas de la forma $x \rightarrow e^{it}$.

La detección de las ondas R presentes en la señal ECG se realiza mediante el algoritmo de detección de complejos QRS, que corresponde a una modificación del algoritmo de Tompkins (4) (5). En este sentido, el algoritmo de detección de complejos QRS desarrollado por Jiapu Pan y Willis J. Tompkins ha alcanzado un gran reconocimiento en la comunidad científica por su alto valor predictivo.

RESULTADOS

A. Señales de electrocardiograma.

Las señales de electrocardiograma (ECG) son una forma de representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón (Fig. 1). El electrocardiograma tiene la ventaja de ser un procedimiento médico con resultados disponibles inmediatamente, y no constituye una técnica invasiva, además de ser considerada económica (6). El trazado típico de un electrocardiograma registrando un latido cardíaco normal consiste en una onda P, un complejo QRS y una onda T. La pequeña onda U normalmente es invisible.

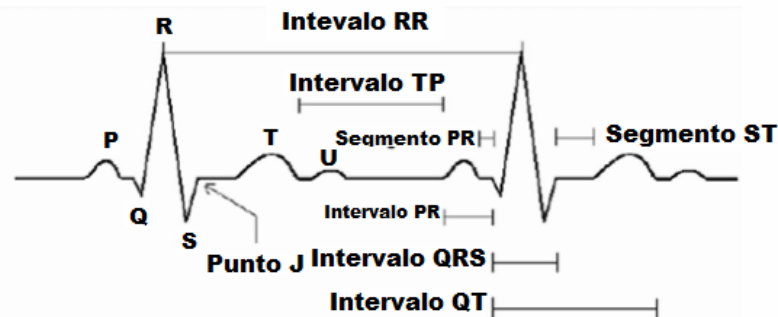


Fig. 1. Señal de ECG con sus ondas y sus intervalos característicos.

Las porciones del electrocardiograma entre las deflexiones se denominan segmentos, y las distancias entre ondas se denominan intervalos.

B. Características frecuenciales del ECG.

En electrocardiografía convencional se utilizan tres anchos de banda según las diferentes aplicaciones (Fig. 2). Las recomendaciones del Comité de Cardiología, indica que el ancho de banda para adquirir el ECG estándar de 12 derivaciones en un paciente en reposo sea de 0,05 Hz a 100 Hz con una frecuencia de muestreo de 500 Hz. Para aplicaciones de monitorización (pacientes en unidades de cuidados intensivos y pacientes ambulatorios), el ancho de banda recomendado se reduce de 0,5 a 50 Hz. El tercer ancho de banda, usado para cardiotacómetros, está basado en un estudio de las componen-

tes frecuenciales de las ondas del ECG, ruido muscular y artefactos de movimiento. Sin embargo, el ancho de banda de las componentes significativas es sensiblemente menor a los 100Hz (entre 0.05 y 40 Hz).

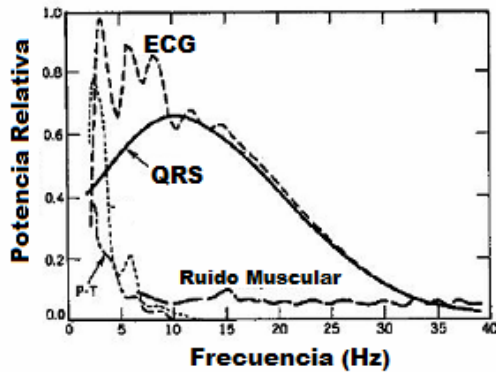


Fig. 2. Espectro de potencia de la señal de ECG y sus subcomponentes y ruido.

C. Las Arritmias Cardíacas.

Una arritmia es un ritmo cardíaco anormal, es decir, una alteración en la formación o la transmisión del impulso cardíaco. Las arritmias se manifiestan clínicamente y según la gravedad por palpitaciones, síncope, insuficiencia cardíaca o angina. La causa más común de las palpitaciones es la ansiedad o las situaciones muy estresantes pero pueden aparecer también en determinadas arritmias, fundamentalmente extrasístoles ventriculares. Las arritmias pueden ser de dos tipos.

- Taquicardias significa frecuencia cardíaca rápida en principio mayor de 100 latidos por minuto, entre las causas generales de taquicardia, se tiene el aumento corporal o estados tóxicos del corazón.
- Bradicardia significa simplemente frecuencia cardíaca lenta, en principio con menos de 60 latidos por minuto.

D. La señal de Electrocardiograma y las series de Fourier.

La señal de ECG es periódica con frecuencia fundamental determinada por el latido del corazón. También satisface las condiciones de Dirichlet que no son más que un valor único y finito en el intervalo dado, absolutamente integrable, número finito de máximos y mínimos entre los intervalos finitos y tiene un número finito de discontinuidades.

Por lo tanto la serie de Fourier puede ser utilizada para la representación de la señal de ECG.

Un período de una señal de ECG es una mezcla de formas de ondas triangulares y sinusoidales. Cada característica significativa de la señal de ECG puede ser representado por versiones desplazadas y ampliarse una de estas formas de onda tal como se muestra a continuación.

- QRS, Q y S son porciones de la señal de ECG que pueden ser representadas por formas de onda triangular.
- P, T y U son porciones que pueden ser representados por formas de onda sinusoidal.

Una vez que se genera cada una de estas porciones, se pueden sumar y finalmente, obtener la señal de ECG. Después de generada cada una de las ondas solo queda la suma de estas para generar cada una de las ondas ECG (Fig. 3).

$ecg = pwav + qrs wav + twav + swav + qwav + uwav;$

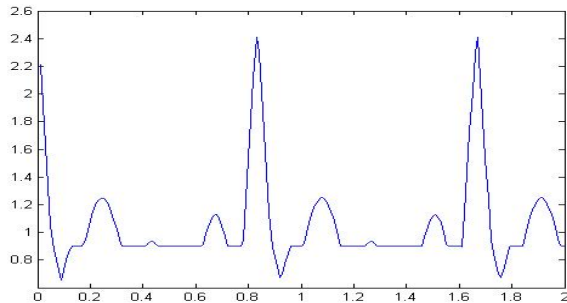


Figura 3. Simulación de la señal de ECG.

Se toma la forma de onda QRS como el centro de uno y todos los desplazamientos se llevan a cabo con respecto a esta parte de la señal. Ahora se describe a través de la realización de los cálculos de la función para lograr la onda QRS.

E. Procesamiento de la señal de Electrocardiograma.

En los sistemas dedicados al procesamiento de la señal de ECG, una parte imprescindible es la clasificación de los latidos cardiacos. La detección de latidos anormales permite la clasificación de arritmias y, en los sistemas para el análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco, permite descartar en las mediciones a los latidos que no sean generados de forma normal (7). El comportamiento de los algoritmos de clasificación de latidos es por tanto un elemento esencial para la precisión en los diagnósticos que se deriven del análisis de la señal ECG.

El algoritmo propuesto (Fig. 4) presenta un bloque de filtrado pasabanda, un bloque derivador, un bloque que eleva al cuadrado a la señal de salida del derivador, un integrador de ventana móvil y un bloque decisor para la detección de los picos R. El bloque pasabanda que se realizó está compuesto por filtros, un pasabajo y un pasoalto capaces de limpiar lo mejor posible la señal de ECG, estos filtros fueron explicados en el epígrafe anterior.

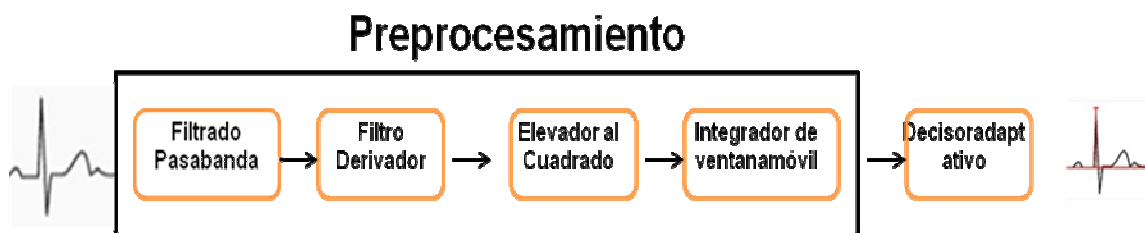


Fig. 4. Algoritmo de Tompkins.

El filtro derivador actúa como un filtro pasivo para altas frecuencias. El circuito actúa como una derivada. El circuito solo diferenciará el pulso de entrada si la constante de tiempo es pequeña comparada con anchura de la señal. En este algoritmo enfatiza las pendientes de la onda R.

El elevador al cuadrado se usa para acentuar las ondulaciones creadas con el filtrado pasobanda en las posiciones de los QRS y convertir todos los datos a valores positivos.

El integrador de ventana móvil promedia las grandes transiciones que se producen en la señal elevada al cuadrado ante la presencia de un QRS. Debido a que promedia las muestras de la entrada y por lo tanto suprime variaciones rápidas, esto le otorga características de filtro pasabajo.

El dispositivo de decisión adaptativo mediante umbrales produce un pulso en la posición del pico de la señal integrada si se considera que hay allí un QRS. A partir de estos puntos el algoritmo busca los dos extremos locales que rodean a cada uno de los extremos. El principio, consiste en buscar los valores más altos de la pendiente (extremos de x_6 dentro de la ventana definida). Estos valores se reagrupan por pares (máximo, mínimo o right) y (mínimo, máximo o left). Luego se busca en dichos pares el máximo valor que representa el valor de la onda R, de este se guarda tanto el valor como la ubicación, esto servirá para después calcular las distancias entre los intervalos RR.

F. Cálculo de la Frecuencia Cardíaca.

La frecuencia cardíaca es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo. Su medida se realiza en unas condiciones determinadas (reposo o actividad) y se expresa en latidos por minutos (lpm).

En el proyecto una vez calculado la cantidad de latidos (longitud de la variable R_loc), se calcula la frecuencia de latidos por minuto que no es más que la cantidad de latidos entre el tiempo que se adquiere la señal, todo esto por 60.

G. El simulador de la señal de ECG a través de Matlab.

El objetivo del simulador de señales de ECG es producir las típicas formas de onda de ECG y el mayor número de arritmias como sea posible. El uso de un simulador tiene muchas ventajas en la simulación de formas de onda de ECG. El primero es el ahorro de tiempo y la otra es la eliminación de las dificultades de tomar señales reales de ECG con métodos invasivos y no invasivos. Este proyecto fue creado en el GUIDE de Matlab. Las interfaces gráficas de usuario (GUI-Graphical User), es la forma en que el usuario interactúa con el programa o el sistema operativo de una computadora. Una GUI contiene diferentes elementos gráficos tales como botones, campos de texto, menús, gráficos, etc.

La etapa de simulación cuenta de 4 elementos (Fig. 5):

- Botón “Graficar ECG” para graficar la señal de ECG.
- Botón “Cambiar Parámetros” para activar el panel donde el usuario puede cambiar los parámetros de la señal de ECG.
- Panel donde se visualiza la señal de ECG generada.
- Panel “Características de ECG”, este permite cambiar todos los parámetros de la señal de ECG

Aquí el usuario puede además introducir ruido (en este caso en ruido blanco gaussiano o sea ruido en todo las componentes de frecuencia, además que posee una amplitud máxima de 0.1mV) a la señal de ECG. En él, también el usuario puede introducir el tiempo que desea que tenga la señal de ECG a construir.

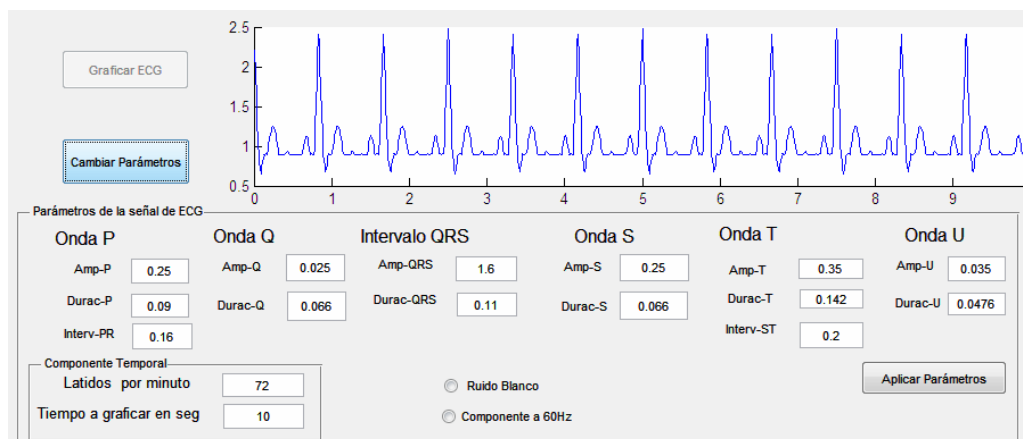


Fig. 5. Etapa de simulación de las señales de ECG en el simulador.

Con la etapa de simulación el usuario puede generar cualquier anomalía en la señal de ECG, siendo útil esto ya que se puede ver como se comporta la señal ante cualquier cambio sea de amplitud como de tiempo.

H. Descripción de la etapa de procesamiento de la señal de ECG simulada.

La etapa de procesamiento es muy importante ya que es la encargada de mostrar todos los resultados que se pueden extraer de la señal de ECG simulada. Esta etapa (Fig. 6) está compuesta por 5 elementos:

- Los botones “Filtro DC”, “LPF” y “HPF” tiene la función de limpiar lo más posible la señal de ECG de cualquier tipo de ruido que puede ser simulado o por el propio proceso de creación de la señal.
- Botón “Cálculo de R”, este botón es el encargado de realizar la detección de las ondas R, aquí está incluido todo el algoritmo de detección de la onda R que se describió, por lo que servirá de base para el cálculo de todas las características que se pueden sacar de determinar donde se encuentran las ondas R en una señal de ECG.
- Panel “Características Calculadas”, aquí se muestran todo lo relacionado al cálculo de las ondas R. Se muestra la frecuencia cardiaca, además de un mensaje que clasifica si existe si hay presencia de una arritmia o es un ritmo normal. También se muestra la duración del intervalo QT, donde el usuario puede clasificarlo entre largo o corto. Por último se muestra una media de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la cual no se muestra completamente ya que es un vector de que guarda la duración de los intervalos RR y depende grandemente del tiempo que se procese la señal de ECG.

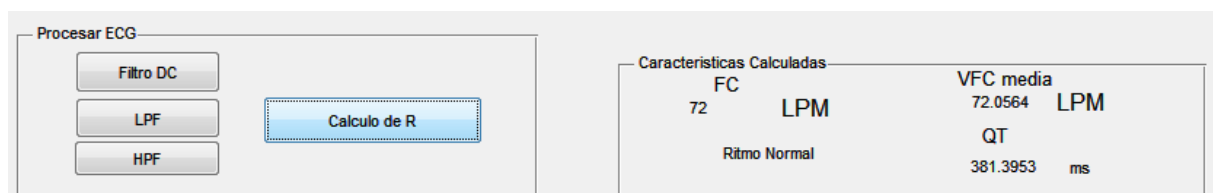


Fig. 6. Etapa de procesamiento de la señal de ECG simulada.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos responden al objetivo de la investigación y lograron cumplir con este, ya que se implementa un simulador de señales de ECG capaz de detectar gran números de anomalías (arritmias) en la señal simulada. En dependencia de la forma de la señal de ECG que se desee simular se debe escoger un simulador que tenga en cuenta todas las características para lograr una señal lo más real posible. Para el reconocimiento de arritmias cardíacas se debe escoger un algoritmo sencillo y robusto en el cual se obtengan resultados lo más acorde a los realizados por instrumentos ya validados. El algoritmo de Tompkins es un método basado en el filtrado de la señal de ECG por lo que es robusto y muy sencillo de implementar. Cuando se realice un reconocimiento de anomalías en la señal de ECG se debe tener en cuenta la naturaleza de señal, la influencia del ruido y la calidad de los filtros implementados.

REFERENCIAS

1. Hernández, Y. Chailloux, J. Busoch, C. Nuevo sistema de bajo costo para adquisición y acondicionamiento de señales electrocardiográficas. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (ISPJAE). Cuba. 2009.
2. Huamaní Navarrete, Pedro. Reconocimiento de arritmias cardiacas en señales de ECG. Lima. Perú. 2009.
3. Chapman, Stephen. Matlab Programming for Engineers, Second Edition. 2000.
4. Pan, J. Tompkins, W. J. “A real-time QRS detection algorithm”. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. BME-32, pp. 230-236. 1985.
5. Tompkins, W. J. “Biomedical Digital Signal Processing.” Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. EEUU. 1993.
6. Jiménez Gómez, John. Palacios Barco, Juan Carlos Potosí Moreno, Manuel Alejandro. Electrocardiógrafo de tres derivaciones con comunicación inalámbrica. Universidad Santiago de Cali. Colombia. 2011.
7. Solem K. y otros, “Handling of Ectopic Beats in Heart Rate Variability Analysis using the Heart Timing Signal”, Xth Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering (MEDICOM2004), Ischia, Ago. 2004.