Uso de la Transformada Wavelet para detección de complejo QRS en electrocardiogramas

Nicolás García

Estudiante de Ingeniería en Sistemas de Computación
Universidad Nacional del Sur, Avda. Alem 1253, B8000CPB Bahía Blanca, Argentina
Nicoalbo90@gmail.com
Marzo 2014

Resumen: En esta nota de aplicación se muestra un método de detección del complejo QRS en electrocardiogramas basado en la transformada wavelet. Cuenta con una introducción a los electrocardiogramas, luego se desarrolla la teoría de Wavelets y por último se muestran el procedimiento y los resultados de la aplicación en Matlab del procedimiento de detección.

Palabras clave: transformada wavelet, electrocardiograma, complejo QRS, DWT.

I. INTRODUCCIÓN

A la hora de medir el comportamiento del corazón humano, una de las herramientas más utilizadas es el electrocardiograma (ECG). Esta herramienta provee una señal de la actividad eléctrica del corazón, a través de la que se pueden obtener datos relevantes para el diagnóstico de anomalías cardíacas.

En el electrocardiograma se pueden observar ondas que representan un latido del corazón. Dichas ondas están formadas por otras ondas más pequeñas como se puede observar en la Figura 1.

Uno de los métodos más utilizados para analizar la señal era el de la transformada de Fourier, pero su naturaleza de energía infinita, no permite identificar correctamente variaciones abruptas y no periódicas en la señal, como es el caso de los latidos en un ECG. Utilizando la transformada wavelet se saca provecho de su propiedad de localidad y energía finita, y se obtiene una representación en tiempo y frecuencia de la señal, que facilita la eliminación de ruidos.

Este artículo tiene como objetivo presentar y aplicar un método para la detección de determinadas características del ECG como lo son el complejo QRS y sus componentes.

II. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

A. Señal ECG

En un electrocardiograma la primera onda que se observa es la onda P, que tiene una forma suave, representa la despolarización auricular del corazón y normalmente su duración es menor a 0.1 segundos. Luego tenemos un segmento plano de aproximadamente 0.1 a 0.2 segundos que antecede al conjunto de curvas de interés para esta nota de aplicación, el complejo QRS. En cuarto lugar se encuentra el segmento ST que es el intervalo durante el cual los ventrículos están despolarizados con una duración de aproximadamente 0.08 segundos. Por último tenemos dos ondas, la onda T y U, la primera representa la re polarización de los ventrículos y la segunda es normalmente imperceptible, y se la atribuye a ciertos iones en sangre.

El complejo QRS es el aspecto en que se enfoca esta nota de aplicación por lo que se lo describirá más detalladamente. El complejo corresponde a la despolarización de los ventrículos izquierdo y derecho y normalmente dura entre 0.06 a 0.1 segundos. Está formado por tres ondas como su nombre lo indica, la onda Q que es una onda de amplitud negativa, la onda R que es de amplitud positiva y mucho mayor a la onda Q y por último la onda S que tiene menor amplitud negativa, menor a la de la onda Q.

La detección del complejo QRS es de vital importancia para realizar el diagnóstico de anomalías cardiacas, por eso se buscan nuevos algoritmos y modelos matemáticos para su detección.

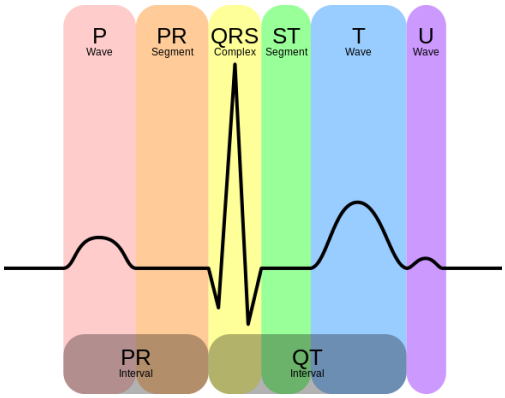

Figura 1. Ondas de un electrocardiograma.

B. Sobre Wavelet

Sea ψ una función suficientemente regular y bien localizada. Esta función ψ ∈ L 1 ∩ L 2, será llamada una wavelet si satisface la siguiente condición de admisibilidad en el dominio de frecuencia.

$$\int_{\mathbb{R}^+} \frac{|\upsilon(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega = \int_{\mathbb{R}^-} \frac{|\upsilon(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < +\infty$$

Donde υ indica la transformada de Fourier de ψ. Esta condición implica, en particular, que la integral sea 0.

La transformada de Wavelet es una representación de tiempo-escala que ha sido utilizada exitosamente en un gran número de aplicaciones, en particular en compresión de señales. Recientemente se empezó a utilizar en una gran cantidad de problemas relacionados a la electrocardiología. Esta transformada es una operación lineal que permite descomponer la señal en un conjunto de funciones básicas, estas funciones básicas son llamadas wavelets.

La transformada de Wavelet usa intervalos cortos de tiempo para analizar frecuencias altas e intervalos largos para analizar las frecuencias bajas. Gracias a esta propiedad los componentes de poca duración a altas frecuencias pueden ser observados correctamente. Una de las ventajas más importantes de la transformada Wavelet es que es capaz de descomponer señales en diferentes resoluciones, lo cual asegura mucha efectividad a la hora de analizar señales no estacionarias, como lo es un ECG.

Las Wavelets son obtenidas aplicando un factor de escala y de translación a una Wavelet madre base. Donde los parámetros a y b son elegidos de tal forma que $a=2^j$ y $b=k2^j$.

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a \in \mathbb{R}^+, b \in \mathbb{R}$$

a es el parámetro de dilatación y b el de corrimiento

La transformada de Wavelet de una señal f(t) es definida como la sumatoria en el tiempo de la señal, multiplicada por la versión de la función de Wavelet ψ(t) corrida y escalada.

$$\mathrm{W}(a,b) = \int_{\mathbb{R}} f(t)\, \overline{\psi_{a,b}(t)} dt$$

La transformada discreta de Wavelet (DWT) es suficiente para la reconstrucción de la señal original, ya que provee suficiente información y, además, ofrece una significante reducción del tiempo de computación. Si tenemos una señal discreta f(n) la definición de la DWT está dada por:

$$W(a,b) = C(j,\mathrm{k}) = \sum_{n\in\mathbb{Z}} f(n)\psi_{j,k}(n)$$

Donde $\psi_{j,k}$ es una Wavelet discreta definida como:

$$\psi_{j,k}(n) = 2^{\frac{j}{2}} \psi(2^{-j} n - k)$$

C. Aplicación

Para realizar la aplicación se utilizó el software MATLAB R2013a, con señales de ECG obtenidas de la base de datos de MIT-BIH [1].

En la señal de un ECG (Figura 2) se suele generar un desplazamiento de la línea de base y ruidos por interferencias de músculos, y otros órganos que no son objetivo de análisis. Por lo tanto, antes de intentar detectar el complejo QRS debemos corregir la línea de base y remover los ruidos.

Para remover la línea de base utilizamos dos filtros de mediana, aplicamos uno de 200ms de ancho para eliminar los complejos QRS, luego aplicamos uno de 600ms para eliminar la onda T, por ultimo le restamos el resultado filtrado a la señal original, y obtenemos la señal sin el desplazamiento de base.

El próximo paso es la reducción de ruido que se realiza mediante la Transformada Wavelet. La Wavelet que usamos es la wavelet Haar y realizamos la descomposición en tres niveles. Luego, para suavizar las descomposiciones, aplicamos la técnica de soft thresholding que consiste en generar puntos con amplitud intermedia entre dos puntos consecutivos muy distantes en amplitud, logrando así un suavizado de los picos de la señal como se ve en la Figura 3.

Para poder realizar la detección de los picos debemos reconstruir la señal anti-transformando las descomposiciones, y obtenemos una señal sin ruido ni desplazamiento.

El procedimiento de detección de picos consiste en detectar los picos R, que son los de mayor amplitud, por lo tanto más fáciles de detectar, y luego tomando una ventana de 30ms hacia derecha e izquierda del punto donde se encontró el pico R, obtener los dos puntos máximos de la señal invertida, que serían Q y S respectivamente. Los puntos del complejo QRS se pueden observar en detalle en la Figura 4.

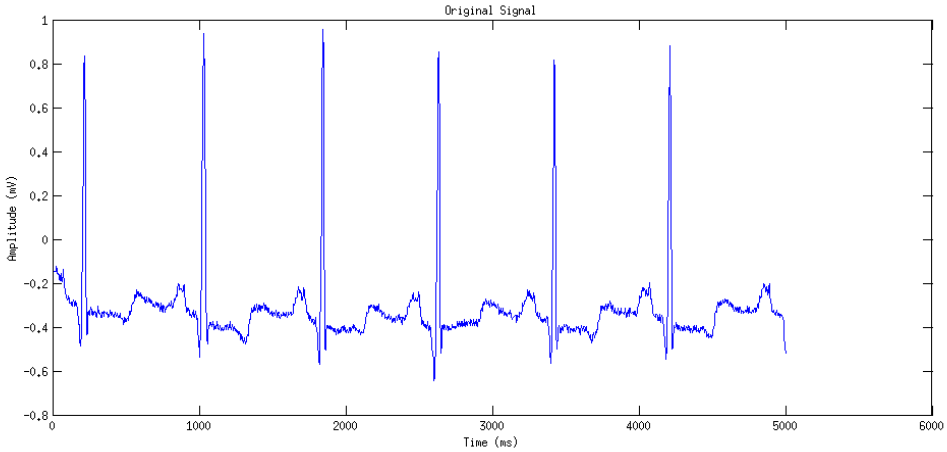

Figura 2. Señal original del ECG obtenido de la base de datos MIT-BIH.

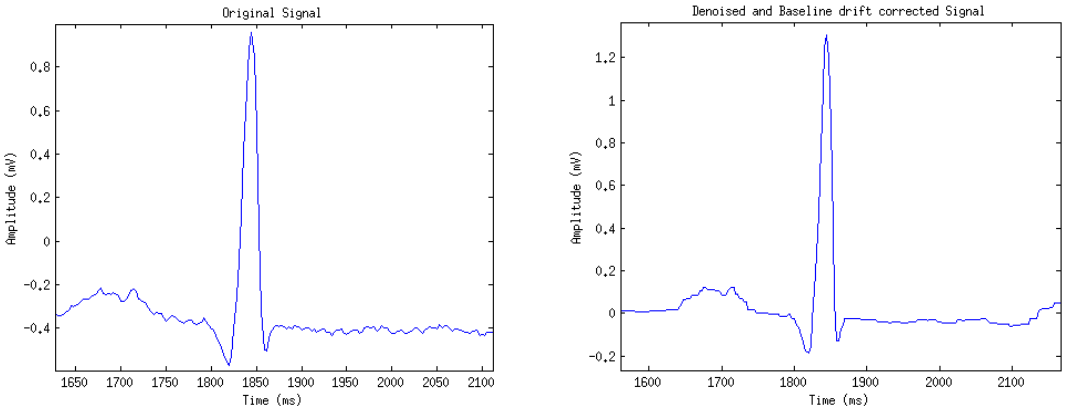

Figura 3. Comparación de la señal original con la que no posee ruido.

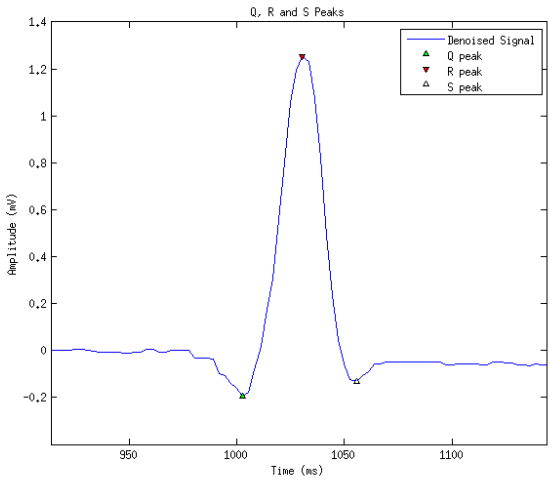

Figura 4. Grafico ampliado del complejo QRS.

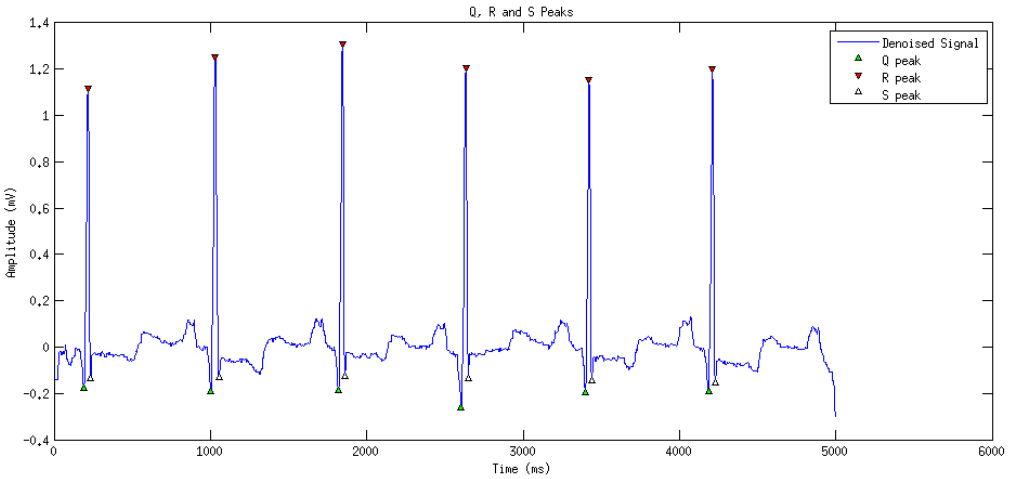

Figura 5. Señal completa con los puntos del complejo QRS indicados.

III. CONCLUSIONES

A partir de los resultados podemos concluir que el uso de la transformada wavelet nos permite detectar efectivamente el complejo QRS, ya que podemos reducir el ruido sin modificar la naturaleza de la señal.

En base a este desarrollo se podrían realizar diagnósticos automatizados de anomalías cardiacas. Para ello se debería incluir la detección de las ondas P y T y luego obtener la duración de los intervalos y la amplitud de las ondas para introducirlos en una red neuronal que determine si dichos datos de entrada poseen alguna anomalía.

REFERENCIAS

[1] MIT Arrhythmia Database, [internet], disponible en www.physionet.org/physiobank/database/mitdb

[2] Wikipedia, *La enciclopedia libre*, [internet], disponible en http://en.wikipedia.org/wiki, [acceso el 28 de febrero de 2014].

[3] Michel Misiti, Yves Misiti, George Oppenheim, Jean-Michel Poggi, *"Wavelets and Their Applications"*.

[4] Gaurav Jaswal, Rajan Parmar, Amit Kaul, "*QRS Detection using Wavelet Transform*", en IJEAT, Agosto 2012

[5] Sasikala, Wahidabanu, "*Robust R Peak and QRS detection in Electrocardiogram using Wavelet Transform"*, en IJACSA, Diciembre 2010