

Proyecto de Programación Científica 2017-II

Guía del Proyecto: Análisis de señales eléctricas del corazón con MATLAB

1. OBJETIVOS

- Importar datos de un electrocardiograma a MATLAB
- Estudiar métodos para obtener la frecuencia cardiaca a partir de una señal de ECG usando el tacograma
- Estudiar métodos para determinar arritmias cardiacas a partir de un análisis estadístico del tacograma
- Implementar un algoritmo que lea un ECG de un paciente e identifique la aparición de arritmias
- Implementar una interfaz gráfica que muestre la señal del ECG, el tacograma y la frecuencia cardiaca, y que indique la aparición de arritmias a medida que se van presentando.
- Realizar un reporte en formato IEEE usando la plantilla *2014_04_msw_usltr_format* que podrán encontrar en la carpeta “Proyecto” en Sicua.

2. PROCEDIMIENTO

2.1 Revisión bibliográfica

La idea de esta sección es que investigue la naturaleza de la actividad cardiaca, el electrocardiograma, la frecuencia cardiaca y las arritmias para poder sustentar su proyecto.

Tenga en cuenta las siguientes preguntas:

¿En qué consiste la actividad eléctrica del corazón? ¿Qué es un electrocardiograma? ¿Qué son las arritmias? ¿Qué tipos de arritmias hay? ¿Por qué es importante estudiarlas? ¿Cómo se pueden identificar arritmias dentro del ECG? ¿Qué es un Tacograma? ¿Qué es la frecuencia Cardiaca? ¿Cómo se puede medir? ¿Qué información relevante puede darnos? ¿Cómo se grafica?

2.2 Leer los datos del ECG en MATLAB y graficarlos

En la carpeta “Proyecto” en Sicua podrá encontrar los siguientes archivos:

- 6 electrocardiogramas en formato binario (.bin) de tipo ‘uint16’ (100-ECG.bin, 101-ECG.bin, 102-ECG.bin, 103-ECG.bin, 104-ECG.bin y 105-ECG.bin)

- 6 archivos .txt donde se encuentran los datos de ganancia y ZeroVal para cada ECG (100.txt, 101.txt, 102.txt, 103.txt, 104.txt, 105.txt)
- 6 archivos en formato binario (.bin) de tipo 'double' con los vectores de tiempo de cada ECG (100-Time.bin, 101-Time.bin, 102-Time.bin, 103-Time.bin, 104-Time.bin, 105-Time.bin).

Una vez haya revisado la carpeta e identificado los archivos mencionados arriba, debe desarrollar un script para abrir los archivos 10X-ECG.bin, 10X-Time.bin y 10X.txt (ganancia) en Matlab y así graficar las 5 señales.

Para graficar la señal del ECG tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los valores de la señal de ECG han sido digitalizados por lo que están en formato binario, así que deben convertirlos a valores numéricos.
- La señal de ECG ha sido convertida de análoga a digital, por lo que es necesario tratarla de nuevo para obtener sus valores numéricos en mV. Para lograr esto, debe restarle a cada valor del ECG la variable con el nombre 'ZeroVal' y luego dividir por la variable 'gain' que se encuentra en el archivo .txt.
- Grafique en el eje Y los valores del ECG y en el eje X el vector tiempo correspondiente al ECG que está analizando. Los datos de tiempo están en segundos, así que al vector no debe hacerle ninguna modificación.

2.3 Identificación de arritmias en el ECG, tacograma y frecuencia cardíaca offline

Para la identificación de arritmias en el ECG de cada paciente realice el siguiente procedimiento:

1. Identificar los picos de las ondas R del ECG (Ver Figura 1.A). Para esto, use la función *findpeaks* (documentéla si es necesario) con un umbral, según su criterio, que al ser superado va a indicar la presencia de un pico R. Tenga en cuenta que su umbral debe permitirle diferenciar entre las ondas P, R y T.
2. Determinar la diferencia de tiempo entre un pico y el anterior (Intervalo R-R en la Figura 1.A).
3. Graficar el tiempo de aparición de un pico R vs la diferencia de tiempos entre un pico y el anterior (R-R) como se muestra en la Figura 1.B. Tenga en cuenta que debe graficar a partir del segundo pico que encontró, ya que el primero no tiene pico anterior. Esta gráfica se llama tacograma y sirve para identificar de forma visual las arritmias. Defina

un criterio estadístico basado en la media y la desviación estandar que permita detectar las arritmias (Ver Figura 1.B)

4. Teniendo en cuenta los resultados del tacograma, señale los picos donde hay arritmias en la gráfica del ECG. Tenga en cuenta que con el tacograma ya sabe en qué tiempo ocurrieron las arritmias, así que en la gráfica del ECG ubique ese tiempo y marque el pico para indicar que hubo una.
5. Finalmente, grafique la frecuencia cardiaca instantánea para cada tiempo (Ver Figura 1.C)
6. Realice una interfaz gráfica en la que, primero, se pida al usuario que seleccione un archivo para realizar la detección. Después, la interfaz debe mostrar las tres gráficas explicadas anteriormente: 1. ECG con las arritmias indicadas, 2. Tacograma y 3. Frecuencia cardíaca instantánea. Puede usar el GUIDE de MATLAB o escribir el código usted mismo. Para guiarse un poco de esto consulte los protocolos de GUIDE o uiControl de MathWorks.

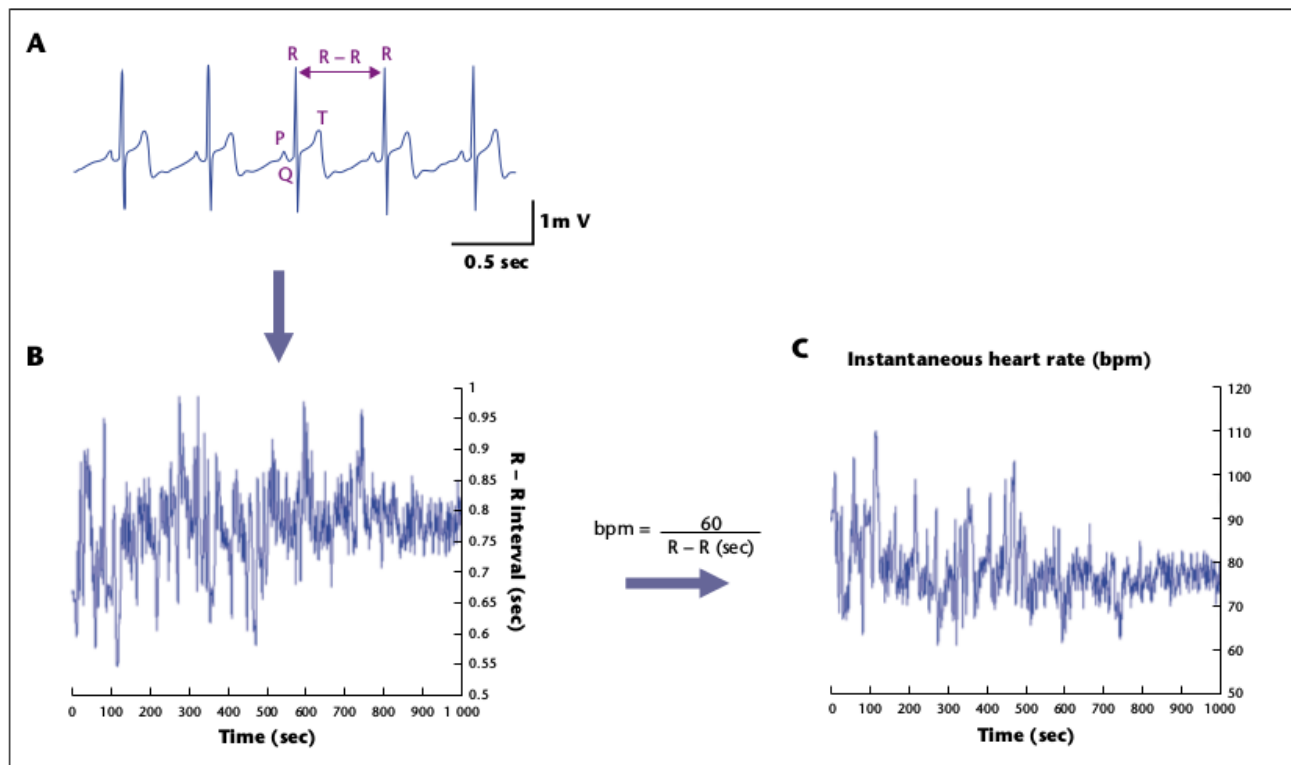


Figura 1. A) Señal ECG y sus diferentes partes. Se distinguen los picos R de mayor amplitud y corto tiempo en la señal de los T y P que se caracterizan por menor amplitud y más tiempo de duración. B) Tacograma de una señal de ECG. Al observar la gráfica los picos de mayor amplitud con respecto al valor medio de la desviación estándar de la señal corresponden a las arritmias. C) Grafica de frecuencia cardiaca.

2.4 Validación del sistema

Una vez que su sistema de detección está funcionando según sus criterios, debe comprobar que las arritmias detectadas son las verdaderas y debe establecer el porcentaje de rendimiento (exactitud) de su protocolo. Para esto, la base de datos en la que se proveen estas señales, facilita también un archivo con las anotaciones realizadas por dos expertos que indican el momento de la aparición de cada arritmia en cada señal. Esta base de datos la pueden hallar en Physionet como MIT-BIH Arrhythmia Database¹². Para cada señal 10X-ECG van a encontrar el archivo de anotaciones correspondientes.

Con base en esto, desarrolle un protocolo de validación, descríballo en el informe de manera detallada y exponga los resultados de su sistema de detección. Indique posibles argumentos de su rendimiento y cómo podría mejorarlo. Si es necesario, investigue en la literatura cómo puede hacer su protocolo de validación, cuáles son sus parámetros y qué medidas estadísticas usar para compararlo con las anotaciones.

2.5 (BONO: 1 Unidad) Identificación de arritmias en el ECG, tacograma y frecuencia cardíaca en tiempo real

En esta sección se pretende pasar la identificación realizada en el numeral 2.3 a un sistema en tiempo real que permita detectar las arritmias en un tiempo corto después de su aparición.

1. Modifica la interfaz gráfica desarrollada para que adquiera una señal en tiempo-real y permita su visualización, así como el tacograma y la frecuencia cardíaca instantánea, para cada intervalo de tiempo recibido y visualizado según algún criterio temporal definido.
2. Para el desarrollo del proyecto se proveen dos archivos de base que permiten enviar y recibir datos en tiempo-real los cuales se describen a continuación:
 - a. `f_RecTCPIPData.m` → Script que recibe y visualiza datos en tiempo real.
 - b. `f_SendTCPIPData.m` → Script que envía datos en tiempo real.

¹ Moody GB, Mark RG. The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database. IEEE Eng in Med and Biol 20(3):45-50 (May-June 2001). (PMID: 11446209)

² Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. Circulation 101(23):e215-e220 [Circulation Electronic Pages; <http://circ.ahajournals.org/content/101/23/e215.full>]; 2000 (June 13).

- Cada uno de estos scripts se debe ejecutar en sesiones individuales de MATLAB, asegurándose de correr primero el programa `f_RecTCPIPData.m` antes de `f_SendTCPIPData.m`.
 - El script `f_SendTCPIPData.m` permite enviar los 6 archivos con los que trabajaron en la sección 2.3.
 - Tenga en cuenta que la señal que recibe todavía no tiene el corrimiento para obtener los valores en mV. Use las indicaciones dadas arriba para obtener sus datos en el formato adecuado.
 - En el script `f_SendTCPIPData.m` se define el archivo que va a utilizar por lo que no deberá pedir al usuario la señal a leer (en comparación con el caso offline del numeral 2.3).
 - Tenga en cuenta que el script `f_SendTCPIPData.m` envía únicamente el archivo `10X-ECG.bin` por lo que deberá crear el vector de tiempo correspondiente a la señal en su script de análisis. Para esto, use la frecuencia de muestreo de la señal que es 360Hz (por cada segundo hay 360 datos).
3. Haga las modificaciones necesarias en el script `f_RecTCPIPData.m` para que, al iniciar la adquisición y visualización de la señal también se empiece el algoritmo de detección. Para esto tenga en cuenta:
- a. El procedimiento para la detección de arritmias es el mismo que hizo en el protocolo offline sólo que ahora trabaja con una señal más corta (menos datos).
 - b. Tenga en cuenta que debe definir un tiempo de análisis mínimo en el que asegure tener la cantidad de información necesaria para realizar la detección pero que le permita también hacer una detección en “tiempo real” (entre menos tiempo pase entre la arritmia y la detección más exacto va a ser su sistema).
 - c. Recuerde que sus datos y gráficas se deben actualizar en tiempo real (la visualización de la señal, del tacograma y la frecuencia no son estáticas, cambia con el mismo tiempo que usted definió para su análisis).

2.5 Informe

El informe del proyecto debe ser presentado en formato IEEE (mínimo 4 y máximo 6 páginas, tamaño de la fuente 11). Debe incluir:

- Título
- Resumen
- Introducción (Por qué es importante estudiar las señales eléctricas del corazón + Revisión bibliográfica)
- Metodología
- Resultados
- Análisis de resultados (resultados obtenidos vs esperados)
- Referencias
- Anexos (código de MATLAB)

El código debe ser un anexo del informe y estar comentado. Las figuras y tablas deben ser referidas en el texto.

3. Integrantes

El proyecto debe ser desarrollado en grupos de 2 estudiantes.

4. Fecha de entrega

El proyecto debe entregarse por SICUA a más tardar el 07 de diciembre de 2017 a las 12pm (mediodía). Deben entregar, en una carpeta comprimida, el informe y los archivos de MATLAB.

La carpeta debe llamarse ApellidoIntegrante1_ApellidoIntegrante2_Proyecto.

5. Evaluación del informe

Informe	60%
Funcionalidad	40%
Total	100%