

Proyecto 3: Implementación de Filtros Digitales en el Procesamiento de Señales ECG

Erika F. Gomez Cardenas ^{1,*}, Angie P. Triana Peñaloza ^{1,*}, Ana C. Mejía Agudelo ^{1,*}

¹Facultad de ingeniería, Universidad de Antioquia UdeA, calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

*erika.gomez-c@udea.edu.co, angiep.trianap@udea.edu.co, ana.mejiaa@udea.edu.co

1. Métodos de reducción de ruido

A continuación, se presentan los métodos de reducción de ruido utilizados en el artículo *Optimal Multi-Stage Arrhythmia Classification Approach* junto con su implementación en Python [1].

1.1 Robust LOESS (Suavizado de dispersión estimado localmente)

1.1.1 Descripción

LOESS es una técnica de regresión local que suaviza los datos ajustando múltiples regresiones locales, con mayor peso en puntos cercanos y menor en valores atípicos.

1.1.2 Implementación en Python

```
[208] import numpy as np
      from statsmodels.nonparametric.smoothers_lowess import lowess

      def robust_loess(x, y, frac=0.1):
          smoothed = lowess(y, x, frac=frac, it=3, delta=0.0, return_sorted=False)
          return smoothed
```

1.2 Non-Local Means (NLM)

1.2.1 Descripción

NLM reduce el ruido al promediar píxeles con vecindarios similares, tanto cercanos como lejanos, conservando bordes y textura.

1.2.2 Implementación en Python

```
[ ]
import cv2

def non_local_means(img, h=10, templateWindowSize=7, searchWindowSize=21):
    denoised_img = cv2.fastNlMeansDenoising(img, None, h, templateWindowSize, searchWindowSize)
    return denoised_img
```

2. Tipos de señales wavelet para el análisis de ECG

Comprender las diversas ondas y vectores normales de despolarización y repolarización en las señales ECG es muy importante para obtener información diagnóstica de utilidad. Los monitores de ECG modernos ofrecen múltiples filtros para el procesamiento de señales. En el modo diagnóstico, el filtro pasa altas se establece en 0.05 Hz, para registrar los segmentos ST con mayor precisión, y el filtro de paso bajo se establece en 40, 100 o 150 Hz, lo que permite capturar detalles finos de la señal, como las pequeñas variaciones de la actividad eléctrica del corazón, teniendo una señal ECG menos filtrada en comparación a la señal de un dispositivo en modo monitor. Esto se fundamenta en que con el monitor en modo diagnóstico se tiene como objetivo obtener una representación más precisa y detallada de la actividad eléctrica del corazón [2].

El objetivo de analizar con precisión una señal de ECG es importante en el contexto diagnóstico, ya que la extracción de características de las señales ECG permite localizar puntos específicos que podrían ser empleados para detectar posibles anomalías cardiovasculares.

La transformada de Wavelet (WT) es de interés para el análisis de señales no estacionarias, como lo son las señales biomédicas (para el caso específico del presente proyecto, señales ECG) al ofrecer una alternativa a la clásica Transformada de Fourier de tiempo corto (STFT) o la transformada de Gabor. La WT emplea ventanas cortas a altas frecuencias y ventanas largas a bajas frecuencias. La selección correcta de una función de base wavelet juega un papel importante en el rendimiento de la señal de ruido. Para el análisis de ECG, los tipos de señales Wavelet más implementadas son Daubechies, Symlet y Coiflet, siendo los dos primeros los más comunes. [2] [3] [4] [5] [6] [7].

De acuerdo a lo reportado en diferentes artículos, pese a que no se identifica un consenso respecto a cuál es el estándar, en varios de los artículos revisados se coincide en que los mejores resultados en filtrado se obtuvieron con los wavelets Daubechies, por su capacidad de capturar variaciones detalladas de los segmentos de la señal ECG, además de ser idóneo para aplicaciones donde se requiere de errores mínimos en la reconstrucción de las señales, procurando no eliminar características relevantes de la señal durante el filtrado. Dentro de la familia de wavelets Daubechies (dbN, donde $N \in \{1, 2, 3, 4\}$), se tienen diferentes wavelets clasificados de acuerdo al número de coeficientes [3]. Para las señales ECG, donde se desea captar con detalle las transiciones, es relevante seleccionar un Wavelet con una alta capacidad de suavizar las mismas debido a la necesidad de una resolución detallada. En un estudio de comparación sistemática entre 14 wavelets, se reportó el mejor desempeño para Daubechies-3. Por lo que se hicieron pruebas con diferentes niveles para este, seleccionando finalmente el nivel 2 como el más óptimo.

3. Referencias

[1] J. Zheng *et al.*, “Optimal Multi-Stage Arrhythmia Classification Approach”, *Scientific Rep.*, vol. 10, n.º 1, febrero de 2020. Accedido el 8 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59821-7>

- [2] G. Cornelia y R. R. Romulus, “ECG SIGNALS PROCESSING USING WAVELETS”, Univ. Oradea: Electron. Dept., Fac. Elect. Eng. Inf. Technol., Oradea, Romania, 2008. [En línea]. Disponible: https://www.emo.org.tr/ekler/c1cd7b4cdd34596_ek.pdf
- [3] C. Chen Chen y F. Rich Tsui, “Comparing different wavelet transforms on removing electrocardiogram baseline wanders and special trends”, *BMC Med. Inform. Decis. Making*, n.º 343, 2020. [En línea]. Disponible: <https://bmcmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12911-020-01349-x>
- [4] D. Zhang *et al.*, “An ECG Signal De-Noising Approach Based on Wavelet Energy and Sub-Band Smoothing Filter”, *Appl. Sci.*, vol. 9, n.º 22, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/22/4968>
- [5] J. Sørensen, L. Johannesen, U. Grove, K. Lundhus, J.-P. Couderc y C. Graff, “A Comparison of IIR and Wavelet Filtering for Noise Reduction of the ECG”, *Comput Cardiol*, pp. 489–492, 2010. [En línea]. Disponible: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3134259/>
- [6] J. Rodrigo González, R. López y Á. Jaramillo, “Wavelets in the analysis of EKG”, *Sci. Tech.*, vol. 20, n.º 3, 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84950585011.pdf>
- [7] “Las wavelets en el análisis de ECG”, *ResearchGate*, vol. 21, n.º 3, 2016. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/317796730_Las_wavelets_en_el_analisis_de_ECG