

Análisis de métodos para el reconocimiento de patrones en ECG

O. Gawron, N. González, F. Lage

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires - Argentina

Abstract— El presente trabajo tiene por objetivo analizar las herramientas existentes en el reconocimiento de patrones y evaluar su comportamiento para señales electro-cardiográficas (ECG). Dicho análisis permitirá realizar la implementación del procesamiento para un ECG isquémico.

El reconocimiento de patrones es una técnica por la cual a través de la observación de la realidad, se identifica al objeto (problema), extrayéndose información que permita distinguir propiedades y su vinculación. Esta metodología conlleva la definición acerca de cómo se clasificarán los objetos. En ese sentido se diferencia la selección de variables, la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada.

La detección de los eventos se realizará por medio de la búsqueda con patrones obtenidos de registros ECG típicos. Para la optimización de todos los procesos se utilizará el procesamiento paralelo.

Keywords— Reconocimiento de patrones, filtrado adaptativo, ECG, traza compleja.

I. INTRODUCCIÓN

EN el marco del proyecto “Procesamiento paralelo de señales electrocardiográficas aplicando traza compleja, para detección y clasificación de anomalías, por medio de patrones” (Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires) se ha logrado caracterizar a una señal de electrocardiograma canino a través de los atributos de la traza compleja [1].

El presente trabajo tiene por objetivo analizar las herramientas existentes en el reconocimiento de patrones y evaluar su comportamiento para señales electro-cardiográficas (ECG). El reconocimiento de patrones es una técnica por la cual a través de la observación de la realidad, se identifica al objeto (problema), extrayéndose información que permita distinguir propiedades y su vinculación.

II. MARCO TEÓRICO

El reconocimiento de patrones involucra diferentes etapas. Se comienza con la observación de la realidad e identificación de un sistema físico, continua con la definición de un sistema de medición, la obtención y validación de los datos y finaliza con la modelización matemática a través de un modelo de reconocimiento adecuado. Existen diferentes enfoques en lo que respecta al reconocimiento de patrones, donde podemos distinguir el reconocimiento estadístico, el reconocimiento sintáctico, las redes neuronales y el reconocimiento lógico-combinatorio de patrones.

El reconocimiento de patrones conlleva la definición acerca de cómo se clasificarán los objetos. En ese sentido se destaca la selección de variables. Dentro de la selección de variables se puede trabajar sobre las características más adecuadas para la clasificación y/o el procesamiento.

III. ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS

Correlación cruzada

El método de reconocimiento de un patrón por medio de la correlación cruzada es tal vez el más intuitivo, consta de comparar el grado de similitud existente entre dos señales. Puede verse como una convolución gráfica entre dos señales, la cual será mayor cuanto más área compartan éstas entre sí.

Para el caso del reconocimiento de una cardiopatía, una de las señales es la obtenida del ECG y la otra es la que contiene el patrón buscado, de esta forma se compara cada uno de los datos de entrada (cada pulso de la señal de ECG) con el patrón deseado (pulso que contiene la patología buscada), en el caso en que coincidan perfectamente los pulsos analizados, la correlación será máxima (100%) y en consecuencia se establecerá que el paciente posee la patología analizada.

Debido a que una correlación de un 100% es prácticamente imposible, se establece cierto umbral de detección por encima del cual se determina que el paciente posee la patología en estudio, este umbral generalmente se toma entre el 85% y el 95%.

Esta técnica analiza directamente la señal de ECG y no las características extraídas de la misma como sí lo hacen las otras técnicas.

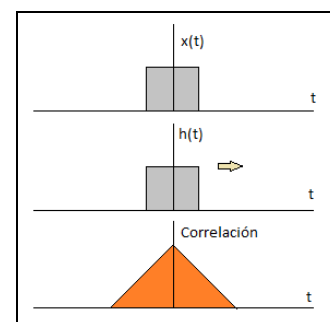


Figura 1 : Correlación de dos señales cuadradas

Como se puede ver en la *figura 1*, la correlación va a ser máxima cuando coincidan completamente las dos señales ($x(t)$ y $h(t)$).

Supongamos ahora que la señal $x(t)$ es la de ECG y la $h(t)$ es una señal tal que contenga la patología buscada, entonces cuando coincidan completamente la función de correlación será máxima, pudiendo detectar de esta manera la presencia de la patología buscada.

Esta técnica de búsqueda no se utiliza ya que no es confiable debido a que es difícil encontrar un patrón exacto para cada patología.

Redes Neuronales – Backpropagation

La utilización de redes neuronales, es hoy en día el método más utilizado para el reconocimiento de patologías a través del análisis de señales de ECG debido a su sencilla implementación, su rápida respuesta, y demás está decir, sus buenos resultados de campo.

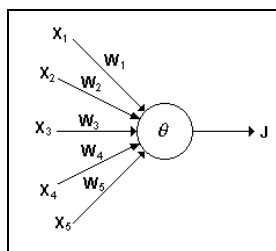


Figura 2 :Esquema básico de una red neuronal

El objetivo principal de una red neuronal es tener la capacidad de clasificar un dato de entrada, para lograr esto se deben encontrar los pesos (W) de la misma, y ello se hace realizando el entrenamiento de la red. Posteriormente se prueba la red con un conjunto de señales conocidas, recién cuando se supera la etapa de testeo la red está lista para utilizarse.

Para el entrenamiento y posterior evaluación de la red se precisan dos conjuntos de datos de entrada/salida (uno para entrenar y otro para evaluar, en el caso del proyecto en curso las entradas serán los atributos obtenidos de aplicar las ecuaciones de traza compleja (amplitud en cuadratura, envolvente, fase instantánea y ancho de banda instantáneo) y las salidas serán las diferentes patologías cardíacas.

Trabajos realizados:

Yüksel Ösbay y Bekir Karlik [2] propusieron el entrenamiento de redes neuronales para cada una de 10 arritmias cardíacas propuestas en su trabajo y posteriormente unieron alguna de estas redes entre sí buscando optimizar la detección de las

patologías, logrando un error del 4.3% en la detección individual y un 2.2% en la detección conjunta. Por su parte Hari Mohan Rai y Anurag Trivedi [3] propusieron en su trabajo la clasificación de las señales de ECG utilizando una red neuronal alimentada con los atributos extraídos con la transformada Wavelet. En ambos trabajos utilizaron el banco de datos del MIT-BIH [4]. YU Sheng chen, HU Ying, YU Gui xian, JIN Xu ling, ZHANG Li nang y SHAO Tie jun, en su trabajo [5] proponen una red neuronal del tipo Back Propagation (BP) mejorada con algoritmos genéticos para la detección de la onda T de la señal de ECG, logrando resultados de detección del 98%.

Algoritmos Genéticos

Esta técnica surge como analogía de la evolución del ser humano y parte de una “población” de “individuos” (cada uno con su genotipo, o conjunto de características) que evolucionan y van modificándose por medio de diferentes agentes (selección, mutación, cruce, etc), las características de los individuos, llevadas a un lenguaje informático no son más que un conjunto de variables, cada una con un determinado valor. En cada generación de individuos los que se adaptan mejor al ambiente, son los que tendrán mayor probabilidad de supervivencia, con lo cual generación a generación quedarán los más aptos. Una de las partes críticas en la utilización de los AG es la función de evaluación de aptitud (fitness function) la cual es la encargada de cuantificar qué tan apto es cada individuo para formar parte de la siguiente generación.

En la figura 3 se muestra el esquema básico al que responde la implementación de Algoritmos Genéticos.

Cabe destacar que el carácter probabilístico de los AG se encuentra precisamente en los agentes que modifican la población.

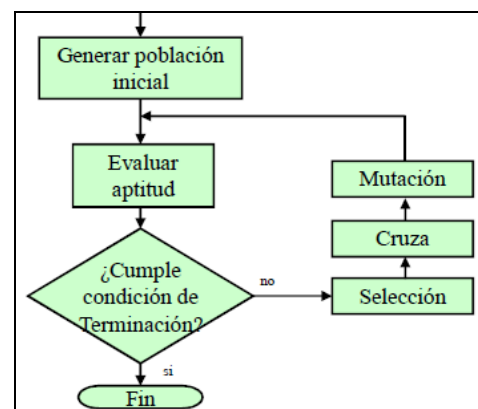


Figura 3 : Diagrama en bloques de la secuencia básica de los algoritmos genéticos

Trabajos realizados:

Como se mencionó con anterioridad, generalmente los trabajos en los que se utilizan algoritmos genéticos (AG) son aquellos en los que se necesita cierta optimización, esto se puede ver por ejemplo en el trabajo de Jalal A. Nasiri, Mahmoud Naghibzadeh, H. Sadoghi Yazdi, Bahram Naghibzadeh [7], quienes utilizan AG en conjunto con Máquinas de Soporte Vectorial (SVM), siendo la etapa de AG la encargada de mejorar el rendimiento en la generalización de los clasificadores de SVM. También se puede hacer mención al trabajo de YU Sheng chen [5] en el cual utilizan AG para optimizar la utilización de las redes neuronales implementadas.

Máquinas de soporte vectorial

Las Máquinas de soporte vectorial (SVM, siglas del inglés Support Vector Machine) son sistemas de aprendizaje que se entrenan utilizando un algoritmo basado en la teoría de la optimización. La clasificación de atributos mediante el método de SVM consta de encontrar una función capaz de separar (clasificar) datos de entrada. Mientras más mezclados estén los puntos de entrada, más compleja resultará la función a utilizar para su separación. Cuando no se logra encontrar una función que sea una combinación lineal (caso más usual) que separe los datos de entrada se realiza una transformación del espacio mediante un kernel, de esta forma una operación lineal en el espacio transformado es equivalente a una operación no lineal en el espacio sin transformar.

Trabajos realizados:

Aslı Uyar y Fikret Gürgeç [8] clasifican un conjunto de arritmias a través de señales de ECG con Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) y posteriormente presentan una comparación de la precisión de las SVM cuando se aplican diferentes kernels, la base de datos de arritmias utilizada en este trabajo es obtenida de la Universidad de California (UCI) [9]. Narendra Kohli, Nishchal K. Verma¹, and Abhishek Roy [10] comparan tres métodos SVM (uno-contra-uno, uno-contra-todos y funciones de decisión difusa) utilizados para detectar arritmias cardíacas.

Control Difuso

La lógica difusa hace mención a un método en el que los límites entre variables son borrosos, es decir la variación es gradual, debido a esto se obtiene una respuesta más suave.

El control difuso utiliza para la toma de decisiones a los sistemas basados en reglas (un ejemplo típico de una regla sería: “Si se cumple la *condición 1* y se cumple la *condición 2*, entonces realizar la *acción X*”) y para la evaluación de estas reglas se utiliza fuzzy logic (lógica difusa).

Con esta técnica se logran sistemas de control robustos, sencillos, económicos y de rápida implementación. Esta técnica precisa de un experto que aporte su conocimiento para establecer las reglas y el peso de cada una de éstas. [11]

Trabajos realizados

PhanAnhPhong y KieuQuangThien proponen un sistema fuzzyTSK tipo 2, para poder distinguir entre el ritmo normal (NSR), la fibrilación ventricular (VF) y la taquicardia ventricular (VT) [12].

Learning Vector Quantization (LVQ), Self-Organizing Maps (SOM)

LVQ es la técnica la cual está basada en los Mapas Auto-organizados (SOM).

Un *mapa auto-organizado* (SOM) es un tipo de red neuronal artificial, que a diferencia de la red Backpropagation, ésta es entrenada usando un tipo de aprendizaje no supervisado y se utiliza para discretizar el espacio de entrada, al que se lo llama mapa. A diferencia de otras redes neuronales, los SOM utilizan una función de vecindad para mantener la topología del espacio de entrada.

La idea básica del SOM es que ciertas partes de la red reaccionen de igual forma a ciertos estímulos de entrada. Algunas de sus ventajas son:

- Entrenamiento no supervisado.
- No precisa pares de entrada/salida, tan solo patrones de entrada.
- Simplemente se autoorganiza de forma autónoma para adaptarse lo mejor posible a los datos.
- Utilizados en el entrenamiento.

Trabajos realizados

M.H. Baig, A. Rasool, M.I. Bhatti utilizan los métodos de LQV y de SOM para la clasificación de un electrocardiograma (ECG) en el reconocimiento de arritmias [13].

Filtrado adaptativo

Podemos definir un filtro digital como el proceso computacional mediante el cual una señal digital (conjunto de muestras) es transformada o alterada en su contenido frecuencial a fin de obtener ciertas características en particular. En el caso del filtrado adaptativo se busca modelizar la relación entre señales en tiempo real de forma iterativa. Este tipo de filtros se diferencia de los filtros digitales ya que sus coeficientes pueden variar en el tiempo de acuerdo a un algoritmo.

Dentro de los algoritmos adaptativos se encuentran lo de máxima pendiente, LMS (Least Mean Square), RLS (Recursive Least Square) y filtro de Kalman.

Trabajos realizados:

En función de remover la frecuencia de línea presente en la señal de ECG y resaltar las componentes de interés, Rehman y Kumar realizan una comparación de diferentes filtros adaptativos [15] implementando NLMS (normalize LMS). En la misma línea de trabajo Ju-Won Lee analiza en su trabajo [16] la influencia del ruido en la detección de los puntos Q y P. En ese sentido implementa un filtro LMS con estructura dinámica. Debido a la influencia de la frecuencia de red en la adquisición de señales biológicas, Chandrakar y Kowar [17] implementan un filtro RLS a fin de disminuir el nivel de ruido de línea y realizan una comparación de acuerdo a diferentes tipos de ruido en la señal de entrada.

IV. CONCLUSIONES

Se han analizado diferentes métodos para la clasificación de patologías mediante la observación de la señal de ECG. LVQ y SOM derivan de redes neuronales artificiales, por lo cual tanto las redes Backpropagation como LVQ y SOM tienen los mismos principios teóricos. AG se utiliza generalmente para optimizar cierta característica de otro método de clasificación.

Puede observarse en el trabajo de Václav Chudacek [14] el método de RNA Backpropagation tiene una precisión en la detección superior al 93%. Por otro lado en el trabajo presentado por YU Sheng chen [5] se obtiene una red de este tipo con una precisión del 98%. Si bien existen métodos con los que se obtiene mayor precisión, éstos son más complejos de implementar y requieren de un mayor poder de procesamiento. Se concluye entonces que por su simplicidad, rápida aplicación y los buenos resultados obtenidos en los trabajos de colegas, es que se opta por aplicar el método de RNA Backpropagation para la siguiente etapa del proyecto, siendo factible además la realización de una comparación con otro método así como también la optimización de la red Backpropagation mediante la implementación de AG.

V. TRABAJOS A FUTURO

Como trabajos futuros, en el marco del presente proyecto se utilizará la traza compleja a fin de poder resaltar eventos en los datos provenientes de los electrocardiogramas (ECG) que puedan ser posteriormente asociados con enfermedades del corazón, es decir cardiopatías, de compleja detección con solamente un ECG.

La detección de los eventos se realizará por medio de la búsqueda con patrones obtenidos de registros ECG típicos.

A su vez, se encuentra en desarrollo un algoritmo que implementa filtrado adaptativo para mejorar la correlación de la distintas componentes de la traza compleja.

Para la optimización de todos los procesos se utilizará el procesamiento paralelo.

VI. REFERENCIAS

- [1] Lage, Murana, Gawron, Cataldi. Nuevos atributos de la traza compleja. XIII Safety, Health and Environment World Congress – SHEWC'2013
- [2] Yüksel Ösbay, Bekir Karlik, - A recognition of ECG arrhythmias using artificial neural networks – 2001 Proceedings of the 23rd Annual EMBS International Conference.
- [3] Hari Mohan Rai, Anurag Trivedi - ECG Signal Classification using Wavelet Transform and Back Propagation Neural Network – 2012 5th International Conference on Computers and Devices for Communications.
- [4] 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/cgi/content/full/101/23/e215>];2000 (June 13).
- [5] YU Sheng chen, HU Ying, YU Gui xian, JIN Xu ling, ZHANG Li nang y SHAO Tie jun, - ECG T Wave Detector Based on Neural Network Improved by Genetic Algorithms - 2010 Second WRI Global Congress on Intelligent Systems.
- [6] Juan Carlos Gómez, Claudio Verrastro, Rodrigo Alcobarro. "Introducción a los algoritmos genéticos y sus aplicaciones", Grupo de Inteligencia Artificial y Robótica. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
- [7] Jalal A. Nasiri, Mahmoud Naghibzadeh, H. Sadoghi Yazdi, Bahram Naghibzadeh. ECG Arrhythmia Classification with Support Vector Machines and Genetic Algorithm. 2009 Third UKSim European Symposium on Computer Modeling and Simulation.
- [8] Asli Uyar, Fikret Gürgen - Arrhythmia Classification Using Serial Fusion of Support Vector Machines and Logistic Regression - IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. 6-8 September 2007, Dortmund, Germany.
- [9] University of California at Irvine (UCI) Machine Learning Repository <http://archive.ics.uci.edu/ml/index.html>.
- [10] Narendra Kohli, Nishchal K. Verma, and Abhishek Roy - SVM based Methods for Arrhythmia Classification in ECG - Int'l Conf. on Computer & Communication Technology –
- [11] Ing. Juan Carlos Gómez. - Fuzzy Control - Grupo de Inteligencia Artificial y Robótica, Universidad Tecnológica Nacional – FRBA, Instituto Nacional de Tecnología Industrial – Electrónica.
- [12] Phan Anh Phong, Kieu Quang Thien - Classification of Cardiac Arrhythmias Using Interval Type-2 TSK Fuzzy System - 2009 International Conference on Knowledge and Systems Engineering –
- [13] M.H. Baig, A. Rasool, M.I. Bhatti - Classification of electrocardiogram using SOM, LVQ and Beat detection methods in localization of cardiac arrhythmias. - 2001 Proceedings of the 23rd Annual EMBS International Conference, October 25-28, Istanbul, Turkey.
- [14] Václav Chudáček, Milan Petrik, George Georgoulas, Miroslav Čepék, Lenka Lhotská, Chrysostomos Stylios - Comparison of seven approaches for holter ECG clustering and classification - Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Cité Internationale, Lyon, France, August 23-26, 2007.
- [15] Syed Ateequr Rehman, R.Ranjith Kumar. "Performance Comparison of Adaptive Filter Algorithms for ECG Signal Enhancement". *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*. Vol. 1, Issue 2, April 2012. ISSN 2278 – 1021
- [16] Ju-Won Lee, Gun-Ki Lee. Design of an Adaptive Filter with a Dynamic Structure for ECG Signal Processing. *International Journal of Control, Automation, and Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 137-142, March 2005
- [17] Chinmay Chandrakar, M.K. Kowar. "Denoising ECG signals using adaptive filter algorithm". *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*. ISSN: 2231-2307, Volume-2, Issue-1, March 2012