

Sistema de diagnóstico para el procesamiento de señales biomédicas con redes neuronales artificiales.

Diagnostic system for the processing of biomedical signals with artificial neural networks.

Luis Esteban Fortanel Hernández (1).
Instituto Politécnico Nacional.
muse_upiita@hotmail.com.

Alejandro Medina Santiago* (2), Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes,
cidit@universidaddescartes.edu.mx.

Lorena del Rosario Rojas Nucamendi (3), Gobierno del Estado de Chiapas, lorenarojas@mexicoled.com.

Galdino Belizario Nango Solís (4), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México.
gbnango@ittg.edu.mx

Arturo Cisneros Gómez (5), Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes,
acisneros@universidaddescartes.edu.mx

*corresponding author.

Artículo recibido en marzo 25, 2019; aceptado en abril 11, 2019.

Resumen.

El desarrollo de un sistema para el procesamiento de señales biomédicas para salud de un paciente basado por las mediciones de variables fisiológicas como ECG, ritmo cardíaco y temperatura corporal son analizados por sistema basado en redes neuronales artificiales para el diagnóstico de las señales biomédicas. El sistema permite obtener señal GPS, que mostrará la posición y velocidad del paciente, además de las variables ya mencionadas. Este sistema se complementa con una GUI diseñada en Matlab donde el diagnóstico del paciente es llevado a cabo mediante el uso de redes neuronales y los resultados obtenidos se muestran. Además, se utiliza la comunicación Bluetooth lo que permite que el sistema se comunique con un dispositivo móvil, donde también se puede ver el diagnóstico. Finalmente, el sistema tiene la función de guardar los datos obtenidos del paciente en un archivo Excel. Esta matriz se está actualizando para almacenar los datos cada hora en que se usa el sistema.

Palabras clave: Señales biomédicas, Redes Neuronales Artificiales, Diagnóstico, pulso cardíaco, temperatura, gps.

Abstract.

The development of a system for processing biomedical signals for a patient's health based on measurements of physiological variables such as ECG, heart rate and body temperature are analyzed by a system based on artificial neural networks for the diagnosis of biomedical signals. The system allows obtaining GPS signal, which will show the position and speed of the patient, in addition to the variables already mentioned. This system is complemented with a GUI designed at Matlab where the diagnosis of the patient is carried out through the use of neural networks and the results obtained are shown. In addition, Bluetooth communication is used, which allows the system to communicate with a mobile device. where you can also see the diagnosis. Finally, the system has the function of

saving the data obtained from the patient in an Excel File. This matrix is being updated to store the data every hour the system is used.

Keywords: Biomedical signals, Artificial Neural Networks, Diagnosis, heart rate, temperature, gps.

1. Introducción.

La ingeniería siempre ha estado presente en el sector salud. El avance de la tecnología ha permitido desarrollar herramientas que ayudan a detectar y combatir enfermedades, disminuyendo así el número de casos mortales. No obstante, es necesario continuar desarrollando sistemas para ampliar el rango de detección de enfermedades, para hacer más eficientes los procesos y procedimientos efectuados por el instrumental médico actual o simplemente para disminuir el tiempo de respuesta al momento de realizar un diagnóstico.

El trabajo presenta la detección de una anomalía en la salud del paciente en estudio, realizando la adquisición de la temperatura corporal, ritmo cardíaco y ECG para determinar el diagnóstico en el menos tiempo posible. Actualmente se cuentan con dispositivos que toman la temperatura y ritmo cardíaco en menos de 30 segundos, pero este tipo de instrumentos solamente se encuentra en hospitales de grado 3. Típicamente el proceso desarrollado en el trabajo, les toma a los médicos entre 1 minuto y medio y 5 minutos con instrumentos básicos.

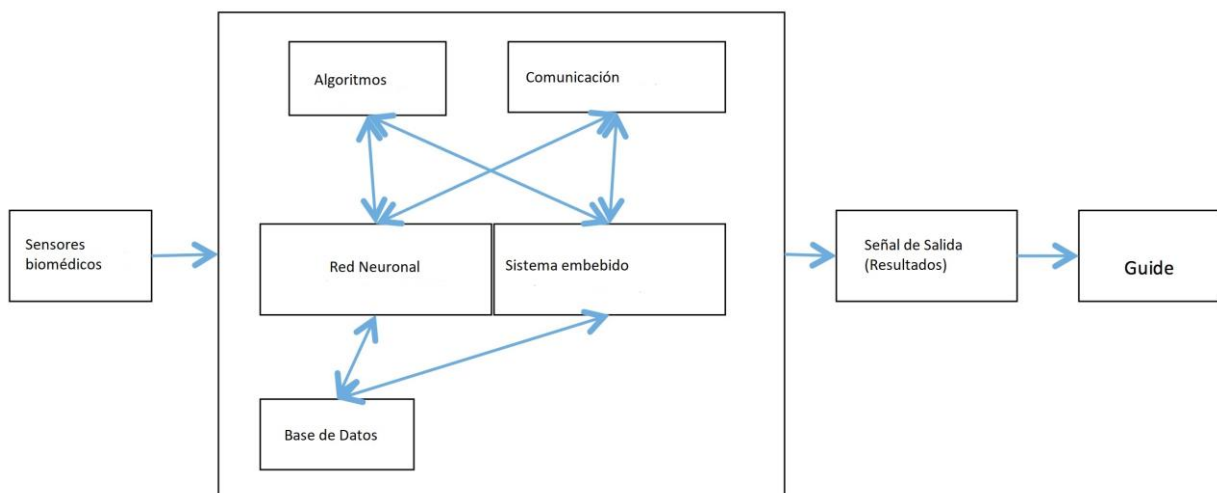


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema.

2. Metodología.

2.1 Adquisición de las señales biomédicas.

Para la obtención de las señales biomédicas se utilizaron los siguientes sensores:

Sensor de pulso: con este sensor se realizó la obtención rápida y limpia de la señal del ECG debido a que utiliza un sensor de frecuencia cardíaca óptico con amplificación con circuitos de cancelación de ruido, como se muestra en la figura 1.

Sensor de temperatura lylypad: es un pequeño sensor termistor (MCP9700) que se muestra en la figura 2, que detecta cambios físicos a través del calor corporal o condiciones ambientales (Sparkfun, 2017). Este sensor entrega una salida de 0.75 volts a 25° C e incrementos de 10mV por grado centígrado.

Polar heart rate sensor h1 (se muestra en la figura 2): sensor de frecuencia cardíaca con correa tectil (Polar, 2017). El heart rate monitor interface (HRMI) convierte la señal ECG transmitida por el polar heart rate monitor t31 (HRM) en datos de frecuencia cardíaca a través del protocolo de comunicación I2C. Éste implementa un sofisticado algoritmo para calcular una frecuencia cardíaca media, incluso con datos ruidosos o intermitentes desde el transmisor. Este sistema permite la medición del pulso de forma inalámbrica (Sparkfun, 2017).



Figura 2. Sensores: a) sensor de pulso, b) Polar heart rate, c) sensor de temperatura.

2.2 Procesamiento de señales.

El primer paso fue el desarrollo de la red neuronal que se encarga de realizar el diagnóstico del paciente en estudio. la red neuronal consta de 3 neuronas en su primera capa oculta y 6 neuronas en la capa de salida. Para determinar el comportamiento de la arquitectura neuronal (patrones de salida), se usaron 490 patrones de entrada con la finalidad de obtener un diagnóstico más exacto. Considerando que la señal de la temperatura contiene valores decimales se trabajó con una red neuronal de retropropagación para poder calcular y analizar los datos con una arquitectura 32-6.

Algoritmo 1. Código para entrenamiento de la arquitectura neuronal.

Inicio

Creación de la arquitectura neuronal con un entrenamiento supervisado y algoritmo de aprendizaje

Inicialización de pesos sinápticos y polarizaciones de las neuronas.

Definición del parámetro de error.

Entrenamiento de la arquitectura.

Simulación de la salida de la arquitectura neuronal.

Fin

El pseudocódigo anterior permite realizar entrenamiento de la red neuronal obteniendo en la salida los valores de pesos sinápticos y umbrales de las neuronas; los cuales se guardan en un archivo.mat para poder ser utilizados después, además de realizar una simulación con los 490 datos de patrón de entrada generando como resultado de la evaluación los valores calculados en el entrenamiento obteniendo resultados con una efectividad del 100%.

La figura 3, muestra los parámetros de entrenamiento de la red neuronal desarrollado en Matlab; para obtener el resultado esperado.

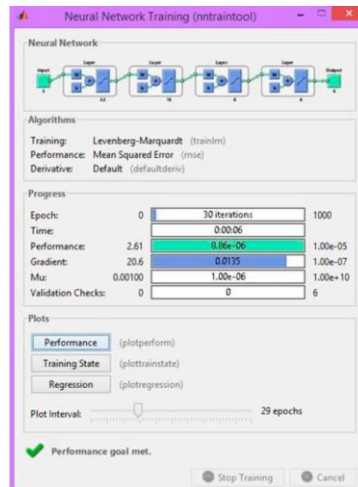


Figura 3. Entrenamiento de la red neuronal.

Después de realizar el entrenamiento de la red neuronal en Matlab, se desarrolló en Matlab programación para la obtención de datos que envía en sistema embebido a través del puerto serial. Para el caso de estudio se consideró una muestra de 300 datos de cada variable, es decir, un promedio de temperatura, ritmo cardíaco para utilizarlos como variables de entrada a la red neuronal y obtener el diagnóstico esperado.

Para el procesamiento del ECG se basó en un tipo de arritmia, la cual indica que la separación entre los picos más altos del ECG no debe tener grandes variaciones. El comando `findpeaks` permitió encontrar la localización de los picos de la señal del ECG, posteriormente se vuelve a ocupar el comando dando un rango de altura de los picos del que se obtuvo en la primera línea, con el fin de evitar la detección de los picos más pequeños.

Algoritmo 2. Código para obtener el diagnóstico del ECG.

```
[f c]=findspeaks(ecg);
[f2 c2]=findspeaks(ecg,'MinPeakHeight',max(f)-180);
for i=1:150
    x1(i)=x(i);
end
for i=1:150
    y1(i)=ecg(i);
end
plot(x1,y1)

for i=1:length(c2)-1
    ar(i)=c2(i+1)-c2(i);
end
```

Se utiliza un *for* para saber la distancia entre cada pico que se detectó guardando dichos valores en un nuevo vector del cual se extrae la moda, que es el valor que deberían de tener la separación de todos los picos. Sin embargo, esto no siempre pasa, ya que siempre hay variaciones, así que se hace una comparación de cada elemento del vector con la moda permitiendo una variación de ± 2 . Si el valor comparado tenía una variación mayor a la permitida se le suma un 1 a la variable *t*, para que al final, si la variable *t* es mayor al 50% de la longitud del vector que se está analizando indica que hay una posible arritmia cardíaca.

Algoritmo 3. Código para obtener el diagnóstico del ECG parte 2.

```

prom=sum(ar)/length(ar);
t=0;
for i=1:length(ar)
    if(ar(i)<moda-1 || ar(i)>moda+2)
        t=t+1;
    end
end
t;
if t>length(ar)*0.5
    disp('Posible arritmia cardíaca')
end

```

3. Desarrollo.

Para la visualización de los resultados se desarrolló e implementó una GUIDE en Matlab y una aplicación móvil para dispositivos Android. La diferencia entre ellas es que en la GUIDE se puede visualizar gráficamente el ECG además del diagnóstico obtenido, mientras que en la aplicación se observará solo el diagnóstico.

3.1 Aplicación móvil.

Es necesario que el sistema esté conectado a la computadora y solamente correr un archivo en el programa de Matlab. Después de 2 minutos y medio de la obtención de los datos y realizar la evaluación, el diagnóstico se manda a la aplicación vía Bluetooth. El diagnóstico generado por la aplicación se muestra en la figura 4.

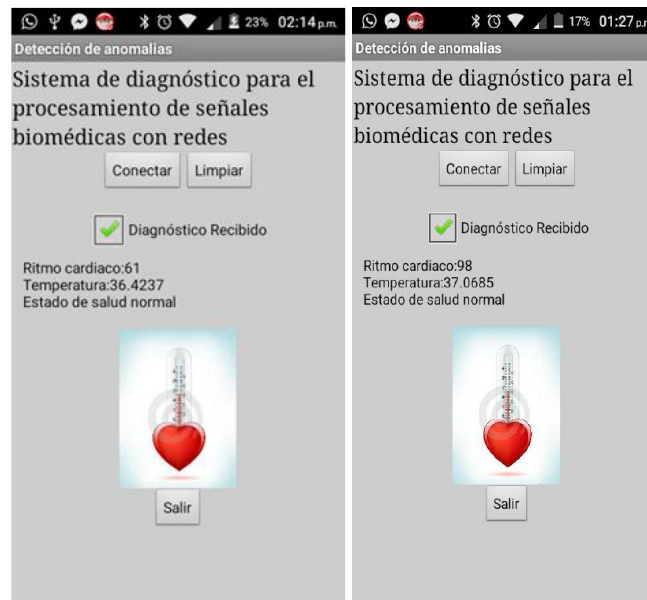


Figura 4. Diagnóstico mostrado en la aplicación móvil.

3.2 GUIDE en Matlab.

Para el diagnóstico con el GUIDE se corre el archivo de Matlab lo que hará que se visualice la ventana de la GUIDE diseñada e iniciar a realizar el cálculo que se requiere.

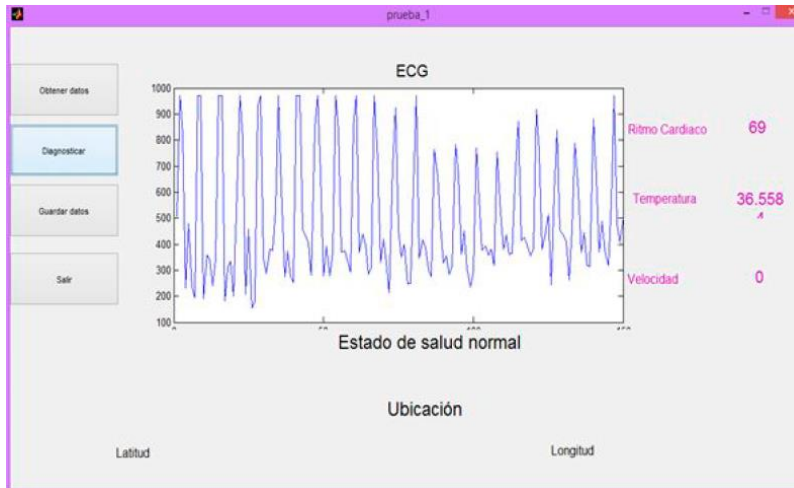


Figura 5. Resultados del diagnóstico obtenido por la GUIDE en Matlab.

En la figura 5 se puede observar a la izquierda los botones con las diferentes funciones que tiene la GUIDE, en el centro se puede observar la gráfica del ECG, y a la derecha los valores de las variables que se toman en cuenta para el diagnóstico.

Para el caso del GPS se obtienen los datos de la longitud y latitud que aparecen en la parte posterior de la GUIDE, para poder ser procesados y ubicados en una ventana adicional para la ubicación del paciente en tiempo real.

Conclusiones.

Se emplearon muchos patrones para entrenar la red neuronal disminuyendo la posibilidad de error, con ello hace más pequeño el rango de salida, haciendo el diagnóstico más preciso. Otro factor a considerar es buscar la comunicación con varios componentes a la vez, por medio de comunicación serial, es recomendable contar con un dispositivo que tenga suficientes puertos seriales. En este caso se utilizó un sistema embebido de mediano desempeño, logrando buen desempeño. Se puede concluir que contar con un sistema que obtiene las señales, las procese y realiza un diagnóstico en menos de tres minutos (para el caso de la App) ofrece una gran ventaja en la detección de anomalías en la salud, ya que este proceso realizado por un médico lleva por lo menos siete minutos. El resultado obtenido antecede en el desarrollo de tecnología que en un futuro pueda facilitar el trabajo de un médico a la hora del diagnóstico.

Agradecimientos.

Se agradece al alumno de programa delfín 2016 que participo activamente en este proyecto de investigación, así mismo las facilidades de la Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes para el espacio y material para el desarrollo del proyecto.

Referencias Bibliográficas.

Polar, «Sensor de frecuencia cardíaca H1,» S/f. [En línea]. Available: https://www.polar.com/mx-es/productos/accesorios/sensor_de_frecuencia_cardiaca_H1. [Último acceso: 31 julio 2017].

Sparkfun, S/f. [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/8777>. [Último acceso: 31 julio 2017].

Sparkfun, «Polar Heart Rate Monitor Interface,»2017. [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/retired/8661>. [Último acceso: 01 Agosto 2017].

Información de los autores.



Luis Esteban Fortanel Hernández, estudiante de Licenciatura en Mecatrónica del Instituto Politécnico Nacional.



Alejandro Medina Santiago, doctor en ingeniería eléctrica, Cinvestav-IPN, Universidad de ciencia y tecnología Descartes. Investigador.



Lorena del Rosario Rojas Nucamendi, Ingeniero en sistemas computacionales, Colegio de ingenieros en sistemas computacionales de Chiapas. *Gobierno del Estado de Chiapas*.



Galdino Belizario Nango Solís, Doctor en Desarrollo Tecnológico. Labora en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



Arturo Cisneros Gómez, Doctor en Desarrollo Tecnológico. Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes. Investigador.