

Sistema detector de Taquicardia Ventricular y envío de mensaje a celular

FABIAN ALBERTO LOZANO
Facultad de Ingeniería
Universidad Militar Nueva Granada
tigum@umng.edu.co

CESAR ROLANDO RONDON
Facultad de Ingeniería
Universidad Militar Nueva Granada
tigum@umng.edu.co

LEONARDO RAMÍREZ LÓPEZ
Facultad de Ingeniería
Universidad Militar Nueva Granada
leonardo.ramirez@umng.edu.co

Abstrac— This work was developed in the telemedicine investigation group, TIGUM, of the Military University Nueva Granada, specifically in the telemetry investigation group, GINKO; Cesar Rolando Rondon Zabala and Fabian Alberto Lozano Arciniegas are the investigation aides who develop this work. The main objective of this work is to design an electronic device as an accessory to the car, which allows to generate an alarm in case that the driver has a ventricular tachycardia and sending a message using a cellular phone to a specialist.

This project is focused to drivers with heart problems, which less happen at the moment and the thought place. The system is conformed by a cellular phone of last technology, a cardiograph and an interface of Bluetooth-cardiograph, which represents a very practical and economic solution in the society.

Palabras clave— Electrocardiograma, Arritmia, Taquicardia Ventricular, Bluetooth, API.

I. INTRODUCCIÓN

Según las estadísticas llevadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el mundo el 27.7% de las muertes es causado por enfermedades cardiacas, en Colombia se estima que las muertes por esa causa son de un 30% donde el 8% de estas son por muerte súbita originada por arritmias cardiacas. Las personas de edad avanzada son las más propensas a sufrir estos ataques, especialmente cuando se encuentran realizando actividades que generan alteraciones en su ritmo cardiaco. En Colombia, una de las actividades que genera más estrés en las personas es la conducción de vehículos automotores, debido al tráfico y a la imprudencia de los conductores. Esta puede ser una situación de alto riesgo para personas con afecciones cardiacas, ya que pueden estar propensos a sufrir una taquicardia ventricular y generar accidentes de transito de grandes proporciones.

El trabajo consistió en tomar una señal electrocardiográfica (ECG), la cual fue sometida a un proceso de digitalización mediante el uso de un microcontrolador (PIC). Para que en este mismo dispositivo se hiciera la detección de la taquicardia ventricular y se generara la alarma de emergencia cuando es necesario. Posteriormente, se procedió hacer

la conexión entre el microcontrolador y un modulo bluetooth que permite una comunicación directa con un teléfono móvil celular. Fue necesario elaborar un programa en el celular para que identificara la señal de emergencia emitida por el modulo bluetooth y que una vez recibida esta señal enviara automáticamente un mensaje de texto a un especialista o un familiar que le pudiera brindar pronta atención al usuario.

II. INFORMACIÓN DEL PROBLEMA A RESOLVER

Debido a los altos índices de muertes súbitas por taquicardia ventricular que ocurren en el país, en el grupo de investigación TIGUM surgió la necesidad de realizar un sistema detector de taquicardia ventricular ya que en Colombia no existe ninguna herramienta práctica y económica que pueda ayudar a detectar esta enfermedad antes de que sea demasiado tarde.

Esta investigación planteada por el grupo de investigación plantea el análisis de varios aspectos de ingeniería, como: el tratamiento a la señal ECG, eliminación del ruido, detección de la frecuencia cardiaca, umbralización, sistema de transmisión entre otros.

III. TEORIA

1) *Bioseñales:* Las bioseñales son el resultado de la conductividad eléctrica que se produce en el cuerpo debido al movimiento de iones. La adquisición de estas señales implica transformar esas corrientes de iones en corrientes eléctricas susceptibles de ser manejadas por la instrumentación electrónica. Algunos ejemplos de señales bioeléctricas son el electrocardiograma (ECG), electromiograma (EMG), electroencefalograma (EEG), electrooculograma (EOG), etc.

Las bioseñales como el ECG obtenidas por un circuito de adquisición, suelen ser relativamente complejos por el número de canales, el bajo ruido requerido, el número de elec-

trodos a conectar, etc. En el caso de la señal de ECG, el sensor es simplemente un contacto eléctrico pues la señal a medir es bioeléctrica. La señal obtenida es de muy baja amplitud (del orden de los milivoltios) y debe ser amplificada a valores susceptibles de ser manejados por un convertidor analógico/digital (voltios). La fase de amplificación analógica es crítica. El amplificador es un amplificador de instrumentación que introduce muy pocas distorsiones a la señal original. La componente de más baja frecuencia del ECG se corresponde con el RR más largo. Si asumimos una frecuencia cardíaca mínima de 30 latidos/min. \Rightarrow 0,5 Hz. Se recomienda un ancho de banda entre 0,05 y 100 Hz. Eso implica, por el teorema de Shannon que las frecuencias de adquisición aceptables están por encima de 200 Hz.

2) *Actividad eléctrica del corazón:* El corazón humano tiene un sistema de conducción compuesto por fibras de músculo cardíaco de tipo especializado en la transmisión de impulsos eléctricos. Aunque el corazón tiene estímulos por parte del sistema simpático, pero también late sin estímulo de este, ya que el sistema de conducción es autoexcitable. Es por esto que no tenemos control sobre los latidos de nuestro corazón. La actividad cardíaca del corazón es producida por el estímulo que se produce por el nodo sinusal el cual llega a través de los ventrículos por medio del sistema específico de conducción, cuando el estímulo llega a las células de Purkinje, se produce la excitación y contracción. Existen cuatro tipos de células que son estudiadas en la electrocardiografía:

- Células de actividad automática de tipo eléctrico: Las células de actividad automática producen pequeñas corrientes eléctricas a causa de los movimientos de los iones de potasio (K⁺) y Sodio (Na⁺), lo cual genera el potencial diastólico de reposo.
- Células de trabajo o acción contráctil: las células de trabajo se contraen dando paso a la fase sistólica.
- Células de tejido conectivo: Las corrientes de bajo potencial producen un flujo bidireccional en las paredes de las membranas de las células, reflejándose en la superficie del cuerpo, lo cual se conoce como electrocardiograma.
- Células de los vasos sanguíneos: Forman un conducto por el cual fluye la sangre de tal manera que pueda ser bombeada desde y hacia el corazón.

3) *Arritmia:* Conocidas también como disritmias o alteraciones del ritmo, son problemas en el ritmo del corazón. Las arritmias suelen ser una anomalía congénita del corazón. Otra causa de la presencia de esta anomalía en las personas, es que se puede desarrollar durante el curso natural de la vida del individuo. Una arritmia puede hacer que el ritmo cardíaco sea irregular, anormalmente rápido o anormalmente lento. Las arritmias pueden suceder a cualquier edad y es posible descubrirlas cuando un adolescente se realiza un examen médico.

Las arritmias pueden dividirse en dos categorías: ventriculares o supraventriculares. Las arritmias ventriculares suceden en las dos cavidades inferiores del corazón conoci-

das como ventrículos, mientras que las supraventriculares ocurren en las cavidades superiores del corazón conocidas como aurículas. Las arritmias también se pueden denominar según la frecuencia cardíaca, se denomina como bradicardia cuando las pulsaciones cardíacas son inferiores a 60 ppm y como taquicardia cuando el ritmo cardíaco es superior a 120 ppm.

4) *Taquicardia Ventricular:* La taquicardia ventricular es una pulsación cardíaca rápida que se inicia en los ventrículos y se caracteriza por 3 o más latidos ventriculares prematuros consecutivos.

La taquicardia ventricular es una interrupción potencialmente letal de los latidos cardíacos normales (arritmia) que puede ocasionar incapacidad del corazón para bombear la cantidad adecuada de flujo sanguíneo al cuerpo. La frecuencia cardíaca puede estar entre 160 y 240 cuando lo normal es de 60 a 100 latidos por minuto.

La taquicardia ventricular se puede presentar en ausencia de una enfermedad cardíaca aparente. También puede desarrollarse como una complicación temprana o tardía de un ataque cardíaco o durante el curso de una cardiomiopatía, una enfermedad cardíaca de la válvula, una miocarditis y después de una cirugía de corazón.

5) *Protocolo 802.15 Bluetooth:* Bluetooth se creó en los laboratorios Ericsson para aplicaciones tales como sustituir cables en equipos de comunicación. Se decidió que cualquier fabricante interesado debería poder acceder libremente a las especificaciones de Bluetooth, y se fueron sumando otras compañías. Actualmente participan en el SIG (Special Interest Group) de Bluetooth 3Com, Agere, Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia o Toshiba, entre otros. Existe un organismo que se encarga de validar los productos Bluetooth y de certificar que cumplen las especificaciones.

Es la norma que define un estándar de comunicación inalámbrica que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia. La tecnología Bluetooth es una especificación abierta y vanguardista con la que se pueden realizar conexiones inalámbricas de corto alcance entre ordenadores personales, portátiles o de mano, asistentes personales (PDAs), teléfonos móviles, móviles con cámara, impresoras, cámaras digitales, auriculares, teclados y ratones. La tecnología inalámbrica Bluetooth emplea una banda de frecuencia disponible en todo el mundo (2,4 GHz) para que funcione en cualquier punto del globo. En pocas palabras, la tecnología Bluetooth libera los sitios de trabajo de los insostenibles regueros de cables y facilita la conexión del PC con todos los periféricos a utilizar.

IV. DESARROLLO

Este proyecto se desarrollo en seis fases.

1) *FASE 1 Adquisición y acondicionamiento de la señal.*

Esta fase consta de dos pasos. En primer lugar la adquisición de la señal la cual es permitida gracias a un circuito de adquisición ECG desarrollado por el grupo de investigación TIGUM, este utiliza el amplificador instrumental AD620, tomando la señal a 3 derivadas método no invasivo. Este circuito entrega una señal de -0.5 v a 1.0 v.

El segundo paso, el acondicionamiento de la señal consta de un elevador de nivel. Este eleva la señal 1.5 v entregando la señal mostrada en la figura 1. Este paso se implemento con el fin de no perder datos en la conversión analoga digital hecha por el microcontrolador, pues este toma como valores limites de 0 a 5 v.

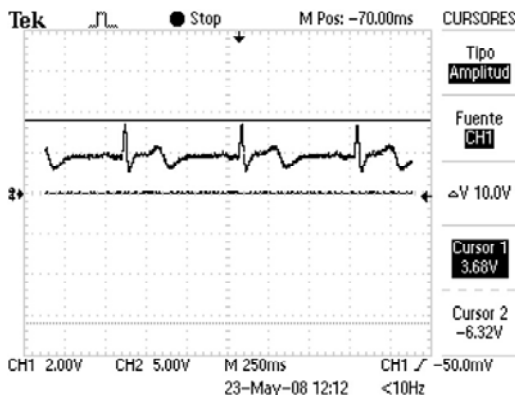


Fig. 1. Acondicionamiento de la señal

FASE 2 Detección del complejo QRS.

Esta fase es implementada un microcontrolador. El algoritmo utilizado toma un nivel de corte el cual únicamente es superado por el complejo QRS, aunque hay algoritmos mas potentes y robustos que puede detectar una gran cantidad de arritmias, se utilizo este para aprovecha las características del microcontrolador 16f863 como lo son la alimentación, el conversor A/D y principalmente por su tamaño ya que es uno de los requerimientos que se tuvieron en el diseño del proyecto.

Uno de los inconvenientes de este algoritmo es que la señal entregada por el circuito de adquisición es irregular, como lo muestra la figura 2 esto producía que el microcontrolador interpretara la presencia de una serie de complejos QRS cuando en realidad solo era el flanco de subida de uno.

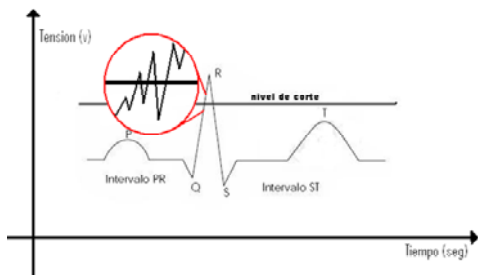


Fig. 2. Señal entregada por el circuito

Para solucionar este problema, se introdujo un retraso de 10 ms. justo después de detectar le primer complejo, así de esta manera se ignoran estas irregularidades.

2) FASE 3 Procesamiento de los complejos QRS.

En este punto ya se sabe en que momento ocurre un complejo QRS y por ende el tiempo (t_p) en el que transcurre una serie P de ellos. Así por regla de 3 podemos determinar la frecuencia cardiaca del usuario.

$$P \longrightarrow t_p \quad (1)$$

$$P_{pm} \longrightarrow 60seg$$

$$P_{pm} = f_{cardiaca} = \frac{P \cdot 60seg}{t_p}$$

El tamaño de muestra de complejos QRS es de 10 pulsos ya que se reduce el error por pulsos erróneos que puedo tomar el algoritmo. La formula utilizada para el cálculo del error es:

$$E\% = \frac{P_E}{P} \cdot 100\% \quad (2)$$

Donde P_e es el error que introducimos y P es el tamaño de la muestra. Así de esta manera tenemos un error del 10%.

$$E\% = \frac{1pul}{10pul} \cdot 100\% = 10\% \quad (3)$$

Cuando el usuario sobrepasa los 140 ppm se considera que es muy posible que este sufriendo una taquicardia ventricular, por esta razón, reemplazando la ecuación tenemos que cuando el tiempo de los 10 pulsos toma menos de 4.28 seg es tiempo para generar la alarma.

$$t_p = \frac{10pul \cdot 60seg}{140pul} = 4.28seg \quad (4)$$

2) FASE 4 Establecimiento de la conexión.

Este enlace se hace por medio del protocolo bluetooth. En el establecimiento de la conexión interactúan el módulo bluetooth PARANI ESD 200 y el teléfono celular, ambos programables. Este modelo toma como el maestro al modulo.

- **Desde el equipo móvil:** El teléfono celular es programado utilizando el lenguaje de programación java con su paquete de movilidad y el manejo del API jsr 82 que trae los método y procedimientos para enlaces bluetooth. En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo del programa.

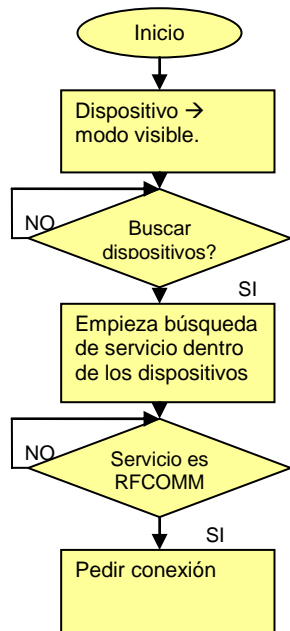


Fig. 3. Diagrama de flujo del programa

- **Desde el módulo Bluetooth:** Este módulo permite una interfaz USART-Bluetooth. Trabaja como maestro. El funcionamiento en el enlace se muestra en siguiente diagrama de flujo.

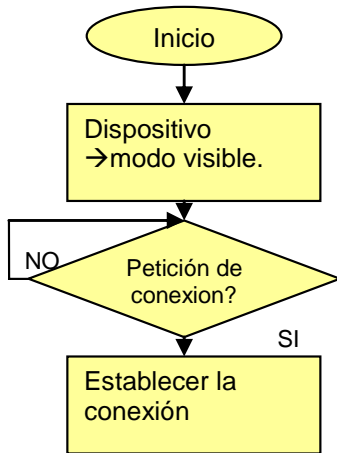


Fig. 4. Funcionamiento en el enlace

3) FASE 5. Generación de la trama.

Esta fase se desarrolla dentro del microcontrolador, la figura 5 muestra el diagrama de flujo. El dato que se genera es enviado por el puerto USART del microcontrolador el cual es pasado al módulo bluetooth y este lo transmite al celular.

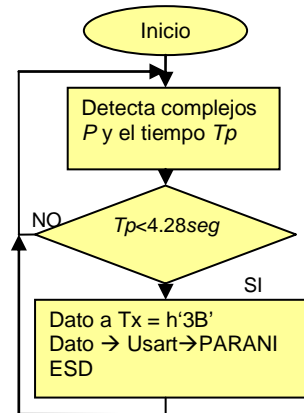


Fig. 5. Generación de la trama.

Como se indicó en la fase 3, cuando los complejos tardan menos de 4.28 seg., es hora de enviar la alarma.

4) FASE 6 Generación del SMS.

La última fase es la transmisión del sms. Esta fase se desarrolla programando el celular, utilizando el API jsr 120 que hacer referencia a la transmisión de mensajes de texto. La figura 6 muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa.

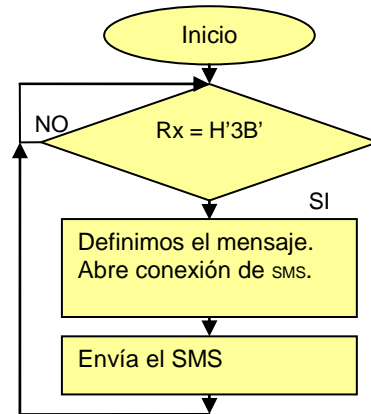


Fig. 6. Generación del SMS

Como se puede observar, el teléfono celular queda a la espera de que llegue la trama con el dato h'3B'. Cuando este dato llega el teléfono abre la conexión sms y envía el sms. El número del celular al que era dirigido por el equipo es definido por el usuario al comienzo de la aplicación.

El sms contiene el siguiente mensaje:

“Alarma, posible emergencia cardiaca”

V. CONCLUSIONES

- El complejo QRS es la característica más identificable de la señal ECG.

- Un ritmo cardiaco superior a 140 ppm. es una característica de la taquicardia ventricular muy importante, con la cual se logro la detección de esta arritmia.
- Cuando la frecuencia cardiaca de un paciente se encuentra en reposo y cambia súbitamente a niveles altos, el sistema detectara la arritmia en un tiempo que va desde 4.5 a 13.5 segundos.
- Una vez establecida la conexión entre el dispositivo y el teléfono celular, no hay forma de un dispositivo ajeno al sistema afecte este.
 - El dispositivo propuesto funciona de forma óptima.
 - Se participo en el VI encuentro regional de semilleros de investigación nodo Bogota Cundinamarca.
 - Participo en el XI encuentro nacional y V encuentro Internacional de semilleros de Investigación.

REFERENCIAS

- [1] Poblet, J.M., Introducción a la bioingeniería. 1988: Marcombo.
- [2] Carlos Villa, A. and M. Antonio, Desarrollo de algoritmos de medición de puntos significativos de amplitud y tiempo en los trazos ECG utilizando índices de fusividad.
- [3] Suárez, A., et al., Desarrollo de aplicaciones para el registro de señales biomédicas en tres capas. Memorias del VI Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería Habana, 2005.
- [4] OPPENHEIN V, Alan. Sistemas y Señales. Segunda Edicion. Prentice Hall. 1999.
- [5] TOMASI. Sistemas de comunicaciones Electrónicas. Cuarta Edicion. Prentice Hall. 2001.
- [6] NAUGHTON Patrick, SHILDT Herbert. JAVA manual de referencia. Osborne/McGraw-Hill. 2004.
- [7] Escuela Superior de Ingenieros Industriales de San Sebastián. Aprenda Java como si estuviera en primero. UNIVERSIDAD DE NAVARRA 2003.
- [8] Caicedo, H., et al., EQUIPO TRANSPORTABLE-BASADO EN DSP-PARA EL ALMACENAMIENTO Y ANÁLISIS DE SEÑALES BIOMÉDICAS. REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA, 2005. 37(2): p. 418
- [9] Quero, J.M., et al., CardioSmart: Sistema Inteligente de Monitorización Cardiológica Empleando GPRS. Revista IEEE América Latina, 2005. 3: p. 10-16.
- [10] Caggioli, M., et al., Sistema de adquisición, transmisión y análisis de señales de ECG. IFMBE PROCEEDINGS, 2008. 18(1): p. 493.
- [11] Dr. Pedro Iturralde Torres, ARRITMIAS CARDIACAS. 2002: Mc Graw Hill.