

Prototipo de un sistema de retroalimentación visual con monitoreo y trazabilidad aplicado a un maniquí de RCP Laerdal Resusci Anne.

Juan Felipe Cifuentes Agudelo ¹

Juan Pablo Navarrete Morales ²

[1] felipecifuentes@javerianacali.edu.co

[2] juan96@javerianacali.edu.co

Resumen

El propósito de este trabajo de grado es diseñar, implementar y evaluar un prototipo de sistema de retroalimentación visual para el estudiante de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad Javeriana Cali quien realiza la práctica de reanimación cardiopulmonar en un maniquí. El prototipo fue implementado con un microcontrolador ESP32 desarrollado por Espressif Systems con arquitectura de 32Bits. El sensor ultrasónico fue utilizado para estimar la profundidad, frecuencia y retroceso de las compresiones de pecho. Una interfaz gráfica pantalla TFT LCD ILI9341 fue utilizada para presentar al usuario indicadores acerca del estado de las variables del sistema profundidad, frecuencia y retroceso de las compresiones de pecho durante el ejercicio de reanimación cardiopulmonar. El microcontrolador ESP32 se conectaba con la plataforma del internet de las cosas Node-Red para enviar datos del estado de las variables a la nube de Node-Red cada minuto. Con base en las recomendaciones de las guías de la asociación americana del corazón se define que un ciclo de reanimación cardiopulmonar en un maniquí debe tener una frecuencia entre 100 y 120 compresiones por minuto a una profundidad de compresión entre 5cm y 6cm. Para cada ciclo el prototipo realiza el cálculo de la profundidad de la compresión, la frecuencia de la compresión, el número de compresiones totales, el número de compresiones efectivas y el retroceso del pecho después de cada compresión. Por último, se hicieron pruebas de funcionamiento del prototipo para garantizar la funcionalidad del sistema

verificando en primera instancia la funcionalidad del sensor, la interfaz gráfica y por último la trazabilidad de los datos del estudiante. Estas validaciones se realizaron con personal calificado del hospital simulado de la universidad Javeriana Cali.

Introducción

La reanimación cardiopulmonar (RCP) es una técnica la cual puede ser adoptada por cualquier persona en el mundo y utilizada en casos de emergencia para salvar vidas. Las personas que aprenden la técnica no necesariamente deben pertenecer o laborar en el área de la salud, pues es un mecanismo de reacción inmediata a emergencias mientras llega un servicio médico de primeros auxilios. Las personas que adoptan la técnica son conocidos como reanimador lego (Persona del común con conocimientos en reanimación cardiopulmonar). Esta persona puede dar los primeros auxilios y garantizar la supervivencia de la víctima mientras el servicio médico hace presencia, por lo cual es de vital importancia realizar cursos y actualizaciones en la práctica acerca de la reanimación cardiopulmonar. El uso de dispositivos para la medición de las variables de RCP incorporados en maniqués contribuye en el proceso de aprendizaje del usuario estudiante.

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño y la implementación de un sistema de retroalimentación visual con monitoreo y trazabilidad para un maniquí de RCP Laerdal Resusci Anne que se convierta en apoyo para los

estudiantes de la facultad de ciencias de la salud de la Pontificia Universidad Javeriana Cali respecto al seguimiento de las recomendaciones de las guías de la Asociación Americana del Corazón (AHA).

Una vez se termine la etapa de implementación del prototipo debe ser sometido a evaluación con un profesional de la facultad de ciencias de la salud de la Javeriana Cali. Para cumplir con los objetivos de este proyecto es necesario caracterizar las variables más importantes de la práctica de RCP las cuales son profundidad, frecuencia y el retroceso de las compresiones de pecho. Una vez se obtienen sus valores por medio del sensor ultrasónico son procesados por el microcontrolador y presentados en una interfaz gráfica por medio de indicadores al usuario estudiante.

Fundamentación teórica

Antes de iniciar con el diseño del prototipo se consultaron fuentes bibliográficas que ayudaran a dar una visión de 360° acerca de los desarrollos actuales en materia de instrumentación electrónica para maniqués de RCP. Para comenzar [1] F Gohier, K Dellimore, C Scheffer publican un artículo científico que evidencia el mejoramiento de las destrezas de un practicante de RCP utilizando un sistema que incorpora 2 sensores acelerómetros. La variable más difícil de controlar es la profundidad de las compresiones y F Gohier, K Dellimore, C Scheffer en su artículo argumentan que la utilización de estos 2 instrumentos electrónicos en maniqués de RCP mejoran considerablemente la sensibilidad de la profundidad con un 7.3% de error comparado con un 24.4% de error utilizando solo 1 sensor acelerómetro. En otros estudios realizados por [2] Yeram Kwon, Sungwon Lee, Jihoon Jeong, Wonjoon Kim publican un artículo en el que demuestran la efectividad del aprendizaje al utilizar sensores en maniqués de RCP. En su estudio implementaron una solución con un sensor de fuerza FSR No.406, potenciómetro lineal y sensor barométrico BMP085 para

volumen de aire. Cada uno de estos valores obtenidos por los sensores eran enviados en tiempo real a través de Bluetooth hacia un software para medir la correlación entre los datos. El resultado del estudio lo realizaron con un equipo de 10 personas en donde 5 sabían RCP en modo aprendiz y 5 eran expertos en el tema RCP. La correlación de los datos generados por todos los participantes del estudio arrojó un valor del 95% de efectividad de la técnica en profundidad, frecuencia y presión de aire pulmonar utilizando sensores en los maniqués.

Con base en las investigaciones anteriores al estado del arte se presenta en la figura 1 el diagrama en bloques del sistema.

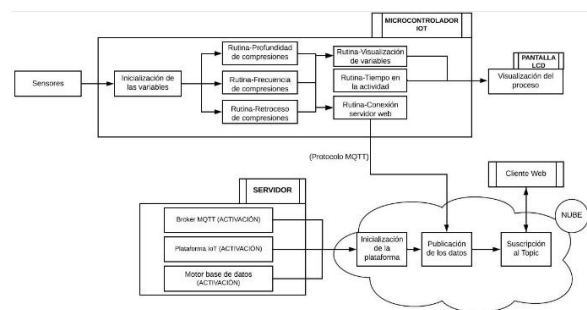


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema

La figura 1 presenta el diagrama en bloques específico del sistema propuesto. El sensor ultrasónico dispara la señal por el transmisor y cuando alcanza una superficie sólida la señal rebota y se recibe por el receptor. El microcontrolador estima el tiempo en milisegundos que tarda en llegar la señal de ultrasonido al receptor una vez el transmisor la dispara y rebota sobre una superficie sólida. Una interfaz gráfica tipo display LCD es utilizada para presentar por medio de indicadores las variables cuantificadas de profundidad, frecuencia y retroceso de las compresiones de pecho.

Con base en las recomendaciones de las guías de la asociación americana del corazón AHA, la profundidad de las compresiones de pecho debe llegar al menos a 5cm, pero no deben pasarse de 6cm. A continuación, la ecuación (1) presenta la

forma en que se calcula la profundidad de las compresiones de pecho:

$$Distancia (m) = \frac{(Vel.sonido(\frac{m}{s})) \times (Tiempo (s))}{2} \quad (1)$$

La profundidad de las compresiones se calcula con la ecuación (1) para estimar distancias con el sensor ultrasónico. Se requiere del valor de la velocidad del sonido en el aire en donde teóricamente es 344m/s [3] y se multiplica por el valor del tiempo que tarda en ir y regresar la señal de ultrasonido estimada por el microcontrolador. Finalmente, el resultado del producto se debe dividir en 2 debido a que la señal realiza un recorrido doble al salir por el transmisor y retornar por el receptor una vez rebota con el objeto sólido.

La frecuencia cardiaca corresponde al ciclo de palpitations del corazón de una persona durante un determinado periodo, por lo general se cuantifica durante 1 minuto. La unidad de medida de la frecuencia cardiaca es bpm = beats per minute (Pulsaciones por minuto). El corazón de una persona normalmente realiza entre 60 y 100 pulsaciones por minuto [4]. De acuerdo a las recomendaciones de la asociación americana del corazón cuando se realiza la técnica de la reanimación cardiopulmonar la frecuencia de las compresiones debe realizar entre 100 y 120 compresiones por minuto, se debe garantizar que el pecho retorne totalmente a su estado inicial después de cada compresión. A continuación, la ecuación (2) presenta como se calcula la frecuencia de las compresiones:

$$Frec. compresiones = \frac{Tiempo compresiones pecho (s)}{N^{\circ} compresiones acumuladas} \quad (2)$$

Una vez se obtiene el valor en fracción de segundos después de cada compresión el microcontrolador arroja por pantalla un resultado dependiendo del tiempo calculado. Si el tiempo se encuentra entre 0ms y 500ms las compresiones son mayores a 120 y el indicador debe arrojar color rojo (Rápido). Si el tiempo se

encuentran entre 500ms y 600ms las compresiones de pecho se encuentran en el rango entre 100 y 120 y el indicador debe arrojar color verde (OK). Si el tiempo es mayor a 600ms las compresiones se encuentran por debajo de 100 y el indicador debe arrojar color amarillo (Lento).

El retroceso de las compresiones de pecho se estima cuando la distancia es aproximadamente 0cm después de cada compresión.

Los valores de las variables frecuencia de las compresiones lento, ok, rápido y el tiempo promedio de la práctica se almacenan en otra variable tipo cadena concatenándolos de manera ordenada durante cada minuto de ejercicio de reanimación cardiopulmonar. Una vez se almacenan los valores después de pasar el minuto se envían automáticamente a la plataforma del internet de las cosas Node-Red en donde se almacenarán en una base de datos y se presentarán en un reporte tipo dashboard.

Resultados

El prototipo final del sistema se implementó en una placa de circuito impreso y se incorporó en una caja de proyecto con el objetivo de darle robustez al dispositivo para su manipulación y transporte hacia la zona donde se realizaría la evaluación del sistema.

En la figura 2 se presenta el prototipo en su fase final.



Figura 2. Prototipo final del sistema

El modelo incluye un transformador reductor y rectificador de tensión con entrada 120VAC y salida 12VDC – 1000 mA. El sensor ultrasónico es cableado hasta los pines del microcontrolador.

En la parte frontal de la caja de proyecto se realizó un mecanizado para extraer material con las medidas del área de la pantalla TFT ILI9341.

En el prototipo final se realizó la conexión del microcontrolador con la plataforma del internet de las cosas Node-Red que permite la transferencia de los datos generados por el sensor y transformados por el microcontrolador para almacenarlos en una base de datos y posteriormente realizar consultas a los datos por medio de reportes en un dashboard. En la figura 3 se presenta una imagen del dashboard en Node-Red.

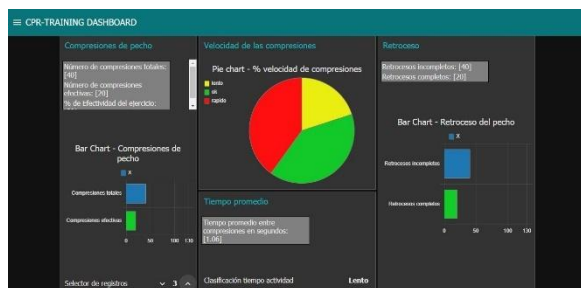


Figura 3. Dashboard CPR-TRAINING

En el prototipo se realizaron pruebas para evaluar su desempeño en el hospital simulado de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. Estas pruebas fueron realizadas por el coordinador científico del hospital simulado Oscar Echeverry experto en el tema y profesional en salud.

Durante el desarrollo de las pruebas el coordinador científico utilizó una herramienta disponible en su dispositivo smartphone para realizar el test al indicador frecuencia de las compresiones arrojado por pantalla. Esta herramienta es una aplicación de un metrónomo que realiza el conteo de las pulsaciones por minuto parametrizadas por el usuario desde el smartphone. El indicador frecuencia de las compresiones arroja 3 colores: Amarillo que corresponde a frecuencia lenta (<100 compresiones por minuto), verde que corresponde a frecuencia OK (>100 y <120 compresiones por minuto) y rojo que corresponde a frecuencia rápida (>120 compresiones por minuto).

A continuación, se presentan en las figuras 4, 5, 6 y 7 los resultados del ejercicio con el metrónomo y las compresiones de pecho en un maniquí Laerdal Resusci Anne con el prototipo instalado.



Figura 4. Evaluación del prototipo por el coordinador científico del hospital simulado de la Javeriana Cali

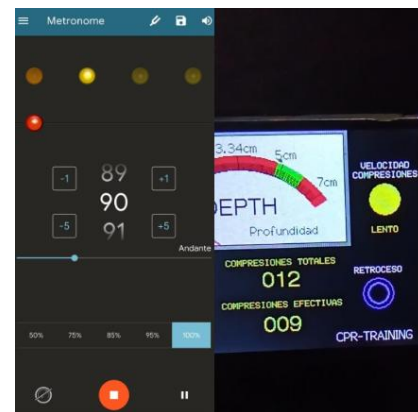


Figura 5. Metrónomo a 90 bpm (beats per minute) vs Indicador en amarillo (<100 cpm)

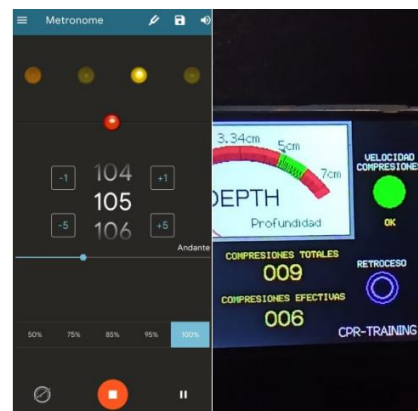


Figura 6. Metrónomo a 105 bpm (beats per minute) vs Indicador en verde (>100 y <120 cpm)

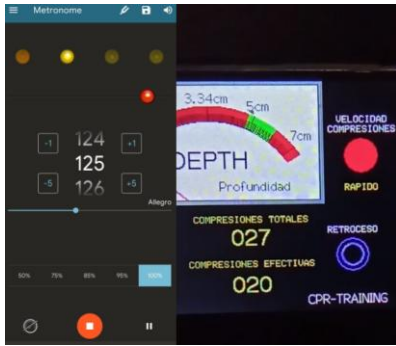


Figura 7. Metrónomo a 125 bpm (beats per minute) vs Indicador en rojo (>120 cpm)

En la figura 4 el evaluador realiza el ejercicio de reanimación cardiopulmonar sobre un maniquí con el prototipo incorporado. En las figuras 5, 6 y 7 se presenta evidencia del valor de las pulsaciones por minuto que arroja el aplicativo móvil del metrónomo y el resultado del indicador en la interfaz gráfica.

Discusión y conclusiones

Se logró el desarrollo de un prototipo para maniquí de RCP con sistema de retroalimentación visual, monitoreo de fácil entendimiento y trazabilidad de los datos generados por el estudiante el cual cumple con los requerimientos de las guías de la AHA. El sistema incluye servicios del internet de las cosas como complemento de información para el usuario final que pueda ser de gran ayuda para su proceso de aprendizaje de la técnica de RCP. Como consecuencia cumple con los requerimientos que se establecieron en el diseño de la solución propuesta.

Se encontró que para darle solución a este tipo de problemáticas es necesario involucrar a expertos en el tema objeto de estudio que desde su experiencia y aplicación de destrezas en el ámbito laboral apoyen en el proceso de diseño de tal forma que el proyecto construido sea un conjunto de soluciones adoptadas desde los desarrolladores hasta los interesados.

Se implementó un sensor ultrasónico HY-SRF05 por su diseño y construcción el cual permite una medición muy acertada con un error inferior al

1% en la salida después de su linealización en el rango de escala métrica decimal que se utiliza en el proyecto. Cabe resaltar que el sensor se clasifica como sensores de distancia a diferencia de otros tipos de sensores (movimiento y fuerza) que se tuvieron en cuenta en la etapa de planeación y diseño del sistema. Se elige trabajar con el sensor de distancia debido a que cuenta con pocos antecedentes de trabajo los cuales hayan dado validez de su funcionamiento y por lo tanto, se puede catalogar un sistema novedoso al utilizar este sensor.

Asociar distintas disciplinas en un trabajo de investigación tiene como ventaja discutir diferentes puntos de vista que ayudan al desarrollo de un producto robusto y apropiado para su aplicación práctica. Por consiguiente, el trabajo de diferentes disciplinas con un mismo objetivo ayuda a encontrar soluciones apropiadas al problema planteado descubriendo así una herramienta profesional tan importante como lo es el trabajo en equipo multidisciplinar.

Referencias

- Gohier, F., Dellimore, K., & Scheffer, C. (2013, July). Development of a smart backboard system for real-time feedback during CPR chest compression on a soft back support surface. In 2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (pp. 346-349). IEEE.
- Kwon, Y., Lee, S., Jeong, J., & Kim, W. (2014). HeartiSense: a novel approach to enable effective basic life support training without an instructor. In CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 1699-1704).
- Becerra, H. A. G., Orozco, H., & Calle, W. Y. (2011). Prototipo para la determinación de la velocidad del sonido. *Scientia et Technica*, 17(47), 169-174.
- Jacob, J., Adarsh, S. R., Ashis, C. K., & Resmi, R. (2019, February). Miniaturized CPR Feedback device using Arduino and ArdLAB. In 2019 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT) (pp. 1-4). IEEE.