

HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PORTÁTIL PARA FAVORECER EL MONITOREO Y CONTROL DE LA PRESIÓN ARTERIAL

VANESSA SUSANA RODRIGUEZ BARRIOS

Maestría en ingeniería de sistemas y computación

Barranquilla – Colombia

2019 – 2021

Trabajo de Investigación como requisito para optar el título de Master en ingeniería
de sistemas y computación

Tutores

Prof. Fernando Méndez Torrenegra

Prof. Carlos Ochoa Pertuz

RESUMEN

Se observa que la hipertensión arterial es una enfermedad de alto riesgo, pues es una de las principales causas de muerte en el mundo, ya que al ser una enfermedad circulatoria puede causar daños en diferentes órganos del cuerpo, siendo los más comunes el cerebro y el corazón, por lo que un hipertenso puede tener ataques cerebro o cardiovasculares. Asimismo, la hipertensión arterial tampoco tiene cura, pero debe ser tratada minuciosamente, por medio de monitoreo de los signos vitales (principalmente la presión arterial), y de incluso más variables. También se considera dentro del tratamiento que el paciente pueda realizar autocuidado y telemonitoreo en casa, pues existe una alta tasa de ausentismo en los centros de salud. Para lo anterior se han realizado investigaciones recientes que han creado y probado diferentes herramientas tecnológicas como dispositivos digitales o aplicaciones móviles que puedan mantener al paciente monitoreado y controlado diariamente, en algunos incluso en tiempo real.

Nótese que la tendencia actual está en migrar el procesamiento hacia el dispositivo, sin embargo, los algoritmos actuales requieren niveles de procesamiento y memoria con exigencias superiores a la que pueden brindar una herramienta portátil. Desde el enfoque del diseño, es necesario determinar las arquitecturas algorítmicas adecuadas, en el contexto de las restricciones de funcionamiento que manejan los dispositivos wearables de salud.

Antecedentes:

Se pueden mencionar dispositivos como oxímetros de pulso, monitores ECG, el monitor AliceCor Kardia (que realiza electrocardiogramas), la Kardiaband, el kit de Vivifi Health (que mide peso, pulso y saturación de oxígeno), el WearSens (botella de píldoras inteligente, que verifica que el usuario sí haya tomado el medicamento); wearables de Apple Watch, Fitbit Charge, Mio Alpha y Basis Peak

(Cerrato & Halamka, 2019); aplicaciones para celulares como oHealth, iHealth, Omron, Qardio, Health Check Up For Free, Blood Pressure, Smart health (Ghoshachandra et al., 2017), TEXT ME, mHealth, SmartBP, The Marshfield Clinic's HeartHealth Mobile app, MyMedSchedule, MyMeds, RemindMe y DeviceConX (Cerrato & Halamka, 2019), cuya función principal es la medición de la presión arterial, el análisis de datos y el intercambio de información entre paciente y doctor. Actualmente, también se realiza la creación e investigación de dispositivos para la medición de presión arterial como el dispositivo no invasivo EBP (Bui et al., 2019), el cual mide la presión arterial desde el oído; o un monitor de signos vitales colocado en el pecho (Janjua et al., 2017).

Objetivos:

Objetivo general

- Proponer una herramienta tecnológica portátil para favorecer el monitoreo y control de la presión arterial

Objetivos específicos

- Identificar los elementos que intervienen en el Monitoreo y control de la presión arterial
- Describir los diferentes elementos que intervienen en el Monitoreo y control de la presión arterial
- Caracterizar los elementos intervinientes en el Monitoreo y control de la presión arterial
- Diseñar la arquitectura de una herramienta tecnológica portátil que permita favorecer el monitoreo y control de la presión arterial.

Materiales y Métodos:

En el vigente trabajo se utilizará una investigación de tipo proyectiva (Hurtado de Barrera et al., 2000). El método de investigación que se utilizará para el desarrollo del objetivo central será sistémico estructural dando un enfoque holístico. Que conlleva a contemplar el eje problemático como un todo.

Resultados:

Se diseñó una arquitectura adecuada para monitorear y controlar la presión arterial que se adapta a dispositivos IoT, los cuales tienen restricciones de capacidades en cuanto a cómputo y procesamiento se refiere.

En esta arquitectura se cuenta con el flujo de señales electrocardiográficas, pletismográficas y de presión arterial (BP) pasando a través de una serie de procesos establecidos en cinco etapas secuenciales. La primera, constituida por la adquisición de los datos, es decir, con el sensado de las señales. Posteriormente, son utilizados en la segunda etapa, a la que se llamó "Pre-procesamiento", donde se categoriza la BP según el cálculo de la presión arterial media (MAP - Mean

Arterial Pressure) con el alineamiento de los tiempos de las señales que pasan a la tercera etapa, "Procesamiento". En esta tercera etapa es necesario aplicar ciertos conceptos, los cuales no deben faltar en el modelo CNN-1D (1D convolutional neural networks), por ejemplo, transformar los datos con procedimientos como normalización y One-Hot. Estos datos transformados pasarán a la cuarta etapa de entrenamiento llamada "Training". Por último, tenemos la quinta etapa, "Testing and evaluation", donde se determina una respuesta de la categorización BP.

Conclusiones:

Se encontraron varias similitudes entre las diversas técnicas, herramientas y soluciones para monitorear y controlar la presión arterial. Principalmente para el apoyo de pacientes hipertensos, se encontró que las señales ECG y PPG son las más usadas para determinarla. Se propone una arquitectura capaz de procesar y analizar las señales ECG y PPG con la presión arterial categorizada según el cálculo de MAP, siendo entrenadas y procesadas con CNN-1D. Esta arquitectura puede ser adaptada a dispositivos IoT (Wearables) con capacidades de procesamiento inferiores, con el paciente hipertenso como usuario final potencial y actor principal en el sistema.

La presente propuesta expone el diseño y desarrollo de una alternativa de solución, la cual, desde las ciencias de la computación, permite estimar la presencia de hipertensión arterial. Se plantea como contexto de diseño el uso de hardware de bajo costo, fácil acceso y limitado nivel de procesamiento. La arquitectura propuesta muestra la capacidad de aplicar la IA en dispositivos IoT (Wearables), para contribuir a la solución de problemáticas en el área de la salud; específicamente para el diagnóstico de la presión arterial. Por lo anterior, en esta investigación se presenta el desarrollo de una herramienta tecnológica portátil para el monitoreo y control de la presión arterial.

Palabras clave: Presión arterial, Hipertensión, Monitoreo, Control, Herramienta Portátil, Deep Learning, CNN

ABSTRACT**Background:**

It is observed that arterial hypertension is a high-risk disease, and of the main causes of death in the world, it's classified as a circulatory disease and it can cause damage to different organs of the body, most commonly being the brain and the heart, so that a hypertensive person can suffer from strokes or cardiovascular attacks. Arterial hypertension has no cure, it must be treated thoroughly by monitoring vital signs (mainly blood pressure) and even more variables. It is also considered within the treatment that the patient can perform self-care and telemonitoring at home, since there is a high rate of absenteeism in health centers. For this, a recent research has been carried out and also tested different

technological tools such as digital devices or mobile applications that can keep the patient monitored and controlled daily, and in some cases, in real time.

Nowadays the current trend is to migrate the processing of data to the device, however, current algorithms require levels of processing and memory with higher capacities than a portable tool can provide. From the design approach, it is necessary to determine the appropriate algorithmic architectures, in the context of the operating restrictions handled by wearable health devices. This proposal presents the design and development of an alternative solution, which, from computer science, allows estimating the presence of arterial hypertension. The design context is the use of low-cost hardware, easy access and limited level of processing.

Objectives:

General objective

- Propose a portable technological tool to favor blood pressure monitoring and control

Specific objectives

- Identify the elements involved in the monitoring and control of blood pressure
- Describe the different elements involved in the monitoring and control of blood pressure
- Characterize the elements involved in the monitoring and control of blood pressure
- Design the architecture of a portable technological tool that favors the monitoring and control of blood pressure.

Materials and Methods:

On this research, a projective type of research will be used (Hurtado de Barrera et al., 2000). The research method that will be used for the development of the central objective will be structural systemic giving a holistic approach. This leads to contemplating the problematic axis as a whole.

Results:

A suitable architecture was designed to monitor and control blood pressure that adapts to IoT devices which have capacity restrictions in terms of computation and processing.

This architecture consists of the flow of electrocardiographic and plethysmographic signals and blood pressure passing through a series of processes established in five sequential stages. The first one constituted with the Acquisition of the data, that is, with the sensing of data, then passing through a second pre-processing stage where the BP pressure is categorized according to the MAP (Mean Arterial

Pressure) calculation, with the alignment of the times of the signals that pass to the third stage of Processing. Here it's necessary to apply certain concepts which should not be missing in the CNN-1D model, for example, the way in which the data is entered, that is, the transformation such as the One-hot (We proceed to change the height from 0 to 1 to achieve a balance between all the images), these transformed data will pass to the fourth stage called "Training" and finally the fifth stage of "Testing and evaluation" where a response of the BP categorization is determined.

Conclusions:

Several similarities were found between the various techniques, tools, and solutions for monitoring and controlling blood pressure. Mainly for the support of hypertensive patients, it was found that the ECG and PPG signals are the most used to determine it. An architecture capable of processing and analyzing the ECG and PPG signals with the categorized blood pressure according to the MAP calculation is proposed, being trained and processed with CNN-1D. This architecture can be adapted to IoT devices (Wearables) with lower processing capabilities, with the hypertensive patient as a potential end user and main actor in the system.

The proposed architecture shows the ability to apply AI in IoT devices (Wearables), to contribute to the solution of problems in the health area; specifically for the diagnosis of blood pressure.

Therefore, this research presents the development of a portable technological tool for the monitoring and control of blood pressure.

KeyWords: Blood Pressure, Hypertension, Monitoring, Control, Portable Tool, Deep Learning, CNN

REFERENCIAS

- Acosta, G. A. (2018). de riesgo cardiovascular en pacientes con hipertensión arterial Evaluación de vitamina D ,. 1. <https://search.proquest.com/openview/c540a3f8aaaa8d901f075b7e57ea9d51/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1216408>
- Alberto, V. S. J., & Gutiérrez Rubby Casallas. (2006). Fundamentos de Programación: Aprendizaje Activo Basado en Casos: Un enfoque Moderno Usando Java, Uml, objetos y Eclipse. Pearson Educación.
- Alkhatib, M., Hafiane, A., & Veyres, P. (2021). Merged 1D-2D Deep Convolutional Neural Networks for Nerve Detection in Ultrasound Images. 2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 4774–4780. <https://doi.org/10.1109/ICPR48806.2021.9412988>
- Azizjon, M., Jumabek, A., & Kim, W. (2020). 1D CNN based network intrusion detection with normalization on imbalanced data. In 2020 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC), 218–224. <https://doi.org/10.1109/ICAIIIC48513.2020.9064976>

- Baek, S., Jang, J., & Yoon, S. (2019). End-to-end blood pressure prediction via fully convolutional networks. *IEEE Access*, 7, 185458–185468. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2960844>
- Baque Quimis, Y. R., & Tomala Cantos, K. F. (2018). Tesis. Recuperado a partir de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33824>
- Bernal, E., Campa, S., Carlos, G., & Espinilla, M. (2018). IoT y Ambientes Inteligentes – Aplicación a pacientes diabéticos e hipertensos en modalidad domiciliaria IoT by Smart Enviroments – Application to diabetic and hypertensive patients in domiciliary modality Technological model of monitoring and follow-up.
- Berrondo, A. (2020). DETECCIÓN DE CARRETERAS EN IMÁGENES DE RECONOCIMIENTO REMOTO MEDIANTE DEEP LEARNING. Grado de Ingeniería Informática. Computación. Facultad de Informática. Universidad del País Vasco. España.
- Briot, A., Viswanath, P., & Yogamani, S. (2018). Analysis of Efficient CNN Design Techniques for Semantic Segmentation. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 776–77609. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2018.00109>
- Bui, K., Oh, H., Yi, H. (2020). "Traffic Density Classification Using Sound Datasets: An Empirical Study on Traffic Flow at Asymmetric Roads," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 125671-125679, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.30079
- Bui, N., Pham, N., Barnitz, J. J., Zou, Z., Nguyen, P., Truong, H., Kim, T., Farrow, N., Nguyen, A., Xiao, J., Deterding, R., Dinh, T., & Vu, T. (2019). eBP : A Wearable System For Frequent and Comfortable Blood Pressure Monitoring From User ' s Ear. The 25th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, 53.
- Cerrato, P., & Halamka, J. (2019). Mobile Apps. The Transformative Power of Mobile Medicine, 69–88. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814923-2.00004-0>
- Ghoshachandra, P., Limkriengkrai, C., Wimonsakcharoen, P., & Tangsripairoj, S. (2017). oHealth: A self-care android application for senior citizens with hypertension. 6th ICT International Student Project Conference: Elevating Community Through ICT, ICT-ISPC 2017, 2017-Janua, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICT-ISPC.2017.8075318>
- Hurtado de Barrera, Jacqueline & Morales, Marcos. (2000). Metodología de la investigación holística.
- Hurtado de Barrera, J. (2010). Metodología de la investigación: guía para la comprensión holística de la ciencia (4 ed.). Caracas: Quirón Ediciones.
- Hurtado de Barrera, J. (2016). Metodología de la Investigación Holística. Caracas,(Venezuela): Quiron Editores-CIEA Sypal.
- Janjua, G., Guldenring, D., Finlay, D., & McLaughlin, J. (2017). Wireless chest wearable vital sign monitoring platform for hypertension. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, 676201, 821–824. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2017.8036950>