

# A systematic review for the design of a telemonitoring solution for vital signs in real time

Daza Rojas John Jairo, Mg. <sup>1</sup>, Lilia Edith Aparicio Pico, Dr. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Colombia, jj.dazarojas@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Colombia, medicina@udistrital.edu.co

*Abstract- This systemic analysis was developed with the objective of finding the state of the development of the technique and the advancement of knowledge to develop computers for the diagnosis of vital signs and determine the variables that are part of a cloud computing design for telemonitoring. of vital signs in real time. Cloud computing offers a digital space that integrates everything necessary to provide a solution to needs in the telemonitoring service of vital signs and determine the condition of a patient. The review was conducted using the Prisma methodology with a comprehensive search of PubMed, IEEE Explore, Taylor & Francis Online, and Google Scholar databases to identify relevant studies. The main specifications extracted for each article are the details of the publication, the type of vital sign monitored, and infrastructure used. Of 95 articles, 40 were eligible for the criteria, with the results obtained a design is proposed for the implementation of applications that use the cloud as infrastructure, a situation that puts the contribution made to the scientific community and the productive sector at an advantage. telemedicine technology to address a new area that is cloud computing for medical diagnosis.*

**Keywords-** Telemonitoring, Vital signs, cloud, design.

# Una revisión sistemática para el diseño de una solución en nube de telemonitoreo de signos vitales en tiempo real

Daza Rojas John Jairo, Mg. <sup>1</sup>, Lilia Edith Aparicio Pico, Dr. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Colombia, jj.dazarojas@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Colombia, medicina@udistrital.edu.co

**Resumen**– Este análisis sistémico se desarrolló con el objetivo de encontrar el estado del desarrollo de la técnica y el avance del conocimiento para desarrollar cómputo para el diagnóstico signos vitales y determinar las variables que forman parte de un diseño de computación en la nube para el telemonitoreo de signos vitales en tiempo real. La computación en la nube ofrece un espacio digital que integra todo lo necesario para dar solución a necesidades en el servicio de telemonitoreo de signos vitales y determinar la condición de un paciente. La revisión se realizó utilizando la metodología Prisma con una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PubMed, IEEE Explore, Taylor & Francis Online y Google Scholar para identificar estudios relevantes. Las principales especificaciones extraídas para cada artículo son los detalles de la publicación, el tipo de signo vital monitoreado e infraestructura utilizada. De 95 artículos, 40 fueron elegibles para los criterios, con los resultados obtenidos se propone un diseño para la implementación de aplicaciones que utilicen la nube como infraestructura situación que pone en ventaja el aporte que se hace a la comunidad científica y al sector productivo de la tecnología de telemedicina para abordar una nueva área que es la computación en la nube para diagnóstico médico.

**Key Words** - Telemonitoreo, Signos vitales, nube, diseño.

## I. INTRODUCCIÓN

La Industria de servicios en salud ha tenido un crecimiento importante y la actualización tecnológica como principal estrategia de sostenibilidad hace parte del progreso significativo en iniciativas clave de atención médica global, como la atención basada en valor, la reducción de costos, la reducción de errores y la mejora de los resultados. consecuencia a esto la capacidad conectar diversas fuentes y entender grandes cantidades de datos vitales. con este estudio sistémico se pretende encontrar el estado del arte de diversas técnicas de cómputo utilizadas para el diagnóstico de signos vitales y fundamentar el planteamiento de un diseño de solución basado en computación en la nube para el telemonitoreo de signos vitales de pacientes en tiempo real.

## II. METODOLOGÍA

En este trabajo se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura científica publicada en materia de técnicas de cómputo actuales de telemonitoreo para el diagnóstico médico y en relación con los signos vitales como la saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca, se han seguido las directrices de la declaración PRISMA [1]. para la correcta realización de revisiones sistemáticas. A continuación, se detallará el proceso de elaboración en sus distintas fases.

### A. Búsqueda Inicial

Las primeras búsquedas se realizaron combinando los términos ‘Telemonitoring’, ‘Oxygen Saturation’ y ‘heart rate’ en las bases de datos PubMed, IEEE Explore, Taylor & Francis Online y Google Scholar. Posteriormente, se amplió con una combinación, usando los operadores booleanos AND y OR según conviniera, de los términos ‘Cloud’, ‘System’, ‘Serverless’, ‘Sensors’, ‘Wearables’, ‘Vital signs’, ‘Alerts’. Estas búsquedas arrojaron resultados bastante específicos y muy útiles para la revisión, así mismo nos dieron una visión global de la extensión del tema. Debido a que los resultados arrojados por Google Scholar fueron los más cercanos a la temática se dio prioridad en la revisión, posteriormente se revisaron las bases de datos en el siguiente orden PubMed, IEEE Explore y finalmente Taylor & Francis Online.

La búsqueda sistemática se realizó acotando los resultados a las publicaciones realizadas desde 2012 (inclusive) hasta la 2023. La combinación en términos que arrojó los mejores resultados en los cuatro buscadores fue la siguiente: (Telemonitoring)AND (((((((Oxygen Saturation) OR heart rate) OR Vital signs) OR CLOUD) OR Serverless) OR SYSTEM) OR Sensors) OR wearables) OR Alerts). Concretamente se obtuvieron 23 resultados en PubMed, 20 resultados en IEEE Xplore, 12 Taylor & Francis Online y 40 resultados en Google Scholar para un total de 95 artículos. el detalle de flujo de diagrama PRISMA se puede consultar en la (Fig. 1). Antes de proceder a la selección de artículos, se definieron los criterios de inclusión y exclusión.

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

información relacionada con el seguimiento continuo de signos vitales en entornos controlados (Hospitales, laboratorios universitarios, centros de investigación).

### III. RESULTADOS

El análisis que se llevará a continuación, sin embargo, sigue el orden que hemos considerado más pertinente para facilitar la comprensión e integración de los resultados de acuerdo con las características y elementos revisados en los artículos incluidos:

#### A. Signo vital monitoreado

Se encontró que la frecuencia cardíaca se utilizó en todos los artículos revisados (n= 40) siendo este el signo vital más frecuente en el telemonitoreo para diagnóstico médico, la saturación de oxígeno en (n= 27) siendo el segundo signo vital más utilizado, la presión arterial en (n=16), la frecuencia respiratoria en (n=11), el peso corporal en (n=4) y otras constantes vitales como la respiración, glucosa, sudoración y posición del paciente se utilizó en (n=4).

De acuerdo a lo anterior se definió profundizar en los dos signos vitales más utilizados (saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca), se encontró que la señal de fotopleletismografía (PPG) es una técnica no invasiva importante para medir la saturación de oxígeno en sangre y la frecuencia cardíaca, la PPG opera observando las propiedades de absorción y dispersión de la luz de los capilares, afectados por la composición de la sangre y la ingurgitación durante la fase de sístole del ciclo cardíaco [2]. En consecuencia, se pueden determinar que tanto la saturación de oxígeno en la sangre como la frecuencia cardíaca se pueden monitorear por medio de sensores.

#### B. Ingesta de datos

En cuanto a ingesta de datos se utilizaron diversos tipos de sensores de bajo costo y en algunos casos integrados a dispositivos como teléfonos celulares, wearables y dispositivos médicos digitales equipados de sensores de propósito específico (n=25), se identificaron estrategias de carga manual con apoyo de dispositivos médicos digitales (n=1), por medio de recolectores ECG (dispositivo que controla la actividad eléctrica del corazón Este registra la frecuencia y el ritmo cardíaco) para ECG (n= 1) y mecanismos híbridos entre sensores + recolectores ECG + Dispositivos médicos (n=12).

En los artículos analizados se evidencia un uso intensivo de microcontroladores como es el caso ESP32 [3,4,5] y el ESP8266 [6,7,8], estos integrados con sensores de bajo costo como el MAX30102 [8] y el MAX30100 [3,6] se encontraron varios estudios donde se realizaron prototipos con placas de Arduino [3,4,5,9,10,11,12]. Podríamos decir que Arduino ha supuesto una revolución alrededor del mundo, impactando en

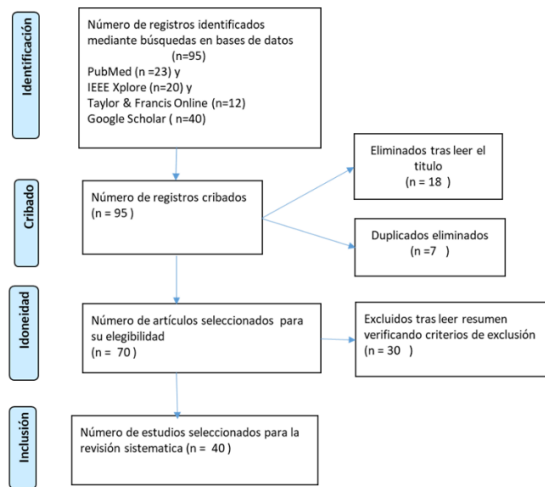


Fig. 1 Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles [1]

#### B. Criterios de inclusión

- 1) Artículos donde se aplique seguimiento continuo de signos vitales, saturación oxígeno o frecuencia cardíaca.
- 2) Que se indique el tipo el mecanismo para captura e ingesta de datos.
- 3) Que se indique componente de almacenamiento o tipo de procesamiento datos.
- 4) Que se indique el artefacto para visualización de información.
- 5) Que se identifique el tipo infraestructura utilizada.

#### C. Criterios de exclusión

- 1) Publicaciones con fecha publicación menor a 2012.
- 2) Artículos que contenían sensores no aplicados a captura de constantes signos vitales.
- 3) Artículos que no tenían aporte conceptual o práctico al telemonitoreo de signos vitales.

Según estos criterios, y sólo con la lectura del título, se consideraron adecuados 70 artículos (tras eliminar siete duplicados en total entre las cuatro bases de datos y dieciocho tras lectura del título). Se procedió a leer el resumen y, a partir de esta lectura, se descartaron 30, principalmente por salirse del contexto de telemonitoreo de signos vitales como la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno (n=10), por centrarse en un enfoque de alto nivel conceptual y poco práctico en el modelo de telemonitoreo utilizado (n= 8), por no especificar tipo de dispositivo para captura e ingesta de datos (n=6), por no indicar el tipo de infraestructura implementada (n=4), porque no se logró identificar componente de almacenamiento de datos o tipo de procesamiento de datos (n=2) finalmente, 40 artículos cumplieron los criterios de inclusión y se seleccionaron para llevar cabo la revisión sistemática. Todos ellos indicaban

determinados sectores como la cultura digital, la programación, la educación e incluso el emprendimiento y la innovación.

En los estudios realizados con sensores portátiles como el Everion [13,14] se compararon con los resultados obtenidos de recolectores ECG [15,16,17,18,19] y se encontró que siguen siendo los ECG un mecanismo que brinda una mejor precisión y validez en la captura de datos con respecto a los capturados con sensores portátiles lo que deja entredicho que hay un camino largo por mejorar en tecnología de sensores antes de ser masificada a gran escala a seres humanos para el diagnóstico médico [13,14].

En los esquemas híbridos se encontraron unidades de sensor corporal BSU (dispositivos que constan de varias unidades de sensores corporales (BSU) miniaturizadas junto con una sola unidad central corporal (BCU) que reciben, procesan y transmiten señales del cuerpo humano [10] algunos utilizando sensores y dispositivos médicos equipados [14,20,16,21].

### C. *Procesamiento de datos*

A nivel de procesamiento de datos se identificaron diversos mecanismos entre ellos los algoritmos de aprendizaje Automático en (n=2), algoritmos de aprendizaje profundo en (n=2), algoritmos desarrollados a la medida para el procesamiento de señales ECG en (n=8), el software de telemedicina se encontró en (n=19), se utilizaron tecnologías blockchain en (n=1), si bien en la mayoría de los estudios se utilizaron estrategias avanzadas de procesamiento de datos aun así se registraron casos de procesamientos y cálculos manuales (n=7).

Los algoritmos de aprendizaje automático están siendo explorados en el campo de la telemedicina, estos pueden realizar muchas operaciones de minería de datos y tareas, como reglas de asociación, clasificación, agrupamiento, regresión, preprocesamiento de datos y visualización basado en MapReduce [22]. Se encontró un caso donde se desarrolló un sistema que aprende de los parámetros normales de cada paciente en particular mediante el modelado del sistema de inferencia difuso neuro adaptativo (ANFIS) [23]. También se evidencio que los algoritmos de aprendizaje profundo utilizan técnicas de entrenamiento sobre la base de mediciones preliminares de los signos vitales del paciente [3]. El objetivo de estos estudios se centró en construir modelos pronósticos que pueden identificar con precisión los eventos clínicos peligrosos de un paciente de monitoreo domiciliario de antemano utilizando el conocimiento aprendido [24], se evidencia que el conocimiento aplicado de estas tecnologías en plataformas combina la web semántica y la inteligencia artificial para generar diagnósticos más precisos [25].

El software de telemedicina y sistemas de apoyo experto impulsa las disciplinas médicas con avances computacionales para el diagnóstico remoto [15]. El software adquirido como SaaS en los que se encuentra UBIDOTS [26], E-Health System Cloud Platform [27] y eSmartHealth [28] están aportando al desarrollo de sistemas de telemonitoreo al ser un servicio en la nube para almacenar y analizar información de sensores en tiempo real, plataformas de tele monitorización de pacientes conectados en línea y fuera de línea [6] sistemas que mejoran la calidad de la atención de los adultos mayores mediante la detección temprana de cambios en el estado de salud [16], sistemas de telemonitoreo para infantes en áreas remotas [29] son algunos de los diversos enfoques encontrados, en comparación, con tecnologías menos frecuentes en telemedicina como Blockchain donde se propuso una plataforma novedosa para monitorear los signos vitales del paciente utilizando contratos inteligentes basados en blockchain [21].

Los cálculos manuales se realizaron en algunos casos calculando la mediana de la desviación absoluta (MAD), calculó de la mediana del error porcentual absoluto (MAPE) [14], cálculo coeficientes de correlación de medidas repetidas [13] y se aplicó error absoluto, error porcentual, exactitud porcentual relativa, precisión y confiabilidad [29], en algunos casos se aplicó cálculo de promedio, desviaciones estándar y cálculo de latencia en la serie de datos [30].

### D. *Visualización de Información*

Se encontraron diferentes mecanismos para visualizar datos como el uso intensivo de aplicaciones web a la medida (n=24), aplicaciones móviles (n=6), se evidencio uso de software MATLAB (n=3), pantallas LCD/OLED (n=2) y diseños híbridos (n=5).

Los gráficos de Bland-Altman [13,14] son predilectos para visualizar grandes series de datos [31] y se visualizaron con MATLAB que es una plataforma de programación y cálculo numérico utilizada por millones de ingenieros y científicos para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos [32,33], la Interfaz de usuario basada en web para la supervisión de signos fue la más frecuente [6,5,26].

### E. *Infraestructura*

Se analizó teniendo en cuenta la obsolescencia tecnológica utilizada con el fin de aportar al objetivo principal de este estudio y se encontró como las más frecuente una estrategia híbrida entre nube + On premises + servidores Web (n= 24), en algunos casos se utilizó infraestructura exclusiva en nube con ventajas como la flexibilidad y agilidad, velocidad en despliegue, control del gasto, escalabilidad y seguridad reforzada en (n=8) y por medio de servidores web en (n=8).

Las infraestructuras híbridas en algunos casos estaban conformadas por servidores locales, computadores personales,

servidores web y capas de almacenamiento en nube en arquitecturas distribuidas [34,35,21] lo que implica tener un ecosistema de aplicación crítico con puntos de riesgo en perdida de comunicación entre componentes, se pudo identificar algunos desventajas en el uso de este tipo de infraestructura con principales problemas y amenazas de seguridad, acceso no autorizado, interfaces/API no seguras, Intercambio externo de datos inseguros [36,37].

Por su lado los servidores web se han convertido en la base de cualquier negocio moderno. Con grandes beneficios y ventajas como permitir centralizar los datos, facilidad en la gestión de copias de seguridad, acceso últimas versiones ofrecidas por los fabricantes en algunos artículos presentaron infraestructuras de alto rendimiento y escalabilidad [40,41,42].

La nube por su lado ofrece servicios que contenerizados y Serverless mantienen atributos de calidad como su mantenibilidad, rendimiento, escalabilidad, interoperabilidad, fiabilidad, seguridad y con una tasa de entrega mejorada [38,39].

### V. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Teniendo en cuenta el análisis sistémico realizado e identificado en los estudios [10,11,39] la seguridad y escalabilidad deben ser parte del buen diseño de cualquier caso de uso, proyecto o implementación. Aprovechar la computación en nube junto con los datos tienen como objetivo mejorar y reducir los errores y los costos en implementación de las soluciones actuales.

Con los resultados de esta revisión se determina que la elasticidad y dinamismo de los recursos deben poder reservarse y liberarse según las necesidades de los clientes en cada momento. De hecho, para el cliente debe ser como si pudiera escalar hasta cantidades de recursos prácticamente ilimitadas y en tiempo real [2]. Además, esta característica también debe entenderse como una incorporación casi automática de nuevas tecnologías, basándose en la entrega de valor de los proveedores de nube quienes ofrecen a sus clientes siempre las últimas innovaciones de sus servicios [22,5].

Estos resultados también indican que es esencial en muchos casos de uso tener en cuenta principios fundamentales de diseño de soluciones para el cuidado de la salud. la resistencia y tolerancia a fallos no siempre se cumple[11]. Además, existen tantos enfoques para la digitalización de registros de atención médica que, en la práctica, se debe tener en cuenta un marco de referencia que brinde experiencia y línea base en el diseño de este tipo de soluciones.

A continuación, en la (Fig. 2), se presenta el diseño de una solución moderna, innovadora en arquitectura Serverless, se presentan características para realizar ingesta de datos a través del servicio “AWS IoT Core”, este ofrece alternativas para

que los dispositivos (sensores) se conecten de manera sencilla realizando un intercambio de certificados tipo X.509 que proporcionan a “AWS IoT Core” la capacidad de autenticar las conexiones de clientes con el protocolo de mensajería MQTT (protocolo de red ligero, de publicación y suscripción, de máquina a máquina para cola de mensajes/servicio de cola de mensajes) y aplicando el estilo arquitectónico publicador/suscriptor.

Con la configuración de reglas se logra que las series de datos de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca sean almacenadas en una base de datos no relacional “Amazon DynamoDB”, estas mismas reglas permiten activar procesos de alertas y notificación automática para envío mensajes personalizados vía SMS y correo electrónico a pacientes y doctores en los eventos que se identifique alteración o anomalía en la lectura de los signos vitales del paciente, estas capacidades están soportadas por los servicios “SNS” y “SES” respectivamente.

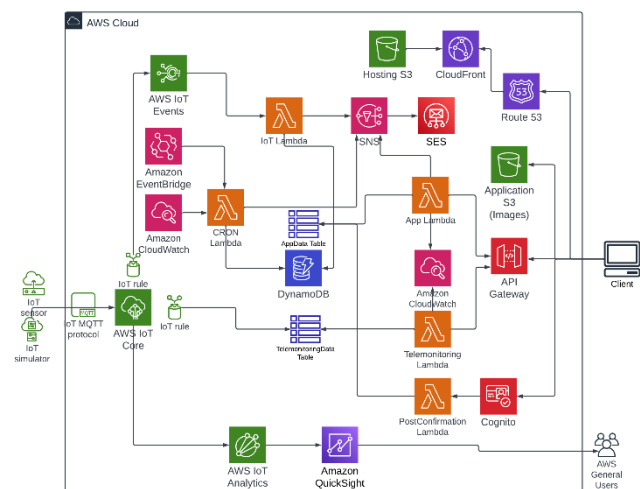


Fig. 2 Diseño de la solución Serverless basado en la nube de AWS

El procesamiento de datos se logra con esquemas analíticos configurados en “IoT Analytics” que filtra, transforma y enriquece los datos antes de almacenarlos como series temporales para su análisis, adicionalmente se usan eventos establecidos en “Amazon EventBridge” que invocan funciones “Lambda” para ejecutar Algoritmos de procesamiento y generación de recomendaciones en tiempo real.

La visualización de los datos en primera medida se logra configurando el servicio “Amazon Quicksight” que permite visualizar de forma dinámica grandes series de datos, adicionalmente se implementa una aplicación web de cara a los usuarios finales (médicos y pacientes) con funcionalidades como tableros de control, gráficos de lectura de signos vitales en tiempo real e informes de consolidado de telemonitoreo

generado por rangos de fechas, este es un sitio web es estático soportado por servicios “S3”, “Route 53”, “CloudFront”.

## VI. REFERENCIAS

También se usaron algunos servicios transversales para blindar la administración de accesos, seguridad y roles de la aplicación por medio de “Cognito”, servicios como “Api Gateway” se usaron para habilitar la interoperabilidad entre la capa Front y el Backend de la aplicación, por su lado “CloudWatch” se implementa para el proceso de auditoría y log transaccional.

## VI. CONCLUSIÓN

La revisión sistemática facilitó el desarrollo del diseño de la solución propuesta teniendo en cuenta que destacan las tecnologías portátiles emergentes que tienen potencial y capacidad para controlar los signos vitales fisiológicos de los pacientes de forma remota. Los sensores portátiles son tecnologías apropiadas que facilitan el monitoreo y control continuo de las condiciones de los pacientes. Se contempla entonces el diseño propuesto con capacidades técnicas para la sincronización de sensores, ingesta de datos, procesamiento de datos y visualización de la información en un diseño basado en nube. Al aplicar el enfoque sistemático los estudios mostraron diversas técnicas y se comprobó que estás vayan a la par con las técnicas de cómputo actuales en la nube con el fin de explorar la implementación de aplicaciones para diagnóstico médico que utilicen la nube como infraestructura.

El modelo de la solución propuesta es completamente agnóstico a la tecnología en nube seleccionada, se podrán usar otras como Azure o Google Cloud, adicionalmente es altamente escalable lo que da una gran ventaja al momento de ejecutar actualizaciones y evolutivos sobre el diseño logrando reducir drásticamente los tiempos de implementación de sistemas de telemonitoreo potenciando una evolución rápida de nuevos productos innovadores con orientación al cliente, autoservicios y multicanalidad social.

La renovación de sistemas de información de telemonitoreo en nube permiten a las empresas ser competitivos, ágiles y eficientes, no obstante, es importante verificar el objetivo y funcionalidad de estas, con el fin de alinear y estandarizar dichos recursos, para la definición, innovación a nivel funcional que soporten los planes de transformación requeridos.

Las dimensiones que fueron definidas y estructuradas permiten conocer la relación que existe entre los diferentes elementos que intervienen en soluciones de telemonitoreo a nivel de procesos, permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos que soportan los procesos del negocio. A partir de lo anterior, se logra obtener un modelo de relación de negocio y TI concluyendo una visión global que permite la estandarización y homogeneidad en los procesos de implementación.

- [1] D. Moher *et al.*, “Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement,” *PLoS Medicine*, vol. 6, no. 7. Jul. 2009. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- [2] F. Hamza Cherif, L. Hamza Cherif, M. Benabdellah, and G. Nassar, “Monitoring driver health status in real time,” *Review of Scientific Instruments*, vol. 91, no. 3. American Institute of Physics Inc., Mar. 01, 2020. doi: 10.1063/1.5098308.
- [3] P. Arpaia, F. Crauso, E. de Benedetto, L. Duraccio, G. Improta, and F. Serino, “Soft Transducer for Patient’s Vitals Telemonitoring with Deep Learning-Based Personalized Anomaly Detection,” *Sensors*, vol. 22, no. 2, Jan. 2022, doi: 10.3390/s22020536.
- [4] R. Muñiz *et al.*, “A smart band for automatic supervision of restrained patients in a hospital environment,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 18. MDPI AG, pp. 1–12, Sep. 02, 2020. doi: 10.3390/s20185211.
- [5] G. J. Lakshmi, M. Ghonge, and A. J. Obaid, “Cloud based iot smart healthcare system for remote patient monitoring,” *EAI Endorsed Trans Pervasive Health Technol*, vol. 7, no. 28, 2021, doi: 10.4108/eai.15-7-2021.170296.
- [6] K. H. Sanjaya *et al.*, “Low-Cost Multimodal Physiological Telemonitoring System through Internet of Things,” *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 21, no. 1, p. 55, Aug. 2021, doi: 10.14203/jet.v21.55-63.
- [7] P. Debnath, A. Mahmud, A. K. Hossain, and I. Rahman, “Design And Application Of Iot Based Real-Time Patient Telemonitoring System Using Biomedical Sensor Network,” 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-372889/v1.
- [8] A. I. Siam *et al.*, “Secure Health Monitoring Communication Systems Based on IoT and Cloud Computing for Medical Emergency Applications,” *Comput Intell Neurosci*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/8016525.
- [9] I. Sundara, S. Rao, R. Krishna, and D. Reddy, “Iot Based Smart Health Care Monitoring System Lithium Ion batteries case studies View project,” 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/336375680>
- [10] J. A. Hidalgo, A. Cajiao, C. M. Hernández, D. M. López, and V. M. Quintero, “VISIGNET: A wireless body area network with cloud data storage for the telemonitoring of vital signs,” *Health Technol (Berl)*, vol. 5, no. 2, pp. 115–126, Jul. 2015, doi: 10.1007/s12553-015-0108-0.
- [11] K. Monteiro, E. Rocha, E. Silva, G. L. Santos, W. Santos, and P. T. Endo, “Developing an e-health system based on IoT, Fog and cloud computing,” in *Proceedings - 11th IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing Companion, UCC Companion 2018*, Jan. 2019, pp. 17–18. doi: 10.1109/UCC-Companion.2018.00024.
- [12] E. Petere *et al.*, 2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC) : joint conference of

- SINTES 20, SACCS 16, SIMSIS 20 : October 13-15, 2016, Sinaia, Romania.*
- [13] M. E. Haveman *et al.*, “Continuous Monitoring of Vital Signs With Wearable Sensors During Daily Life Activities: Validation Study,” *JMIR Form Res*, vol. 6, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.2196/30863.
- [14] M. E. Haveman *et al.*, “Continuous monitoring of vital signs with the Everion biosensor on the surgical ward: a clinical validation study,” *Expert Rev Med Devices*, vol. 18, no. sup1, pp. 145–152, 2021, doi: 10.1080/17434440.2021.2019014.
- [15] Q. Shen *et al.*, “A wearable real-time telemonitoring electrocardiogram device compared with traditional Holter monitoring,” *J Biomed Res*, vol. 35, no. 3, pp. 238–246, 2021, doi: 10.7555/JBR.34.20200074.
- [16] R. C. Tarraf *et al.*, “Using integrated technology to create quality care for older adults: a feasibility study,” *Inform Health Soc Care*, vol. 44, no. 3, pp. 246–261, Jul. 2019, doi: 10.1080/17538157.2018.1496090.
- [17] Institute of Electrical and Electronics Engineers and RVS College of Engineering & Technology, *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA 2020) : 15-17 July, 2020.*
- [18] L. Fanucci *et al.*, “Sensing devices and sensor signal processing for remote monitoring of vital signs in CHF patients,” *IEEE Trans Instrum Meas*, vol. 62, no. 3, pp. 553–569, 2013, doi: 10.1109/TIM.2012.2218681.
- [19] M. A. Akkaş, R. SOKULLU, and H. Ertürk Çetin, “Healthcare and patient monitoring using IoT,” *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 11, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.iot.2020.100173.
- [20] L. P. Motta *et al.*, “An emergency system for monitoring pulse oximetry, peak expiratory flow, and body temperature of patients with COVID-19 at home: Development and preliminary application,” *PLoS One*, vol. 16, no. 3 March, Mar. 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0247635.
- [21] F. Jamil, S. Ahmad, N. Iqbal, and D. H. Kim, “Towards a remote monitoring of patient vital signs based on iot-based blockchain integrity management platforms in smart hospitals,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 8, Apr. 2020, doi: 10.3390/s20082195.
- [22] M. K. Hassan, A. I. el Desouky, S. M. Elghamrawy, and A. M. Sarhan, “Intelligent hybrid remote patient-monitoring model with cloud-based framework for knowledge discovery,” *Computers and Electrical Engineering*, vol. 70, pp. 1034–1048, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.compeleceng.2018.02.032.
- [23] IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Biomedical and Health Informatics (BHI), 2014 IEEE-EMBS International Conference on : date 1-4 June 2014.*
- [24] A. R. M. Forkan, I. Khalil, and M. Atiqzaman, “ViSiBiD: A learning model for early discovery and real-time prediction of severe clinical events using vital signs as big data,” *Computer Networks*, vol. 113, pp. 244–257, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.comnet.2016.12.019.
- [25] *2020 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA).* IEEE, 2020.
- [26] Fla. ) IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference (38th : 2016 : Orlando, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) : 16-20 Aug. 2016.*
- [27] IEEE Staff, *2016 7th International Conference on Cloud Computing and Big Data (CCBD).* IEEE, 2016.
- [28] B. Yip, H. W. Hirai, Y. H. Kuo, H. M. Meng, S. Wong, and K. K. F. Tsoi, “Blood Pressure Management with Data Capturing in the Cloud among Hypertensive Patients: A Monitoring Platform for Hypertensive Patients,” in *Proceedings - 2015 IEEE International Congress on Big Data, BigData Congress 2015*, Aug. 2015, pp. 305–308. doi: 10.1109/BigDataCongress.2015.50.
- [29] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM).*
- [30] K. N. Swaroop, K. Chandu, R. Gorrepotu, and S. Deb, “A health monitoring system for vital signs using IoT,” *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 5, pp. 116–129, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.iot.2019.01.004.
- [31] Y. Fu and J. Liu, “System Design for Wearable Blood Oxygen Saturation and Pulse Measurement Device,” *Procedia Manuf.* vol. 3, pp. 1187–1194, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.197.
- [32] *2018 International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE).* IEEE, 2018.
- [33] Institute of Electrical and Electronics Engineers. *et al.*, *Information & Communication Technologies (ICT), 2013 IEEE Conference on : 11-12, 2013 : [Noorul Islam University, Nagercoil, India].* IEEE, 2013.
- [34] N. Burioka, “Telemonitoring of home oxygen therapy: A review of the state of the art and introduction of a new cloud-based system,” *Yonago Acta Med*, vol. 63, no. 4, pp. 239–245, 2020, doi: 10.33160/yam.2020.11.001.
- [35] S. Panicacci *et al.*, “Telemonitoring in the Covid-19 era: The tuscany region experience,” *Healthcare (Switzerland)*, vol. 9, no. 5, p. 516, 2021, doi: 10.3390/healthcare9050516.
- [36] B. Yip, H. W. Hirai, Y. H. Kuo, H. M. Meng, S. Wong, and K. K. F. Tsoi, “Blood Pressure Management with Data Capturing in the Cloud among Hypertensive Patients: A Monitoring Platform for Hypertensive Patients,” in *Proceedings - 2015 IEEE International Congress on Big Data, BigData Congress 2015*, Aug. 2015, pp. 305–308. doi: 10.1109/BigDataCongress.2015.50.
- [37] Institute of Electrical and Electronics Engineers. *et al.*, *Information & Communication Technologies (ICT), 2013 IEEE Conference on : 11-12, 2013 : [Noorul Islam University, Nagercoil, India].* IEEE, 2013.
- [38] A. el Attaoui, S. Kaissari, A. Jilbab, and A. Bourouhou, “Wearable Wireless Sensors Node for Heart Activity Telemonitoring,” in *2020 International Conference on Electrical and Information*