

SISTEMA IOT MULTIPARAMÉTRICO Y MONOPARAMÉTRICO PARA MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

SECTOR DE LA TÉCNICA

5

La presente invención hace parte del campo técnico de dispositivos para medición y análisis de datos de calidad de agua, específicamente en el área de internet de las cosas (IoT).

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En Colombia, a excepción del río Cauca que cuenta con una red de monitoreo de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca en la Ciudad de Cali, compuesta por dos estaciones fijas para la medición de los parámetros de calidad de agua ubicada en el río, las fuentes hídricas adicionales no poseen ninguna cobertura dado el costo de la implementación, la infraestructura a utilizar y la ubicación geográfica que hace de la comunicación un tema complejo a resolver para la conectividad de los equipos, por lo tanto no aparece alguna información en tiempo real la cual permita conocer la verdadera situación de los ríos actualmente.

Actualmente, existen una gran cantidad de dispositivos de medición y monitoreo de variables relacionadas con la calidad de agua. De estos dispositivos sobresalen aquellos que mediante tecnologías como internet de las cosas (IoT) permiten obtener estas variables y mediciones mediante sensores que se conectan con plataformas y servidores remotos, tales como plataformas de nube, para su posterior análisis e interacción de los usuarios en tiempo real.

30

En primera medida, la patente WO22024009 divulga un dispositivo que hace funcionar diferentes instalaciones de bombeo distintas e incluye un motor de aprendizaje de máquina, por ejemplo, una red neuronal, que proporciona parámetros de bombeo y/o parámetros de optimización de procesos a dichas instalaciones. La máquina de aprendizaje comprende una etapa de entrada configurada para recibir un conjunto de datos, por lo que cada conjunto de datos contiene datos obtenidos de una pluralidad de dispositivos IoT, estando asociado cada dispositivo IoT con

un pozo distinto. Adicionalmente, el dispositivo IoT para monitorear las propiedades de un depósito de agua subterránea comprende sensores para monitorear series temporales de un parámetro de un depósito de agua subterránea y medios para transmitir y recibir datos hacia y desde una plataforma en la nube. Este dispositivo resulta relevante para la medición de variables por medio de sensores en una fuente de agua para una posterior visualización en una plataforma de nube, sin embargo, en este dispositivo no es posible realizar una calibración de parámetros de los sensores por medio de protocolos tales como bluetooth de bajo consumo (BLE), lo cual genera valores de lectura de los sensores con una precisión más alta, además que no cuenta con protocolos de comunicación tales como LoRaWAN, que permite la interconexión entre objetos inteligentes sin la necesidad de configuraciones complejas, con bajos consumos de energía y largos alcances en la comunicación.

Por otra parte, la patente WO2021260732 divulga un sistema para la gestión autónoma e inteligente de cuerpos de agua, el cual está conformado por un sistema de acuicultura el cual un módulo de aireación, un módulo dispensador de nutrientes, un módulo sensor y una puerta de enlace de comunicación, en la que la puerta de enlace de comunicación corresponde a un centro de comunicación inalámbrico que está configurado para conectarse de forma comunicativa con el sistema de acuicultura. Adicionalmente, el sistema cuenta con un módulo de computación en la nube, en el que el módulo de computación en la nube está configurado para conectarse con Internet, con la puerta de enlace de comunicación y el sistema de acuicultura a través de medios alámbricos o inalámbricos. En el caso de esta patente, igualmente no menciona la posibilidad de una calibración de parámetros de los sensores por medio de protocolos tales como bluetooth de bajo consumo, además que tampoco menciona una transmisión de datos por medio de un protocolo tal como LoRaWAN, por lo que de igual manera que la patente anterior, no resulta relevante para ser permitir una comunicación sin configuraciones complejas, con bajos consumos de energía y largos alcances en la comunicación.

Adicionalmente, la patente CN210518840 presenta una microcomputadora que combina sensores para monitorear varios

parámetros como la turbidez del agua, el valor de PH, la temperatura del agua, el valor de TDS en tiempo real y transmite los datos a una Raspberry Pi a través de la comunicación inalámbrica Zigbee. A continuación, una cámara monitorea e identifica objetos flotantes en la superficie del agua. Los datos de la imagen se envían regularmente a la nube a través de la comunicación de banda estrecha NB-IoT para compartir datos. En este caso en particular, esta patente resulta igualmente relevante para la medición de parámetros de calidad de agua para un posterior envío de datos a la nube, sin embargo, posee las limitantes de las patentes anteriormente mencionadas respecto a la medición precisa de los datos, así como de una comunicación eficiente en términos de distancias y consumo de energía.

Por consiguiente, en la actualidad no existen sistemas que conformen una red de sensores para el monitoreo y parametrización de variables físicas de los ríos desde una cuenca alta hasta una cuenca media, que permita generar alertas tempranas ante posibles sucesos inesperados presentes en los cuerpos de agua de los ríos, mediante protocolos de comunicación que permita calibrar parámetros de los sensores para mediciones más precisas, así como protocolos de comunicación que permitan un envío eficiente de datos a una plataforma de nube, con bajos consumos de energía y con largos alcances en las transmisiones de datos.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCION

Un sistema IoT multiparamétrico y monoparamétrico para monitoreo de calidad de agua que consta de dos módulos para crear un ecosistema de monitoreo integral de bajo costo y de mínima infraestructura posible que permite detectar variables físicas del agua en tiempo real como turbidez, conductividad, temperatura, pH, solidos totales disueltos, solidos totales suspendidos, nivel y cantidad de agua entre otras, en un punto fijo como una bocatoma o planta de tratamiento (PTAR) o en diferentes puntos ubicados geográficamente y estratégicamente aguas arriba en una zona segura y accesible, logrando de esta manera determinar posibles puntos de vertederos contaminantes que lleguen al río, además de proteger a las personas por medio de alertas tempranas en caso de crecientes o agentes contaminantes.

El sistema permite procesar y transmitir las variables que caracterizan la calidad del agua monitoreada a una puerta de enlace por medio del protocolo LoRaWAN, para posteriormente ser enviadas a un servidor remoto alojado en la nube que almacena esta información y ejecuta tareas de reporte, notificación y visualización de las variables detectadas para la toma de decisiones o ejecución de alertas tempranas.

Para una bocatoma o una PTAR, un sistema de alertas tempranas es de suma importancia o prioridad alta, dado que el hecho de poder tener una herramienta que les permita saber cuándo hay agentes contaminantes, crecientes en las temporadas de lluvias les permite tener el tiempo suficiente para realizar maniobras de cierres de válvulas y lavado de filtros, además de poder controlar los insumos en cuanto a coagulantes y químicos utilizados para el tratamiento de las aguas. Lo mismo sucedería en las temporadas de verano o sequías.

DESCRIPCIONES DE LAS FIGURAS

La Figura 1 ilustra la topología del sistema IoT multiparamétrico y monoparamétrico para monitoreo de calidad de agua.

La figura 2 ilustra el mecanismo para captación de agua y toma de mediciones por parte de los sensores.

La figura 3 ilustra la interfaz de la API BLE para configuración de los parámetros de las mediciones de los sensores.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

A continuación, se describirá de manera detallada la presente invención que se expone en las figuras adjuntas.

En relación con la figura 1, se indica la topología del sistema propuesto, el cual está conformado por un módulo multiparamétrico (100) ubicado en una bocatoma o planta de tratamiento de aguas residuales, el cual es un dispositivo autosostenible energéticamente por medio de un panel

solar (101), un controlador de carga (102) y una batería recargable (103).

Adicionalmente, el módulo multiparamétrico (100) cuenta con sensores de temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad y turbidez (104) para toma de mediciones de estas variables físicas sobre el agua captada en la planta de tratamiento.

El módulo (100) indica el estado del panel solar (101) y la batería (103) mediante la visualización de voltajes y cuenta con un controlador (106) que realiza las siguientes operaciones: inicialización, muestreo de la salida de los sensores (104) con los parámetros establecidos, conversión obtenida de la lectura de los sensores (204) en un valor promedio para obtener datos precisos e instantáneos de las variables, almacenamiento de datos en una memoria interna (105) y transmisión de los datos procesados a una puerta de enlace (107). Las medidas se transmiten a la puerta de enlace (107) por medio de radio frecuencia en la banda de 915 MHz a través de una red a través del protocolo LoRaWAN para el reporte de algún evento.

Por otra parte, el módulo multiparamétrico (100) permite seguir en tiempo real las medidas realizadas por los sensores (104), los cuales pueden utilizar protocolos tales como MODBUS RS485 RTU, comunicación serial o I2C para la comunicación de los parámetros de temperatura, oxígeno, pH, conductividad, turbidez, entre otros. En contraste con el módulo monoparamétrico (200) que se detallará a continuación, este dispositivo solo puede ser instalado en un punto fijo por su infraestructura en la captación de agua.

Este módulo (100) permite integrar hasta cinco sensores de variables físicas a una distancia de cinco metros entre el sensor y el dispositivo controlador (106), además que el módulo puede estar a una distancia desde 1 m hasta 5 Km de la puerta de enlace (107). Esta distancia puede aumentar o disminuir dependiendo de las condiciones donde sea instalado. El controlador (106) permite la configuración independiente de cada sensor (204) considerando sus parámetros de medición, intervalos de muestreo y las constantes de calibración.

Adicionalmente, el controlador (106) se configura para recibir y configurar parámetros de calibración que han sido establecidos por un usuario de manera remota por medio de un dispositivo móvil, con la finalidad de calibrar los sensores (104) a valores de lectura deseados.

- 5 Esta recepción y configuración de parámetros se realiza con una API por medio del protocolo bluetooth de bajo consumo (BLE 5.0).

Por otro lado, el sistema cuenta con un módulo monoparamétrico (200) que se encuentra ubicado en la cuenca alta o baja de un río, que al igual
10 que el módulo multiparamétrico (100) es un dispositivo autosostenible energéticamente por medio de un panel solar (201), un controlador de carga (202) y una batería recargable (203). Al contrario del sensor (104) del módulo multiparamétrico (100), en este módulo (200) solo puede ser conectado un sensor (204) que mide cualquier variable física de
15 calidad de agua, pero posee la ventaja de ser instalado en cualquier punto del caudal bajo, caudal medio o caudal alto del recorrido de un río.

El módulo monoparamétrico (200) cuenta igualmente con una unidad de
20 memoria (205) y un controlador (206) que realiza las siguientes operaciones: inicialización, muestreo de la salida del sensor (204) con los parámetros establecidos, conversión obtenida de la lectura del sensor (204) en un valor promedio para obtener datos precisos e instantáneos de las variables, almacenamiento de datos en la unidad de memoria
25 (205) y transmisión de los datos procesados a una puerta de enlace (107). Los datos recolectados por el sensor (204) también son enviados a la puerta de enlace (107) por medio del protocolo de comunicaciones LoRaWAN.

30 Igualmente, el controlador (206) se configura para recibir y configurar parámetros de calibración que han sido establecidos por un usuario de manera remota por medio de un dispositivo móvil, con la finalidad de calibrar el sensor (204) a valores de lectura deseados. Esta recepción y configuración de parámetros de configuración se realiza al igual que el
35 módulo multiparamétrico con una API por medio del protocolo bluetooth de bajo consumo (BLE 5.0).

Tanto el controlador (106) como el controlador (206) de los módulos multiparamétrico (100) y monoparamétrico (200) respectivamente, ejecutan la operación del promedio de las lecturas muestreadas de los sensores (104) y (204) por medio de un filtro de mediana digital, con el fin de mejorar los valores obtenidos en las mediciones de los sensores y eliminar ruidos. En el caso que no se implementara este tipo de filtro, se presentaría la aparición de puntos espurios que corresponderían a lecturas que se desviarían en gran medida del valor real de la medida.

El filtro emplea un búfer de datos para almacenar una cantidad de N muestras. Posteriormente, el filtro ordena todos los valores contenidos y el resultado final de la lectura del sensor utilizando el filtro es el promedio de los valores contenidos. El tamaño de N es de 20 muestras dado que, si se aumenta la cantidad de muestras, se pueden generar retardos en la velocidad de procesamiento. Para las muestras adquiridas, los microcontroladores que hacen parte de los controladores (106) y (206), tardan dos milisegundos en entregar el promedio de los datos.

Este sistema IoT multiparamétrico y monoparamétrico se realiza para implementaciones en áreas de largo alcance llamadas redes de bajo consumo y de área extensa (por sus siglas en inglés LPWAN). Gracias a su alta sensibilidad, esta implementación de red minimiza el número de puertas de enlace requeridas, además de prolongar la vida útil de los dispositivos y su sistema de alimentación en comparación con otras soluciones debido a su baja potencia y las topologías que permite configurar. El desarrollo LoRaWAN tanto para el módulo multiparamétrico (100) como para el módulo monoparamétrico (200) tiene una configuración clase A ~ C (modo bajo consumo, modo siempre escucha).

La solución inalámbrica del sistema se basa en cuatro elementos principales: el módulo IoT multiparamétrico (100) y el módulo IoT monoparamétrico (200) instalados en un punto definido para el monitoreo, la puerta de enlace (107) y la plataforma de gestión que tiene tres componentes: i) un servidor alojado en la nube (300), ii) un servidor de almacenamiento local (301) y iii) un servidor LoRaWAN (302).

Todas las señales transmitidas por el módulo multiparamétrico (100) y por el módulo monoparamétrico (200) llegan a la puerta de enlace (107), la cual va a estar conectada a internet por cualquier medio disponible para ello (red LAN, Wifi, UMTS, celular, entre otros), y a través de internet se cargará la información al servidor alojado en la nube (300) donde se encuentran todos los aplicativos que consolidan los datos y gestionan todos los informes, la trazabilidad, los reportes y notificación por vía celular para la toma de decisiones.

- El sistema de gestión de los módulos (100) y (200) está basado en una plataforma web (500), lo que garantiza su accesibilidad desde una red externa en una computadora o dispositivos móviles tipo tablet o celular que cuenten con conexión a internet, y adicionalmente puede ser integrada a un sistema SCADA para una central o centro de control maestro de monitoreo.

Por otra parte, la figura 2 muestra el sistema de captación de agua para la medición de variables físicas por medio de los sensores (104) y (204), el cual cuenta con una motobomba (400) de 551.62 W, la cual capta y envía agua a las probetas (401) que se encuentran conectadas a los sensores (104) y (204).

Finalmente, la figura 3 muestra una interfaz de una API donde se realiza la recepción y la configuración de los parámetros de las mediciones de los sensores por medio del protocolo bluetooth de bajo consumo (BLE 5.0).

EJEMPLO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

- A continuación, se detallará la realización preferida para la realización y ejecución de la presente invención.

El sistema propuesto incluye una aplicación que se conecta por medio del protocolo BLE 5.0 hasta una distancia de 100 m de un dispositivo móvil de usuario, donde la persona autorizada accederá a través del dispositivo por medio de autenticación para validar si es un mantenimiento y poder generar calibraciones referentes a valores de

lectura de los sensores (104) y (204) dentro del controlador (106) y (206).

5 Luego del ingreso, se registrará una solicitud de mantenimiento en el módulo instalado. El servidor alojado en la nube (300) validará dos ítems de chequeo: a) si el usuario está autorizado para realizar el mantenimiento y b) si está localizado a menos de 100 m del módulo (100) o del módulo (200). Si se cumplen los dos criterios, el servidor (300) confirmará la autorización de ingreso al módulo (100) o (200) sin
10 límite de tiempo.

El usuario autorizado tendrá un periodo de 5 minutos para ejecutar alguna tarea luego de la autenticación, momento a partir del cual el sistema cambia el módulo (100) o (200) a un modo de mantenimiento y
15 todos los eventos generados serán omitidos. Al terminar las actividades, la persona encargada enviará la notificación de cierre de mantenimiento a través de la aplicación y el sistema reiniciará el monitoreo normal del módulo (100) y (200).

20 Por último, cuando se presente una alarma por alteración que sobrepasa un parámetro del nivel de alguna medida física capturada por los sensores (104) y (204), se le notificará el incidente al operario de turno.