$\mathcal{DIFU}_{100}ci@$
Revista de Difusión Científica, Ingeniería y Tecnologías
Vol. 17, No. 2, Mayo - Agosto 2023
ISSN:2007-3585
Artículo arbitrado
Publicado: 31 de agosto de 2023

IoT monitoring node for satellite modem status

Nodo IoT para monitoreo del estado de un módem satelital

Juan Pablo Morales-Alvarez[*1], **Enrique Cruz-Sánchez**[1], **Jesús Fernando Vizcarra-Guerrero**[1], **Gerardo Ochoa-García**[1], and **Víktor Iván Rodríguez-Abdalá**[2]

[1] *Tecnológico Nacional de México/I.T. de La Paz,*
Departamento de Metalmecánica,
Blvd. Forjadores, La Paz, B.C.S, México, 23080.
{juan.ma,l18310694,l18310162,l18310205}@lapaz.tecnm.mx

[2] *Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Posgrado en Ingeniería para la Innovación Tecnológica,*
Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica,
Campus Siglo XXI, Zacatecas, Zac., Mexico, 98160.
abdala@uaz.edu.mx

Abstract

This article presents the development of an IoT node for remote monitoring of the status of a satellite modem using the ESP32 DevKit V1 board and Wi-Fi as the communication protocol. The project provides solutions to issues related to data transmission failures from a remote seismograph, facilitating the remote monitoring and control of the satellite modem. Monitoring of the modem's LED status and remote reboot control were implemented.

***Keywords*—** IoT, Fault Detection, Remote monitoring

Resumen

Este artículo presenta el desarrollo de un nodo IoT para el monitoreo remoto del estado de un módem satelital utilizando la placa ESP32 DevKit V1 y Wi-Fi como protocolo de comunicación. El proyecto proporciona soluciones a problemas de fallas en la transmisión de datos desde un sismógrafo remoto, facilitando el monitoreo y control remoto del módem satelital. Se implementó el monitoreo del estado de los LEDs del módem y el control remoto para su reinicio.

***Palabras clave*—** IoT, Detección de fallas, Monitoreo remoto

I. Introducción

El Internet de las Cosas (IoT, del inglés Internet of Things) es un referente para el monitoreo remoto, ya que permite la conectividad de redes tanto de corto, como de largo alcance. El IoT es una red de dispositivos que comunican datos de forma bidireccional. A diferencia de otras redes, estas son de bajo consumo energético y se comunican a un punto de acceso generalmente en un salto, así los datos son enviados a una plataforma para ser consultados por los usuarios a través de Internet.

En este proyecto se diseñó e implementó el monitoreo remoto del estado de un módem satelital basado en IoT. Se utilizó la placa de desarrollo ESP32 DevKit V1 [1] para conectarse a un servidor de red (NS, del inglés Network Server) basado en *cayenne.mydevices.com*, de la compañía myDevices [2]. Con el objetivo de monitorear remotamente un módem satelital, se observó los LEDs de estado de dicho módem, así mismo, se realizó el control remoto de encendido y apagado.

El protocolo de comunicación utilizado es Wi-Fi, ya que la placa ESP32 DevKit V1 puede conectarse a red Wi-Fi. La ubicación del nodo IoT está dentro del alcance de un segundo módem satelital que conecta a Internet vía Wi-Fi, al cual el nodo IoT se enlaza para subir el estado de los LEDs del módem satelital del sismográfo al NS.

[*]Autor de correspondencia

El módem satelital que se monitorea es el iQ 200 Desktop, al servicio del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) - Unidad La Paz [3], el cual se renta a GlobalSat México [4] para subir los datos del sismógrafo ubicado en San Evaristo, B.C.S.

El CICESE Unidad La Paz, carece de un sistema de monitoreo remoto a su módem satelital utilizado con el sismógrafo de San Evaristo, B.C.S. Ante lo cual no es posible identificar el tipo de falla cuando deja de recibir datos del sismógrafo. Las fallas pueden tener dos origenes: 1) a un estado de reposo no deseado del módem, ocasionado por las variaciones en la energía del banco de baterías, o 2) a problemas de conectividad de la red GlobalSat.

Para el primer tipo de falla, ajena a la red GlobalSat, donde módem entra en estado de reposo no deseado por las variaciones de energía, la solución es que debe ser reiniciado. Sin la posibilidad de un reinicio remoto, el personal de CICESE debe acudir desde la ciudad de La Paz, B.C.S. a la ubicación del módem satelital para su reinicio local. La segunda falla puede ser identificada por el estado de los LEDs y así reportar al servicio técnico de GlobalSat. El nodo IoT de monitoreo remoto del estado de los LEDs del módem satelital, ofrece la posibilidad de identificar estos tipos de fallas y tomar decisiones.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la Sección II se describen los trabajos relacionados. En la Sección III, el modelo de sistema, se detalla la implementación del nodo IoT, se describen el servidor y los paneles para monitoreo remoto. En la Sección IV se describen las pruebas de transmisión realizadas y los resultados obtenidos. Finalmente, en la Sección V se muestran las conclusiones del presente trabajo.

II. Trabajos relacionados

En [5] describen un sistema IoT para el monitoreo de tanques de agua utilizando tecnología IoT enfocado al monitoreo de la calidad del agua. Este sistema utiliza Arduino junto con sensores de pH, TDS, turbidez, y un módulo Wi-Fi para la transmisión inalámbrica de datos. No solo proporciona un monitoreo en tiempo real, sino que también mejora la eficiencia en el uso del agua y la energía, gracias a su capacidad para controlar automáticamente el flujo de agua y su diseño que integra energía solar, lo que lo hace sostenible y eficiente. Esta solución representa una mejora significativa para la gestión de recursos hídricos, especialmente en áreas donde el acceso a agua limpia y segura es crítico.

El trabajo en [6] se centra en mejorar la seguridad y la gestión de las tapas de alcantarillas en zonas urbanas mediante el uso de tecnología IoT. Wi-Fi es el protocolo principal de comunicación, el sistema monitorea en tiempo real varios parámetros como temperatura, presencia de gases y estado de la tapa de la alcantarilla. Un objetivo del estudio es la efectividad del sistema en la prevención de accidentes y la mejora de la gestión de alcantarillas, reduciendo los riesgos para los trabajadores de saneamiento y del público.

En [7] exploran la distribución de recursos y el análisis del consumo de energía en dispositivos móviles utilizando técnicas de aprendizaje automático. La aplicación de este estudio es mejorar la eficiencia energética y la gestión de recursos en dispositivos móviles conectados, lo cual es crucial para extender la vida útil de la batería y optimizar el rendimiento del sistema en entornos de dispositivos móviles. Utilizando una Raspberry Pi como interfaz de monitoreo web, el sistema permite la conexión inalámbrica de dispositivos móviles Android a través de una conexión de red Wi-Fi. Se describe que el uso de un clasificador XGBoost implementado en la Raspberry Pi mejora la asignación de recursos y la gestión del estado de inactividad de los dispositivos basándose en patrones de uso en tiempo real, lo que contribuye significativamente a la sostenibilidad y el rendimiento de los entornos de móviles.

III. Modelo de sistema

La solución propuesta consiste de un nodo IoT diseñado para el monitoreo remoto de los LEDs de estado de un módem satelital, dicho nodo es implementado utilizando un microcontrolador ESP32, el cual fue seleccionado por su bajo consumo de energía y conectividad inalámbrica. La detección del estado de los LEDs es realizado a través de fotorresistencias (LDR, del inglés Light Dependent Resistors) alineadas con los LEDs del módem, el microcontrolador realiza la conversión analógica a digital de la intensidad de la luz del LED y clasifica el estado del LED. El estado de los LEDs se envía a una plataforma IoT para su consulta de forma remota a través de cualquier dispositivo que pueda conectarse a Internet.

El nodo muestrea periódicamente la intensidad de la luz de cada LED, clasificando el estado como ENCENDIDO o APAGADO, siendo esto determinado por un umbral. Los datos procesados son enviados al servidor de la plataforma *cayenne.mydevices.com* vía Wi-Fi, permitiendo así la supervisión continua del estado operacional del módem.

Se asume que la alineación del sensor con el LED es fija, con poca interferencia de luz ambiental y una cobertura inalámbrica confiable dentro del área de cobertura. Esto permite una supervisión en tiempo real del comportamiento del módem, tal como la actividad del enlace, la intensidad de la señal o las condiciones de fallo, esto sin requerir el acceso físico al módem.

La Fig. 1 muestra la arquitectura del sistema, la cual se compone del nodo IoT con el sensor, el módem, el

servidor de aplicación y los dispositivos finales para la consulta de los datos.

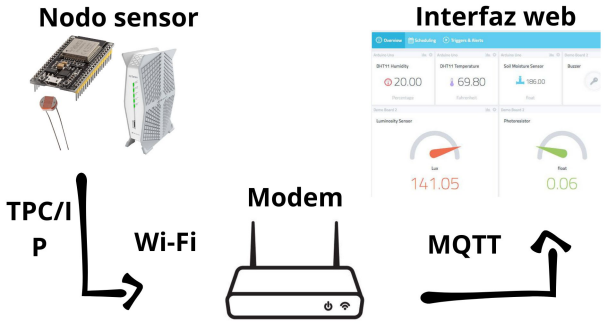


Figura 1: *Diagrama general*

La plataforma *cayenne.mydevices.com* es una red IoT global y abierta que usa el protocolo MQTT (del inglés, Message Queuing Telemetry Transport) para la recepción de los datos de los nodos IoT y facilita al usuario el acceso y visualización de los datos en tiempo real, así como el histórico de los mismos. La plataforma permite configurar alarmas para recibir alertas por correo electrónico o mensajes de texto a través de Telegram. Cayenne es a la vez un NS y un servidor de aplicación (NA, del inglés Network Application)

III.1. Nodo IoT

Para el diseño e implementación del nodo IoT se empleó la placa DevKit v1 DOIT con el microcontrolador ESP32. El diseño del circuito electrónico integra todos los componentes necesarios, además del ESP32, incluyendo: resistencias, LDRs, diodos, un regulador de voltaje LM2596, adecuado para convertir la fuente de alimentación de 24 V que energiza al módem, y un cargador de baterías TP4056, incorporado como respaldo ante posibles fallas en el suministro de energía. El diagrama esquemático se muestra en la Fig. 2.

El diseño de placa electrónica (PCB, del inglés Printed Circuit Board) se generó a partir del esquemático. No obstante, fue necesario ajustar manualmente el tamaño y la forma de algunos componentes para garantizar la compatibilidad con sus equivalentes físicos reales. Una vez verificado y corregido el diseño de la PCB, se fabricó la placa del nodo IoT.

III.2. Módem

El módem satelital iQ 200 Desktop cuenta con dos puertos de red Gigabit Ethernet VLAN-aware e intarfaz inalámbrica para acceso a Internet, SCADA voz sobre IP (VoIP), transmisión de video y multidifusión. Permite alcanzar velocidades de hasta 200 Mbps cuando se utiliza el modo L2oS (siglas en inglés de layer 2 over Satellite)

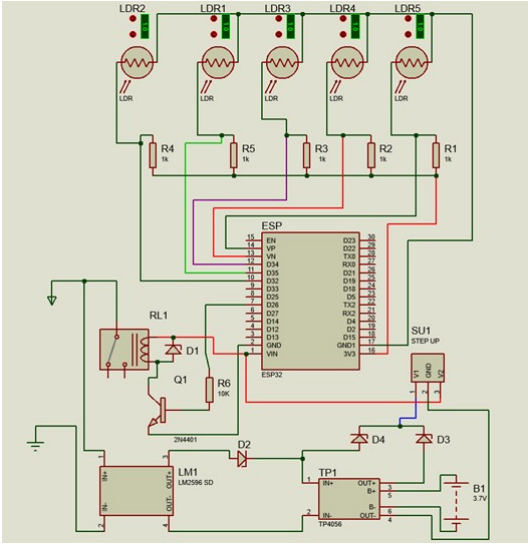


Figura 2: *Diagrama esquemático del nodo IoT*

y es compatible con una variedad de configuraciones de ODU (siglas en inglés de Outdoor Unit) [8]. En la Fig. 3 se puede observar la ubicación de los LEDs de estado del módem.

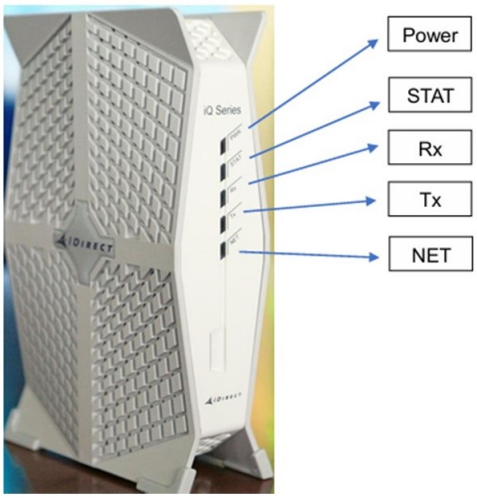


Figura 3: *Módem satelital iQ 200*

III.3. Servidor de aplicación

La Fig. 4 muestra la página web de Cayenne, específicamente, la opción *Bring your own thing* para agregar el nodo IoT desarrollado.

Una vez registrado el nodo IoT, se agregan widgets que representan los sensores de luz y el actuador que lo conforman. Estos widgets se muestran en la Fig. 5, e indican el estado del módem iQ 200. Siendo estos los LEDs de:

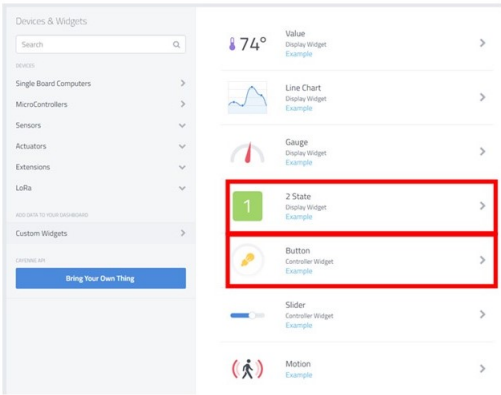


Figura 4: *Plataforma Cayenne*

- Power: indica el estado de alimentación y el estado general del módem. Se enciende en verde cuando el módem está encendido.
- Status: indica el estado del módem, si está funcionando correctamente permanecerá encendido.
- Rx: muestra el flujo de la recepción de datos, la mayor parte del tiempo está encendido, pero tiende a parpadear si está recibiendo gran cantidad de datos.
- Tx: denota el flujo de la transmisión de datos, la mayor parte del tiempo está encendido, pero tiende a parpadear si está enviando gran cantidad de datos.
- NET: indica la calidad de la señal de enlace o enlace satelital. Puede proporcionar información sobre la intensidad y la calidad de la señal satelital.

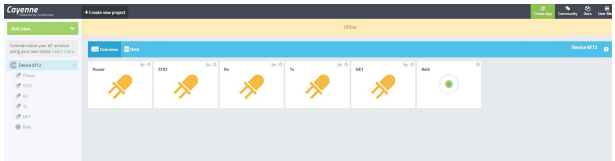


Figura 5: *Panel del sistema IoT en* cayenne.mydevices.com

El icono *Relé*, permite controlar un relevador con la finalidad de realizar un reinicio remoto del módem.

III.4. Carcasa del nodo

En la Fig. 6 se muestra el modelo 3D de la carcasa. La carcasa se coloca sobre el módem iQ 200 Desktop. El diseño se ajusta al módem (Fig.3) con la finalidad de disminuir la interferencia de luz ambiental e integrar la placa del nodo IoT, el relevador y las baterías.

Se añadieron perforaciones para los cables de alimentación y de comunicación. Se creó una estructura para soportar las LDR alineadas con los LEDs del módem.

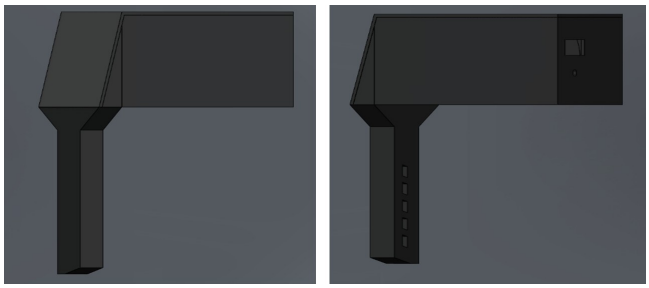


Figura 6: *Modelo 3D de carcasa impresa*

IV. Pruebas y resultados

El nodo IoT se instaló en el módem junto con la carcasa en la localidad de San Evaristo, B.C.S. (Fig. 7), a 130 km al norte de la ciudad de La Paz, B.C.S. Así mismo, se verificó desde la capital del estado, que el envío de los estados de los LEDs del módem satelital a través del NA sea correcto y en tiempo real.

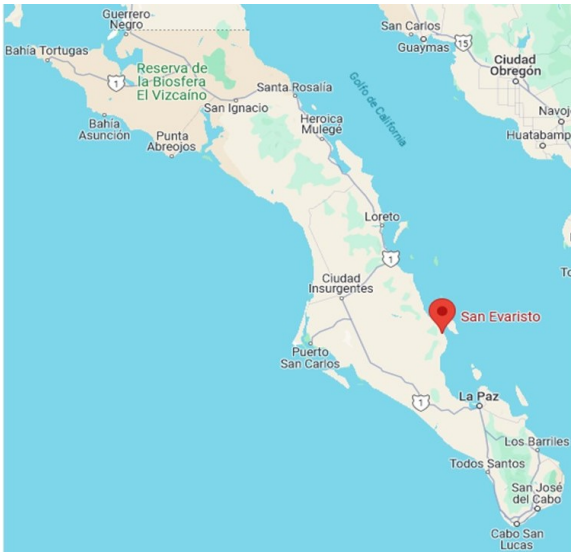
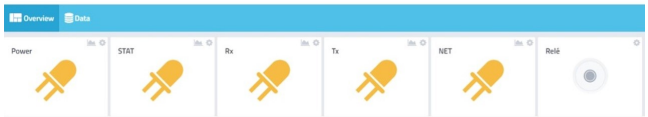


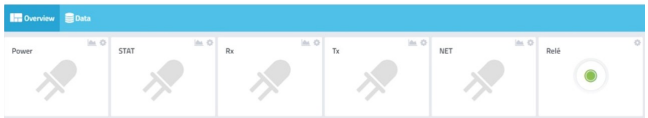
Figura 7: *Ubicación del nodo sensor.*

La Fig. 8 presenta el panel del nodo IoT de monitoreo, la Fig. 8 (a) muestra los widgets de los LEDs encendidos del módem durante las pruebas, indicando que el módem se encuentra funcionando correctamente, el widget correspondiente al *Relé* se encuentra apagado. La Fig. 8 (b) muestra el LED de Power apagado, esto debido a variaciones en el voltaje, por lo que el resto de los LEDs están apagados, indicando un fallo la alimentación del módem. Para reiniciar el módem se presiona el botón *Relé*, este cambia a color verde, y una vez reiniciado el módem se apaga el LED *Relé*.

Aunque en todas las pruebas los parámetros siempre se mantuvieron encendidos, es de esperar que este valor pueda cambiar en cualquier momento y se tengan que



(a) *Panel de lectura en tiempo real LEDs encendidos*



(b) *Panel de lectura en tiempo real LEDs apagados*

Figura 8: *Paneles de los datos en* cayenne.mydevices.com.

tomar acciones para restablecer el módem, y el acceso a la información requerida por parte de personal del CICESE.

En las lecturas que se obtuvieron por parte del NA se comprobó que el estado de los parámetros recibidos es correcto. Con respecto a la ubicación del sensor se encuentra en el rango de cobertura del módem a Internet, por lo que el envío de los datos es confiable.

V. Conclusiones

El proyecto demostró ser capaz de realizar el monitoreo y la gestión remota de un módem satelital en entornos remotos, ofreciendo una solución a los problemas de monitoreo y control de dispositivos críticos para la transmisión de datos científicos, en este caso un sismógrafo. La integración de tecnologías IoT, junto con el uso del protocolo Wi-Fi y la plataforma *cayenne.mydevices.com*, ha permitido una mejora en la capacidad de respuesta ante fallos del módem, reduciendo la necesidad de intervención in situ y reduciendo los tiempos de reacción ante contingencias, dada la posibilidad del reinicio remoto del módem del sismógrafo.

Como trabajo futuro se desea integrar un panel solar para evitar la dependencia de la fuente de alimentación eléctrica. Así como diseñar e implementar un NA propio para una disponibilidad local de los datos.

Agradecimientos

Agradecemos a la dirección del CICESE Unidad La Paz por todo el apoyo brindado para poder llevar a cabo este trabajo, así como al TecNM/ITLP por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

Referencias

[1] ESPRESSIF. *ESPRESSIF*. Último acceso: 16 marzo 2023. 2023. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.

[2] Cayenne. *Cayenne*. Último acceso: 13 marzo 2023. 2023. URL: https://developers.mydevices.com.

[3] CICESE. *Cicese.edu.mx*. https://www.cicese.edu.mx/welcome/acerca/. [Último acceso: 23 marzo 2023]. 2023.

[4] Globalsat. *Globalsat: Soluciones Satelitales*. https://web.globalsat.mx/. [Último acceso: 12 mayo 2023]. 2023.

[5] Sabeena K. y Haseena P. Y. «Design and Implementation of a Feasible Model for the IoT-Based Ubiquitous Healthcare Monitoring System for Rural and Urban Areas». En: *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 8.11 (2023), págs. 212-217. ISSN: 2456-2165. URL: http://www.ijisrt.com.

[6] Komal Mahalunge et al. «An IoT Based Manhole Monitoring System». En: *International Journal for Scientific Research & Development* 8.4 (2020), págs. 16-18. ISSN: 2321-0613. URL: http://www.ijsrd.com/C_Article.php?manuscript=IJSRDV8I40196.

[7] I. Varalakshmi et al. «Design and Analysis of Energy Consumption using Machine Learning Resource Allocation on Mobile Gadgets». En: *International Journal of Computer Science and Development* 10 (2023), págs. 212-217. URL: http://www.ijcds.com/article_number=1571024322.

[8] Satcom. *Satcom*. Último acceso: 14 abril 2023. 2023. URL: https://www.satcomresources.com/iDirect-iQ-Desktop-Satellite-Modem.