

Desarrollo de middleware y aplicación cliente para sistema de miniboyas ambientales

Zaradnik, Ignacio; Dominguez, Facundo; Kumvich, Augusto; Lupi, O.Daniel;
Caccaviello, Diego.

Laboratorio de Inteligencia Ambiental Departamento de Ingeniería e Investigación Tecnológica,
Universidad Nacional de La Matanza. Buenos Aires, Argentina

izaradnik@unlam.edu.ar; dominguez@unlam.edu.ar; kumvich@gmail.com; olupi@unlam.edu.ar;
dcaccaviello@unlam.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo detalla el desarrollo y la implementación de un middleware y la aplicación cliente de un sistema de miniboyas ambientales. Se comienza planteando la importancia del agua como recurso natural y los medios para asegurar su calidad. A continuación, se describe el hardware utilizado en la miniboya y los antecedentes asociados al presente trabajo. Finalmente, se realiza una breve explicación de la arquitectura del software implementado, se detallan sus principales elementos y las consideraciones tenidas en cuenta en el desarrollo del middleware y de la aplicación cliente.

Palabras Clave: Middleware, Internet de las cosas, Ecosistema Acuático, SQL, MQTT.

CONTEXTO

En el marco del Laboratorio de Inteligencia Ambiental del Departamento de Ingeniería e Investigación Tecnológica de la Universidad Nacional de La Matanza, se está trabajando desde hace algunos años en aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) [1][2][3]. El presente trabajo es parte de lo realizado en el marco del proyecto “Internet de las Cosas en Miniboyas Ambientales”, el cual se ha desarrollado entre comienzos del 2020 y fines del 2021. Este trabajo se financió con fondos provenientes del Programa de Incentivos para Docentes Investigadores de la Secretaría de Políticas Universitarias (PROINCE).

1. INTRODUCCION

En la actualidad existe una creciente preocupación por el deterioro del medioambiente y por el impacto que

determinadas actividades humanas pueden causar sobre él. En especial lo que afecta a los recursos naturales, destacándose el agua, que es un elemento básico para la vida. Según la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), el agua dulce es el recurso más importante para la humanidad, ya que abarca todas las actividades sociales, económicas y ambientales. Es una condición para toda la vida en nuestro planeta, un factor habilitador o limitante para cualquier desarrollo social y tecnológico, una posible fuente de bienestar o miseria, cooperación o conflicto [4]. En nuestro país, datos de AySA (Agua y Saneamientos Argentinos) indican que el 13% de la población no tiene acceso a agua potable [5]. El saneamiento inadecuado del agua para consumo humano es una de las causas de múltiples enfermedades y muertes a nivel mundial [6]. Por esta razón, determinar la calidad de las fuentes de agua que se utilizan para el consumo humano y de animales resulta indispensable, pudiendo así evitar las enfermedades y muertes resultantes del consumo de agua con el incorrecto saneamiento. Para asegurar la calidad del agua se consideran parámetros físicos, químicos y biológicos. Estos parámetros se fijan de manera diferenciada según los usos a los que se va a destinar el recurso (consumo humano, riego, industria, ganadería, vida acuática). En función de esta problemática es que se planteó el desarrollo de un sistema de miniboyas para el monitoreo de los ecosistemas acuáticos.

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

El objetivo general de este trabajo es desarrollar, implementar y estudiar los resultados del uso del sistema experimental de miniboyas ambientales. Para ello se investigaron: los distintos parámetros a medir para determinar la calidad del agua y los sensores asociados, la electrónica necesaria para acondicionar las señales de los sensores y para su procesamiento, las tecnologías de comunicaciones para la transmisión de los datos recolectados y los distintos medios para implementar un middleware y la aplicación cliente [7][8][9]. El presente trabajo se enfoca en este último punto.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Hardware del sistema

En la figura N°1 se puede observar el diagrama de bloques de la miniboya, mientras que en la figura N°2 se puede ver la maqueta construida con fines de evaluar los aspectos mecánicos de la misma. El módulo GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) empleado es el SL869V2, mientras que el módulo de conectividad celular es el UL865-NAD, ambos de la empresa Telit. El microcontrolador utilizado es el ATSAM4S16 de la empresa Microchip, el cual se encuentra integrado en una placa de desarrollo Xplained. Como alimentación se empleó un pack de baterías de Níquel-Metalhidruro (Ni-MH) de 4,8 V y 2100 mAh. En lo que respecta a los sensores, se consideraron los siguientes: oxígeno disuelto (SEN0237-A); conductividad (DFR0300-H) y pH/temperatura (SEN0249).

3.2. Antecedentes

En paralelo al desarrollo de los programas presentados en este trabajo se analizaron distintas alternativas de computación en la nube: IBM Cloud Solutions, Microsoft Azure Cloud, Google Cloud, Telit device wise y Digi Remote Manager. Como consecuencia de este análisis, se desarrolló una interfaz gráfica basada en la opción Telit device wise [9]. La elección de esta opción se fundamentó en que: ofrece el uso de la plataforma sin costo y sin limitaciones en el desarrollo de la interfaz (solo

en la cantidad de dispositivos conectados y el tiempo de permanencia de los datos); no limita el tiempo de uso de la plataforma; permite la utilización de mapas para la geolocalización; al trabajar con un módulo celular de Telit (como se realizó), la integración de éste a la plataforma es mucho más sencilla y el proveedor brinda soporte para la implementación. Con este análisis y el desarrollo implementado, se logró adquirir un mayor entendimiento de las distintas alternativas para futuros proyectos.

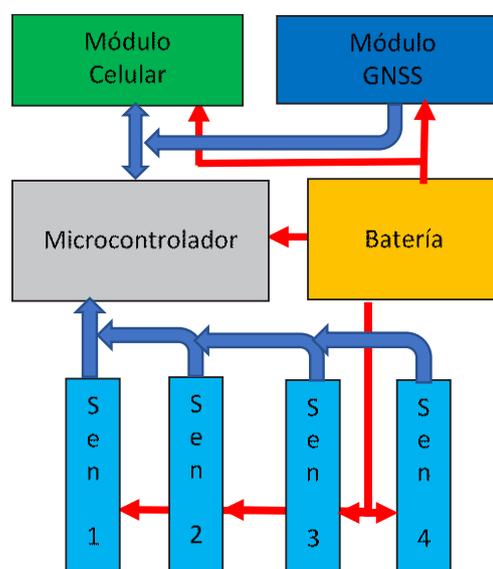


Figura N°1. Diagrama en bloques del sistema.

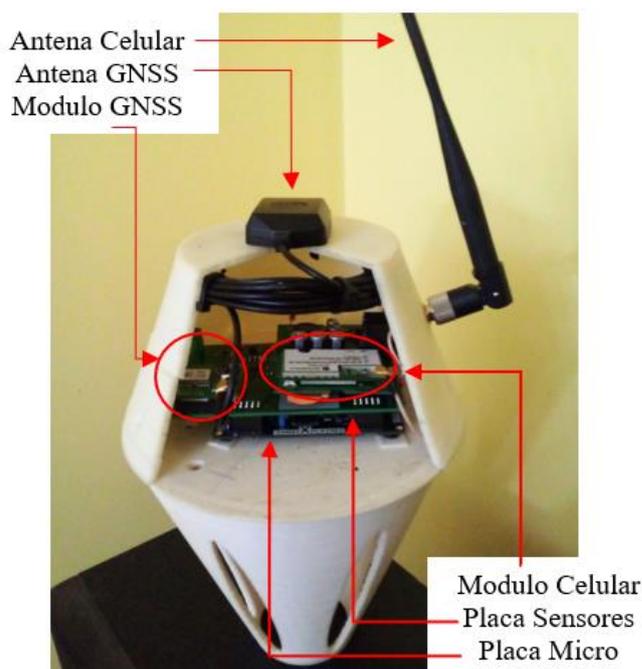


Figura N°2. Sistema experimental.

3.3. Desarrollo

3.3.1. Descripción General

En la figura N°3 se puede ver la arquitectura del software implementado (middleware y cliente). Dicho software se implementó en servidores propios, es decir, no se usó ningún servicio de computación en la nube. El middleware implementado consta de tres elementos: un broker MQTT, un intérprete de datos y una base de datos MySQL.

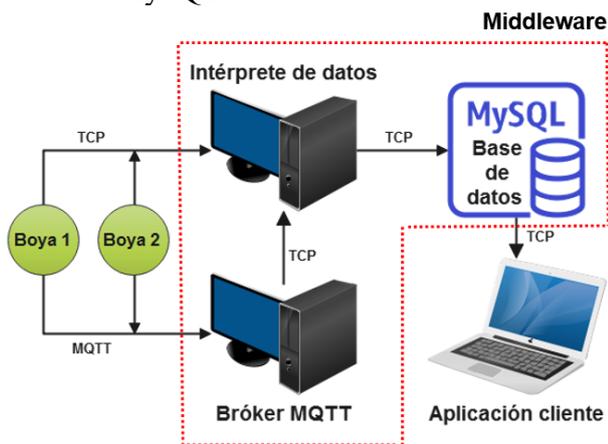


Figura N°3. Arquitectura del Software.

Periódicamente, los valores de los sensores y la posición brindada por el módulo GNSS son leídos por el microcontrolador, quien empaqueta dichos datos junto con un identificador único de la boya y un CRC (código de redundancia cíclica) para la detección de errores. Luego, los datos empaquetados son transmitidos al middleware a través de la conexión celular, por medio del protocolo TCP o MQTT. En el primer caso la comunicación se establece directamente con el intérprete de datos, mientras que en el segundo la miniboya publica sus datos con un tópico específico (INTERPRETE) en el broker MQTT. Al encontrarse el intérprete de datos suscripto a dicho tópico en el mismo broker (ya que se encuentra funcionando como un cliente MQTT), este va a recibir los datos transmitidos por las miniboyas. A la trama de datos recibida, ya sea a través del protocolo TCP o MQTT, se le verifica la integridad a través del CRC integrado en la misma. Si esta fuese correcta, se confirma la recepción satisfactoria a la miniboya ya sea a través de un mensaje por medio del protocolo TCP o publicando el mismo en el broker MQTT en un tópico particular

(ESTACIONES), al cual las miniboyas se encuentran suscriptas. Validado el mensaje recibido, se extraen sus datos de este y se almacenan en la base de datos, quedando la información disponible para ser accedida por la aplicación cliente.

3.3.2. Broker MQTT

Como broker MQTT se utilizó Eclipse Mosquitto™, un servidor de mensajes de código abierto (con licencia EPL/EDL) que implementa las versiones 5.0, 3.1.1 y 3.1 del protocolo MQTT. Su instalador se puede descargar de <https://mosquitto.org/download/>. Luego de la instalación, fue necesario configurar el broker para permitir la conexión de clientes que se encuentren en otro dispositivo. Para ello, se debió editar el archivo “mosquitto.conf”, ubicado en el directorio de instalación (por defecto “C:\Program Files (x86)\Mosquitto”), agregando las siguientes líneas para indicar el puerto de conexión, y habilitar la conexión de clientes anónimos, sin que tengan que autenticarse:

- listener 1883
- allow_anonymous true

Por último, fue necesario permitir la conexión del archivo “mosquitto.exe” en el firewall de Microsoft Windows, creando la regla de entrada y salida correspondiente.

3.3.3. Intérprete

El intérprete se realizó con la versión de prueba LabWindows/CVI 2015 SP1 cuyo instalador, se encuentra disponible de manera gratuita en la página web de National Instruments, [10]. Para la comunicación del intérprete con la miniboya a través del protocolo TCP, se emplearon librerías estándar provistas en la instalación del LabWindows/CVI. Mientras que, para la comunicación con la base de datos, se usó la librería libmysql versión 5.7.31.0, provista por MySQL, disponible para su descarga de <https://dev.mysql.com/downloads/mysql/5.7.html>. Finalmente, para la comunicación con el broker MQTT se debió integrar la librería libmosquitto al LabWindows/CVI, disponible con la instalación del broker junto a su

documentación

(<https://mosquitto.org/man/libmosquitto-3.html>). La figura N°4 presenta la interfaz gráfica de la aplicación interprete. A través de esta, se podrá configurar la conexión a la base de datos (dirección IP de servidor de base de datos, usuario y contraseña), el puerto TCP al cual se podrán conectar las miniboyas y los parámetros para la conexión al broker MQTT (dirección IP del broker, puerto de comunicación, tópico al cual subscribirse y tópico en el cual publicar).



Figura N°4. Interfaz gráfica del interprete.

3.3.4. Base de datos

Como base de datos se empleó MySQL (<https://www.mysql.com/>), el cual es un sistema de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario con licencia GNU GPL. Para la presente aplicación solo se ha implementado una tabla con los siguientes parámetros:

- **IDLog:** Identificación única del registro
- **IDDispositivo:** Identificación del dispositivo que realizó la medición
- **Latitud:** Latitud del punto en donde se realizó la medición
- **Longitud:** Longitud del punto en donde se realizó la medición
- **Fecha:** Fecha de la medición
- **Hora:** Hora de la medición
- **S1:** Valor del sensor 1 (Oxígeno disuelto)
- **S2:** Valor del sensor 2 (pH)
- **S3:** Valor del sensor 3 (Conductividad)
- **S4:** Valor del sensor 4 (Temperatura)

- **Fecha Carga:** Fecha en la cual se cargó el registro en la base de datos
- **Hora Carga:** Hora en la cual se cargó el registro en la base de datos.

3.3.4. Aplicación cliente

Al igual que el intérprete, la aplicación cliente fue realizada con LabWindows/CVI. La figura N°5 presenta la pantalla principal de la aplicación.

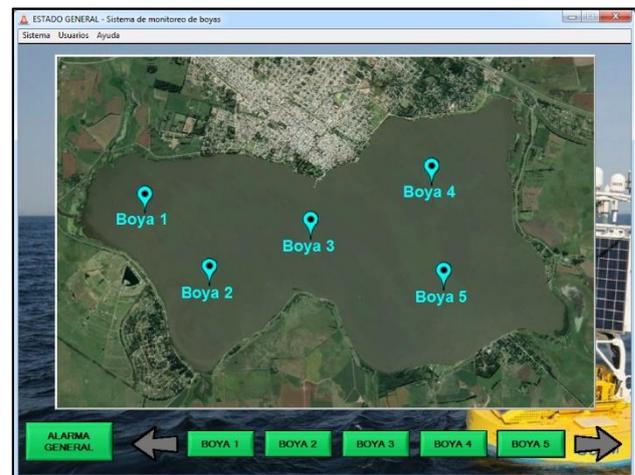


Figura N°5. Pantalla principal de la aplicación cliente.

La pantalla principal consta de un mapa con la ubicación de cada una de las boyas (actualmente es una imagen fija georreferenciada, pero está previsto la inclusión de un motor de mapas). Debajo de esta, se encuentran botones que permiten el acceso a la información de cada una de las boyas. En la figura N°6 se presenta la pantalla de cada una de las boyas, en donde se puede ver la fecha, la hora y los valores de la última medición recibida, así como también un gráfico histórico con los valores registrados.

3.4. Conclusiones

Se logró la implementación de un middleware y la aplicación cliente de un sistema de miniboyas. Si bien el sistema desarrollado es de carácter experimental, a través del mismo se han logrado habilidades en el desarrollo de hardware, firmware (asociado a la miniboya), uso de servicios en la nube, desarrollo de software con la integración de servicios distribuidos (broker MQTT y base de datos

MySQL) y el desarrollo de aplicaciones móviles, las cuales no fueron tratadas por cuestiones de espacio.

A futuro se prevé continuar la investigación de la temática de control de calidad de ecosistemas acuáticos, integrando nuevas variables a monitorear (micro/nano plásticos y cianobacterias), implementando mejoras en la interfaz gráfica (como la integración de motores de mapas), incluyendo seguridad middleware y usando librerías de análisis de datos para obtener información de los datos obtenidos.



Figura N°6. Pantalla de información de boya.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

El ámbito de este proyecto permitió tanto la formación grupal del equipo de trabajo, así como la individual de cada uno de sus miembros. La formación grupal buscó generar conocimiento en la temática de aplicaciones de Internet de las cosas y monitoreo de la calidad de los ecosistemas acuáticos. En relación las formaciones individuales, se enumeran a continuación: Ignacio Zaradnik la gestión de grupos de trabajos, Diego Caccaviello la revisión bibliográfica y la elaboración de estados del arte, Facundo Dominguez el diseño de software, Diego Turconi el diseño de aplicaciones de sistemas embebidos y Augusto Kumbich el desarrollo del hardware.

5. REFERENCIAS

[1] Canziani; Gomez; Lupi; Nassipián; Slawiski; Turconi; Zaradnik, “Plataforma de conexión de Redes Eléctricas

Inteligentes a Internet de las Cosas” en el Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2014. ISBN 978-987-45523-27.

[2] Bernis; Turconi; Benacerraf; Dominguez; Lupi; Zaradnik; Rzepa, “Sistema de seguimiento de dosimetría personal”. VII congreso de microelectrónica aplicada 2016. ISBN: 978-987-733-068-7.

[3] Lupi; Zaradnik; Turconi; Dominguez, “Sistema de visualización de precios para supermercados”. Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2017 (Case 2017), Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-46297-3-9.

[4] UNESCO (n.d.). “Water Security”. Extraída el 06/03/2022 desde <https://en.unesco.org/themes/water-security>

[5] Pablo Bereciartua (2019), “Los desafíos del agua en la Argentina: el desarrollo del Plan Nacional del Agua”. Extraída el 14/05/2021 desde https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/02_pb_los_desafios_del_agua_en_la_argentina.pdf.

[6] Médicos sin fronteras (n.d), “Agua y Saneamiento. ¿Por qué se debe proporcionar agua y saneamiento?”. Extraída el 14/05/2021 desde <https://www.msf.org.ar/conocenos/actividades-medicas/agua-y-saneamiento>

[7] O.Lupi, I.Zaradnik, M.Canziani. “Estado del arte de los sistemas de monitoreo de calidad de agua”. Revista Digital del Departamento de Ingeniería (Reddi). Vol.5 número 2 (2020). Publicado 31/12/2020.

[8] O.Lupi, D.Turconi, J.Slawiski. “Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos”. Revista Digital del Departamento de Ingeniería (Reddi). Vol.7 número 2 (2021). Publicación pendiente.

[9] O.Lupi, I.Zaradnik, A,Agüero, C.Behar, L.Lanzilliotti, M.Vázquez. “Interfaz gráfica en la nube para monitoreo de miniboyas ambientales”. 5to Congreso Argentino de Ingeniería. Libro de Resúmenes (10/2021).

[10] “LabWindows” (n.d.). Extraída el 06/03/2022 desde <https://www.ni.com/es-cr/support/downloads/software-products/download.labwindows-cvi.html#306964>