

## “Diseño de aplicaciones de IoT para la solución de problemas en el medio socio productivo”

Jorge R. Osio<sup>1,2</sup>, Marcelo Cappelletti<sup>1,2</sup>, Gabriela Suarez<sup>1</sup>, Leonel Navarro<sup>1</sup>, Florencia Ayala<sup>1</sup>, Juan. E Salvatore<sup>1</sup>, Daniel Alonso<sup>1</sup>, Diego Encinas<sup>1,4</sup>, Daniel Martín Morales<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería y Agronomía - UNAJ

<sup>2</sup>UIDET CeTAD –Fac. de Ingeniería - UNLP

<sup>3</sup>Codiseño HW SW para Aplicaciones en Tiempo Real - UTN - FRLP

<sup>4</sup>Instituto LIDI-Fac. de Informática - UNLP

{josio,mcappelletti, jsalvatore, dalonso, martin.morales,dencinas}@unaj.edu.ar

### Resumen

El presente proyecto consiste en la investigación de técnicas de internet de las cosas (IoT) y sus aplicaciones en la resolución de problemas de interés social; como son la crisis energética, la ausencia de soluciones tecnológicas a sectores productivos marginados, el impacto del alto costo de los servicios básicos y el diseño de interfaces para educación a distancia. Entre las líneas de investigación que se llevarán adelante para contribuir con las problemáticas planteadas, se propone en primer lugar, continuar con los temas propuestos en 2018 en relación a los sectores tales como el hortícola y florícola, que carecen de soporte y no disponen de herramientas para automatizar procesos y recibir información crítica en tiempo real. Por otro lado, se continuará las pruebas de funcionamiento de un algoritmo inteligente de eficiencia energética que permita minimizar el consumo en sistemas alimentados con energía convencional y energía alternativa (este último es muy utilizado por el sector productivo frutihortícola). Se continúa con el sistema de control a distancia mediante IoT del robot explorador. Este año se incorpora la aplicación de internet

de las cosas en el relevamiento de información relativa a la lectura de sensores dedicados a medir la contaminación en arroyos. Por último, se comenzará con la prueba piloto del laboratorio remoto propuesto en el proyecto de investigación dirigido por la Dra. María Joselevich.

**Palabras clave:** *Internet de las cosas (IoT), Eficiencia Energética, Laboratorios Remotos, Contaminación en arroyos, Robótica telemetría, wifi, gsm/gprs, Software Embebido.*

### Contexto

Las líneas de Investigación aquí desarrolladas son parte del Proyecto de Investigación Científico-Tecnológico “Tecnologías de la información y las comunicaciones mediante IoT para la solución de problemas en el medio socio productivo” que se lleva a cabo en la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) y es continuación del proyecto presentado en la edición anterior de WICC [1] y [2].

Por otra parte, se tiene financiamiento en el marco del programa “Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo” del Ministerio de Educación a través del proyecto “Sistema de eficiencia energética” y del proyecto de investigación aprobado en la convocatoria “UNAJ Investiga 2017”. En relación al sistema de detección de contaminación en arroyos se dispone de financiamiento mediante el proyecto de vinculación tecnológica del programa “Universidades agregando valor 2018” en colaboración con el Municipio de Florencio Varela.

Parte de las líneas de investigación desarrolladas se encuentran enmarcadas en los convenios de colaboración en Actividades de Investigación firmados por la UNAJ con la UIDET-CeTAD y El convenio firmado con la Asociación de Productores Hortí-Florícolas de Varela y Berazategui APHOVABE.

## 1. Introducción

El concepto de internet de las cosas ha adquirido gran relevancia en los últimos años, debido a la posibilidad que ofrece de interconectar objetos entre sí y la conectividad a internet que provee a las redes de objetos [3].

Aunque los sistemas IoT son más que conocidos, su implementación y desarrollo no ha sido completamente explotado en determinados sectores. IoT aplicado a la agricultura es un área en la que la evolución tecnológica nunca ha sido una prioridad, es por eso que esta área está dentro de los objetivos. El factor ambiental es una prioridad, en nuestro caso nos concentramos en la eficiencia energética y la contaminación del agua. Para este tipo de ambientes, donde los sistemas están expuestos a los efectos de la humedad y temperatura, se requiere tomar recaudos adicionales para mantener su integridad y correcto funcionamiento. Además, se dispone de un conjunto de protocolos de comunicación e interfaces como GSM/GPRS, Wifi, bluetooth y zigbee que se pueden seleccionar en función

de los servicios de comunicación disponibles en donde se implementará el sistema. Estos protocolos, requieren un sistema de procesamiento basado en Arquitecturas de Sistemas Embebidos como las desarrolladas en [4].

Actualmente, se considera una problemática a tratar de manera urgente el uso eficiente de la energía [5], debido a que se está investigando mucho sobre energías alternativas pero hay mucho por hacer respecto a la reducción en el consumo de energía en función del factor humano y del control automático de los sistemas eléctricos/electrónicos. En este sentido, se debe tener en cuenta la necesidad de minimizar el consumo en los sistemas de energías alternativas, principalmente energía fotovoltaica [6]. Estos sistemas son de gran interés, principalmente por ser de uso común en los sectores agrícolas, donde se aplicarán las investigaciones realizadas conjuntamente con el proyecto “Estudio de sistemas inteligentes para optimizar el aprovechamiento de la radiación solar en la actividad agroindustrial del territorio de la UNAJ” dirigido por el Dr. Marcelo cappelletti.

Respecto a la aplicación de IoT en Laboratorios remotos, actualmente se están explotando las TICs para la enseñanza en aulas virtuales, es indispensable para dar soporte a estas plataformas el diseño de sistemas de control que permitan controlar y relevar el estado de los sistemas en estudio de forma remota. Desde el proyecto se diseñó una interfaz de Hardware y Software embebido entre servidor y el laboratorio físico para ser utilizado en el proyecto de la Dra. María joselevich [7].

## Metodología

Para minimizar el consumo, se considera necesario implementar un algoritmo inteligente que tenga en cuenta todos los factores intervinientes, para esto es necesario diseñar un algoritmo basado en redes neuronales.

Para optimizar el uso racional de la energía, primero se deben tener en cuenta todos los factores de consumo, entre ellos el factor humano, el factor ambiental y el destino de cada uno de los recursos. Con un sistema diseñado a medida se puede lograr optimizar el consumo al máximo mediante la implementación de un algoritmo de decisión, basado en el perceptrón, que pueda interpretar los parámetros de entrada y generar una salida eficiente.

En cuanto a las soluciones tecnológicas en las actividades florihortícolas y de contaminación en arroyos requieren de la obtención de datos de redes de sensores de diferentes tipos, para la obtención de características del clima, como del suelo, la iluminación y el agua. El desarrollo del sistema informático se realizará a partir de un algoritmo de software con soporte para diferentes aplicaciones, que en base a la información proporcionada por una red de sensores, emita mensajes de alertas a los usuarios y provea información de interés. Para que la propuesta sea aplicable en cualquier lugar, se plantea la utilización de una interfaz GSM/GPRS que permite transmitir información mediante las antenas celulares. El diseño del sistema local a utilizar estará formado por un sistema de procesamiento (basado en tecnologías de microcontroladores, arduino, LPC1769 y raspberry Pi), al cual se conectarán los sensores y el dispositivo de comunicación GSM/GPRS.

Para el sistema de control de robot explorador, se propone utilizar sistemas embebidos de última generación, los cuales poseen alto poder de cómputo y bajo costo (sistema de control de robot basado en raspberry con conectividad wifi y cámara de 8MPx). Se implementarán sobre estos sistemas embebidos los algoritmos de automatismo y control necesarios para ejecución de las acciones del sistema robótico.

Respecto al laboratorio remoto, se implementó un sistema de control del laboratorio físico basado en raspberry donde se configuró un servidor Apache para el acceso remoto a la cámara y el software motion para el control de la cámara. Adicionalmente, se configuraron los pines I/O de la placa para el

control del sistema generador de onda. Para el acceso al laboratorio se configuró un plugin de moodle que permite a los usuarios otorgar turno y es compatible con los sistemas académicos.

## **Antecedentes del Grupo de Trabajo**

Se pretenden encauzar temas de estudios de posgrado actuales y futuros de docentes y profesionales surgidos de la UNAJ dentro de estas líneas de investigación. El director del proyecto participa en proyectos de investigación desde el año 2005 en la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Además, dirige proyectos de investigación desde el año 2014. Actualmente, el grupo de trabajo investiga en los temas: Trasmisión de datos IoT (mediante la interfaz Ethernet y GSM/GPRS), Eficiencia Energética y Arquitecturas de procesadores embebidos; pertenecientes a estudios de Especializaciones, Maestrías y Doctorados que se realizan en el marco de acuerdos de colaboración entre el Laboratorio CeTAD (UNLP) y la UNAJ a través del proyecto de investigación. Como resultado del trabajo realizado recientemente en la UNAJ se han publicado artículos en diferentes congresos nacionales de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación ([1],[2] y [8]).

## **2. Líneas de Investigación y Desarrollo**

El grupo de investigación que se ha constituido en la UNAJ es multidisciplinario, y sus miembros cuentan con experiencia en sistemas de Arquitecturas de Procesadores Embebidos, IoT, sistemas operativos embebidos, protocolos de comunicación TCP y UDP y robótica.

En cuanto a la eficiencia energética, consideramos que las soluciones existentes no han sido suficientemente desarrollada, ya que para un uso eficiente de la energía se deben tener en cuenta varios factores y combinar una amplia variedad de métodos para lograr un algoritmo inteligente que permita optimizar el consumo al máximo (técnicas de IA).

En cuanto a la investigación aplicada al sector fruti-hortícola, se plantea el diseño de

una red de sensores que interactúan entre sí y se comunican con un servidor mediante una red IoT, en este sentido se propone usar el protocolo LoRa para determinar la eficiencia de dicho protocolo en aplicaciones que requieren bajo consumo y exigen el uso energía alternativa. Respecto a la determinación de la contaminación en arroyos las características del sistema son similares, solo cambia que este deberá funcionar en un medio líquido y se deberán investigar los efectos del medio sobre las comunicaciones inalámbricas.

En cuanto a la robótica, el robot explorador está tomando popularidad, principalmente por la necesidad de realizar mantenimiento en sectores altamente contaminantes como por ejemplo en los reactores nucleares. Para esto se deberá desarrollar algoritmos de aprendizaje basados en redes neuronales básicas y monitoreo remoto mediante IoT.

### **Temas de Estudio e Investigación**

Programación de diferentes Arquitecturas de Procesadores embebidos para la implementación de nodos en las redes de sensores y para la implementación de algoritmos de control.

Utilización y configuración de sistemas operativos de tiempo real y Linux embebidos para la ejecución de los algoritmos y la adquisición de datos de sensores.

Implementación de una red de sensores inalámbrica mediante protocolos estándar de IoT (LoRA) e interfaces RF.

Investigación relacionada con los protocolos TCP y UDP ([9] y [10]) para el envío de paquetes, donde, en condiciones de red conocidas, se deben determinar las tasas de transmisión mínimas para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema de eficiencia energética, telemetría y en el sistema del laboratorio remoto ([5] y [7]). Determinación del efecto del medio líquido sobre las señales inalámbricas para la determinación de la contaminación de arroyos en tiempo real. Implementación de un algoritmo básico de redes neuronales para la optimización del consumo y la toma de

decisiones en los sistemas de eficiencia energética.

### **3. Resultados Obtenidos/Esperados**

Hasta el momento se han obtenido resultados satisfactorios en relación a los siguientes temas:

- Se obtuvieron resultados aceptables en la implementación de una plataforma para IoT basada en el procesador Cortex M3 de 32 bits y la interfaz wifi [4]. Durante las pruebas realizadas se obtuvieron excelentes tiempos en la interacción entre servidor y la plataforma de lectura de sensores y control de actuadores.

- Se implementó un sistema de telemetría mediante la interfaz GSM/GPRS con el módulo M92 de Quectel, que permite supervisar el estado del cultivo, emitir alarmas por sobretemperatura e incendio y accionar el riego automático desde una aplicación móvil, el cual fue probado en campo y se obtuvieron excelentes resultados.

- Se instaló en un laboratorio de la UNAJ un sistema que permite optimizar el consumo energético mediante la ejecución de algoritmos que tienen en cuenta diferentes factores (iluminación, presencia, temperatura). En una primera instancia se midió el consumo sin el sistema de control y actualmente se están obteniendo resultados del consumo con el sistema de control instalado. Este sistema posee conexión con un servidor provisto de una base de datos donde se almacena periódicamente la información relevante.

- Se implementó un sistema de control a través de la comunicación inalámbrica wifi punto a punto de un robot comercial cuya arquitectura está basada en procesadores ATMEL de la familia ATmega. El control se realiza por medio de una plataforma web que puede ser accedida desde un teléfono celular con sistema operativo android como así también desde una PC.

Los resultados esperados para los nuevos temas que se están desarrollando en el proyecto son:

- Se espera para el año en curso obtener los resultados del ahorro energético del sistema y realizar las modificaciones necesarias.

- El objetivo en cuanto al control del sistema robótico, consiste en desarrollar aplicaciones de control inalámbrico de forma remota para proveer soluciones aplicadas a la inspección en ambientes inhóspitos, mapeo y detección de irregularidades.
- Finalmente, se buscará la puesta en funcionamiento del laboratorio remoto diseñado para la materia física 1, en donde se realizará una prueba piloto y se evaluarán las diferentes etapas del sistema.
- En cuanto a la nueva línea, se implementará un sistema dotado de sensores de turbidez, temperatura y conductividad que permita medir en tiempo real la contaminación en arroyos.

#### **4. Formación de Recursos Humanos**

Dentro de la temática de la línea de I+D, todos los miembros del proyecto (excepto dos) participan en el dictado de asignaturas de la carrera de Ingeniería Informática de la UNAJ.

En este proyecto existe cooperación a nivel Nacional. Hay dos Doctores en Ingeniería, un Magister y tres docentes realizando la Maestría en temas relacionados.

Una becaria de entrenamiento CIC en temas de eficiencia energética y un becario de vinculación en temas de red de sensores para contaminación en arroyos. Además, se cuenta con una pasante que realizó sus prácticas profesionales en el tema de laboratorio Remoto.

Adicionalmente, se cuenta con la colaboración de estudiantes avanzados.

#### **5. Bibliografía**

- [1] J. Osio, J. Salvatore , D. Alonso , V. Guarepi , M. Cappelletti , M. Joselevich , M. Morales, “Tecnologías de la información y las comunicaciones mediante IoT para la solución de problemas en el medio socio productivo”, UNNE, Ciudad de Corrientes, WICC 2018.
- [2] J. Osio, J. Salvatore, E. Kunysz, D. Montezanti, D. Alonso, V. Guarepi, M. Morales, “Análisis de Eficiencia en Arquitecturas Multiprocesador para Aplicaciones de Transmisión y Procesamiento de Datos”, ITBA, CABA, WICC 2017
- [3] Leila Fatmasari Rahman, ”Choosing your

IoT Programming Framework: Architectural Aspects”, 2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud

[4] Osio J., C. Aquarone, E. Hromek, J. Salvatore , “Plataforma de desarrollo para IoT”, IV conaiisi, 2017

[5] Eficiencia energética en los edificios, José María Fernández Salgado, AMV ediciones, 2011

[6] Energía Solar Fotovoltaica 2ª Edición, Miguel Aparicio, Edit. marcombo, 2009

[7] Laboratorio remoto en un entorno virtual de enseñanza aprendizaje, M. A. Revuelta, FI-UNLP, 2016

[8] J. Osio, J. Salvatore, E. Kunysz, V. Guarepi, M. Morales, “Análisis de Eficiencia en Arquitecturas Multiprocesador para Aplicaciones de Transmisión y Procesamiento de Datos”, UNER, Ciudad de Concordia, WICC 2016.

[9] Jan Axelson, “Embedded Ethernet a internet complete”, LLC, 2003