

## “Tecnologías de la información y las comunicaciones mediante IoT aplicadas a soluciones en el medio productivo y medioambiental”

Jorge R. Osio<sup>1,2</sup>, Marcelo Cappelletti<sup>1,2</sup>, Mauro Salina<sup>1</sup>, Mauro Gomez<sup>1</sup>, Leonel Navarro<sup>1</sup>, Juan. E Salvatore<sup>1</sup>, Daniel Alonso<sup>1</sup>, Diego Encinas<sup>1,3</sup>, Martín Morales<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Programa Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en aplicaciones de interés social, Instituto de Ingeniería y Agronomía, UNAJ

<sup>2</sup> Línea CeTAD - GCA - Instituto Leici - Fac. de Ingeniería -UNLP

<sup>3</sup> Instituto LIDI - Fac. de Informática -UNLP

<sup>4</sup> Codiseño HW SW para Aplicaciones en Tiempo Real - UTN - FRLP

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

### Resumen

El presente proyecto se basa en la utilización de internet de las cosas (IoT) como herramienta fundamental para proveer soluciones tecnológicas a problemáticas de interés social como son la crisis energética, la ausencia de soluciones tecnológicas a sectores productivos marginados, el cuidado del medioambiente 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, atender las necesidades de sectores tales como el frutícola, 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 plantea el diseño 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 fruti-hortícola). Por último, mediante las interfaces IoT se colaborará en el

diseño de laboratorios remotos; en el sensado de parámetros en arroyos y en el diseño de aplicaciones robóticas que provean soluciones de monitoreo remoto, detección automática de objetos y procesamiento de datos.

**Palabras clave:** *Internet de las cosas (IoT), Eficiencia Energética, Laboratorios Remotos, Robótica, telemetría, contaminación en arroyos, 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), bajo la dirección del Mg. Jorge Osio.

A su vez, parte de las líneas de investigación desarrolladas se encuentran enmarcadas en los

convenios de colaboración en actividades de investigación con el área de Sociales para el sensado de parámetros en arroyos, el proyecto de la Dra. María Joselevich sobre Laboratorios Remotos en la enseñanza de la Física y el convenio firmado con la Asociación de Productores Horti-Florícolas de Florencio 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 dispositivos [1]. Aunque los sistemas IoT son más que conocidos, su implementación y desarrollo no ha sido completamente explotado en determinados sectores. IoT aplicado a la horticultura es un área en la que la evolución tecnológica nunca ha sido una prioridad, entre los factores que han postergado la investigación en esta área se tiene la falta de capacitación y falta de soporte e interacción con los productores para determinar cuáles son las principales problemáticas que se pueden resolver. Para este tipo de ambientes se dispone de un conjunto de protocolos de comunicación e interfaces como GSM/GPRS, Wifi y zigbee que se pueden implementar mediante herramientas basadas en Arquitecturas de Sistemas Embebidos como las desarrolladas en [2] y [3]. Las investigaciones realizadas mediante IoT se podrían aplicar en el monitoreo de cultivos, herramientas de soporte para la toma de decisiones, controlar automáticamente riego, protección de heladas, fertilización y monitoreo e iluminación artificial, entre otras. Otra problemática común en el sector fruti-hortícola, es el acceso al suministro de energía, en cuyo caso requiere de sistemas costosos de energía alternativa. Actualmente, se considera una problemática a tratar de manera

urgente el uso eficiente de la energía [4], 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 [4], debido a que estos sistemas almacenan la energía en baterías altamente contaminantes y al lograr optimizar el consumo eficiente de energía se extendería notablemente la vida útil de la misma. 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. 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.

Respecto a la aplicación de IoT en robótica, se tiene como objetivo el diseño de un sistema que posibilite el monitoreo remoto y permita la detección de objetos mediante procesamiento de imágenes. Los resultados de esta línea de investigación se orientarán a la realización de tareas en ambientes nocivos para el ser humano y en la detección de objetos mediante procesamiento automático. Se prevé que el uso de sistemas robóticos se intensifique en los próximos años, es por eso que se considera necesario diseñar, desarrollar y construir nuevos sistemas que brinden soluciones a situaciones problemáticas de manera eficiente. Respecto a la aplicación de IoT en Laboratorios remotos, desde el proyecto se ha diseñado la interfaz de Hardware y Software embebido

entre el servidor y los laboratorios desarrollados en el proyecto de la Dra. Maria joselevich [5]. Además, se está diseñando el hardware y software de una sonda multiparamétrica para el sensado de parámetros en arroyos, que permitan determinar el vertido de efluentes contaminantes por parte de la industria.

### **Metodología:**

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 aprendizaje automático, que pueda interpretar los parámetros de entrada y generar una salida eficiente. Para tener en cuenta todos estos factores se debe desarrollar un sistema complejo que tenga la capacidad de combinar todos estos aspectos de manera óptima e inteligente.

En cuanto a las soluciones tecnológicas en las actividades frutihortícolas, en su mayoría requieren de la disponibilidad oportuna de datos, tanto 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 en huertas a campo abierto y bajo cubierta (invernaderos), estará formado por un sistema de procesamiento (basado en tecnologías de microcontroladores, arduino, LPC1769 y raspberry Phy), al cual se

conectarán los sensores y el dispositivo de comunicación GSM/GPRS.

Respecto al Laboratorio remoto, se ha implementado un sistema físico que controla el movimiento de una cuerda mediante PWM y posee una cámara incorporada a una raspberry. Para el acceso al sistema se configuró una extensión de Moodle y una plataforma que permite seleccionar la frecuencia y visualizar la cámara. En cuanto a la sonda multiparamétrica se ha diseñado el hardware y software para la implementación de una red de sensores para la obtención de parámetros y la transmisión mediante wifi a un servidor. Utiliza sistemas embebidos de última generación, los cuales poseen alto poder de cómputo y bajo costo. Respecto al sistema robótico, se utilizarán técnicas de procesamiento digital de imágenes para la detección de objetos y plataformas de control robótico como el sistema ROS.

### **Antecedentes del Grupo de Trabajo**

Se pretende encauzar temas de estudio 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 como colaborador y a partir de 2010 como Investigador. Actualmente, el grupo de trabajo investiga en los temas: Transmisión de datos IoT (mediante la interfaz Ethernet y GSM/GPRS), Eficiencia Energética, Robótica y Arquitecturas de procesadores embebidos; pertenecientes a estudios de Especializaciones, Maestrías y Doctorados que se realizan en el marco de acuerdos de colaboración entre diferentes institutos de la UNAJ a través de proyectos 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 [2-4] y [6].

## 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 multiprocesador, Arquitecturas de Procesadores Embebidos, IoT, sistemas operativos embebidos, aprendizaje automático, protocolos de comunicación TCP y UDP y robótica.

En cuanto a la eficiencia energética, en la actualidad se considera que un sistema de iluminación es eficiente energéticamente cuando permite adaptar el nivel de iluminación en función de la variación de la luz solar o en función de la detección o no de presencia. En esta propuesta se considera que las soluciones existentes no han sido suficientemente desarrolladas, 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. Respecto 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 exigen el uso energía alternativa. Dentro de esta línea se enmarca el sensado de parámetros en arroyos mediante sondas que entre otras cosas deben funcionar a batería y transmitir datos de forma inalámbrica a un nodo central.

En cuanto a la robótica, esta línea está en pleno desarrollo y se buscan aplicaciones innovadoras como la detección de objetos para reciclado mediante procesamiento de imágenes y la capacidad de inspeccionar sectores de difícil acceso o en ambientes donde la contaminación impide la permanencia de seres humanos.

Para las aplicaciones de eficiencia se deberán desarrollar algoritmos de aprendizaje automático supervisado y no supervisado basados en regresión lineal múltiple y clustering respectivamente.

### Temas de Estudio e Investigación

Programación de diferentes Arquitecturas de Procesadores (freescale, LPC1769, CIAA, Arduino, Raspberry Phy) 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 embebido para la ejecución de los algoritmos, plataformas como ROS 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 para el envío de paquetes, donde en condiciones de red conocidas [3], se deben determinar las tasas de transmisión mínimas para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema de eficiencia energética ([7] y [8]), medición de parámetros en arroyos y el laboratorio remoto. Determinación de la eficiencia en la ejecución de algoritmos de control de un robot humanoide sobre un sistema multicore. Estudio y utilización de algoritmos de aprendizaje automático supervisado y no supervisado [9].

## 3. Resultados Obtenidos/Esperados

- Se implementó un sistema de telemetría mediante la interfaz GSM/GPRS mediante el módulo SIM800, que permite supervisar el estado del cultivo (temperatura, iluminación y humedad) mediante una aplicación web.
- Se implementó un sistema de control a través de una comunicación inalámbrica punto a punto Wifi de un robot comercial cuya arquitectura

está basada en arduino. El control se realiza por medio de una página web que puede ser accedida desde un teléfono celular como así también de una PC.

- Por último, se encuentra en la etapa final un sistema que permite optimizar el consumo energético en instituciones educativas mediante la ejecución de algoritmos que toman en cuenta diferentes factores. Este sistema utiliza la plataforma IoT desarrollada en [3] para la implementación y ejecución del algoritmo.

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

- Se espera para el año en curso realizar las pruebas de funcionamiento en campo del sistema autónomo y escalable que se encarga de minimizar el consumo de energía conjuntamente con la implementación de un sistema informático que provea información precisa de magnitudes climatológicas, del estado del suelo y del nivel de iluminación para determinados cultivos. De la misma forma se buscarán resultados en la medición de parámetros en arroyos. En función de los resultados que se obtengan se realizarán las correcciones pertinentes.

- Finalmente, la incorporación de esta nueva línea buscará proveer soluciones de software embebido para la implementación del Laboratorio remoto propuesto en el Proyecto de la Dra. María Joselevich.

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

Dentro de la temática de la línea de I+D, todos los miembros del proyecto 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, un Especialista y un integrante realizando Maestría en temas relacionados.

A su vez, se cuenta con un Becario de Entrenamiento CIC en temas de eficiencia energética y dos Becarios de Vinculación en temas de eficiencia energética y monitoreo de parámetros en invernaderos.

Adicionalmente, se cuenta con la colaboración de estudiantes avanzados.

#### **5. Bibliografía**

- [1] L. Fatmasari Rahman, "Choosing your IoT Programming Framework: Architectural Aspects", 2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud.
- [2] J. Osio, M. Cappelletti , G. Suárez, L. Navarro, F. Ayala, J. Salvatore , D. Alonso ,D. Encinas, M. Morales, "Diseño de aplicaciones de IoT para la solución de problemas en el medio socio productivo", UNSJ, San Juan, WICC 2019.
- [3] Osio J., C. Acquarone, E. Hromek, J. Salvatore , "Plataforma de desarrollo para IoT", IV conaiisi, 2017
- [4] 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.
- [5] M A. Revuelta, Laboratorio remoto en un entorno virtual de enseñanza aprendizaje,, FIUNLP, 2016
- [6] 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
- [7] M. Fernandez Salgado, Eficiencia energética en los edificios, AMV ediciones, 2011
- [8] M. Aparicio, Energía Solar Fotovoltaica 2ª Edición, Edit. marcombo, 2009
- [9] J. Hurwitz, D. Kirsch, "Machine Learning for Dummies", Ed. Wiley, 2018.