

# Inteligencia Artificial aplicada a IoT

Azar Miguel Augusto<sup>1</sup>, García Jorge Luis<sup>2</sup>, Bernal Sergio<sup>3</sup>, Aleman Liliana Judith<sup>4</sup>, Tolaba Matías<sup>5</sup>

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Jujuy  
Italo Palanca N° 10 (+54 0388 4221587) – San Salvador de Jujuy - Jujuy  
augusto.azar@gmail.com<sup>1</sup>, garciajorge4612@gmail.com<sup>2</sup>, sergio.b196@gmail.com<sup>3</sup>,  
jud2301@gmail.com<sup>4</sup>, diego95mati@gmail.com<sup>5</sup>

## Resumen

El concepto de Internet de las Cosas (IoT) actualmente comprende una interrelación de varias disciplinas. Si bien en sus primeras etapas se limitaba al conexasión de “dispositivos electrónicos dotados de sensores y conectados a Internet” [1], actualmente involucra el conocimiento de dominios tales como la física newtoniana, la física electrónica, la minería de datos, la big data y sobre todo la inteligencia artificial.

En general el campo de la inteligencia artificial (AI) se aplica en diversos ámbitos en los cuales se registra la existencia de tareas repetitivas, alta precisión, manejo de grandes volúmenes de información, riesgo de vida, extrema complejidad en la resolución de problemas, entre otros [2].

Dado que existe un incremento notable de la bibliografía que da cuenta de la simbiosis entre IoT y AI, el presente proyecto detalla tanto los elementos involucrados como sus interrelaciones dentro de una investigación que plantea el desarrollo de algoritmos inteligentes en sistemas IoT (sensores, módulos de entrada/salida, circuitos electrónicos, drivers, bibliotecas, microcontroladores, firmware, periféricos de comunicación, protocolos, sistemas operativos, servers

cloud computing, sistemas machine/deep learning y metodologías de desarrollo).

**Palabras clave:** Artificial Intelligence, Embeded Systems, Sensors, Internet of Things, Smart City.

## Contexto

Inicialmente la investigación se concentró en el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial que permitan inferir conocimiento acerca de los sensores conectados a sistemas embebidos. En el mismo la I/D/I se realizó en base a una convocatoria de la Secretaría de Ciencia y Técnica de Facultad de Ingeniería (UNJu) a través del Expediente S-7710/17 y mediante las Resoluciones C.A.F.I. N° 270/17 y C.A.F.I. N° 271/17. La convocatoria se estableció para docentes incorporados al sistema de incentivos de la Secretaría de Políticas Universitarias, con categorías IV y V. También se enmarcó para dar cumplimiento a los compromisos de mejoramiento desde la Resolución CONEAU N° 1230/12 de acreditación de las Carreras de Ingeniería Informática y Licenciatura en Sistemas. La propuesta fue aprobada mediante Resolución C.A.F.I. N° 661/17.

Actualmente por resolución C.A.F.I. N° 449/19 (Facultad de Ingeniería - UNJu), el enfoque del nuevo proyecto se concentra en los sistemas inteligentes involucrados en arquitecturas IoT. El mismo dió inicio el 1 de agosto de 2019 y se extiende por el término de un año.

## Introducción

Algunos autores definen IoT como una extensión de Internet hacia el ámbito físico [3], mientras que otros lo definen como el colectivo de sensores colocados en “cosas” y dentro de infraestructuras cibernéticas [4]. La relevancia de este concepto se ha intensificado con el transcurso del tiempo debido, entre otras razones, al creciente uso de sensores en smartphones y automóviles [5].

Precisamente la principal línea de investigación de este proyecto se concentra en el desarrollo de un sistema que permita la detección y geolocalización de averías viales; tanto dentro de las arterias de una ciudad como en rutas.

## Estado del arte

Existen proyectos similares que plantean diferentes enfoques, pero en su mayoría no contemplan el uso de inteligencia artificial como sistema de apoyo para la detección de baches.

En [6], los autores se concentran en diferentes algoritmos de detección de baches basados en los datos del acelerómetro de smartphones con sistema operativo Android y realizan una clasificación de baches (pequeños, grupo de baches y grandes). De este modo logran una identificación de los daños en calles en forma exitosa, de hasta un 90%.

En el trabajo presentado por [7], los autores se enfocan en un análisis técnico profundo y desarrollan un sistema de adquisición de datos que son procesados y sometidos al cálculo de un índice de rugosidad compuesto en base a un modelo matemático utilizado para extraer información de las condiciones de la superficie de una carretera.

Otra propuesta es la desarrollada por [8] en la que se diseña una combinación de hardware y software compuesta por acelerómetro, unidad de GPS, microcontrolador, módulo Zigbee [9] y servicio en la nube.

En [10] se emplea un conjunto hardware consistente en una unidad de GPS, acelerómetro, Arduino y un servidor que es actualizado mediante el uso de un módulo Bluetooth. El enfoque para detectar baches está basado en funciones definidas en [6].

El trabajo presentado por [11] emplea una aplicación móvil que además del acelerómetro utiliza el giroscopio. A partir de los datos recolectados se entrenan modelos SVM (Support Vector Machines) logrando una precisión superior al 90%.

Otros trabajos similares a los ya citados son los estudiados por [12]-[14]. En [15] se describe de manera muy simplificada la publicación de una patente de un sistema embebido que emplea acelerómetro, GPS y microprocesador.

Mohideen y colegas [16], captura datos a partir de un acelerómetro colocado en una bicicleta y propone a futuro instalarlo en vehículos.

El trabajo de [17] utiliza GPS, acelerómetro angular, sensor geomagnético y zigbee. Para el análisis de los datos utiliza power spectral density (PSD) para calcular el international roughness index (IRI).

En [18] se utilizan los sensores del celular para recopilar información de las

calles y su ubicación. También emplea Spectral analysis y SVM para clasificar las mediciones en 3 grupos.

Los autores de [19] plantean un sistema idéntico a [18] pero utiliza Power Spectral Density Analysis y Gaussian Modeling.

Los diferentes modelos que se pueden aplicar para el análisis de irregularidades de la superficie de la carretera se plantean en [20].

En [21] se realiza un estudio de los modelos no supervisados y aprendizaje profundo para series temporales que podría adaptarse para los datasets de la presente investigación.

Otro desarrollo similar [22] utiliza los sensores del celular para captura de los datos de profundidad de baches. El análisis lo hace con wavelets, redes neuronales autorregresivas y transformada de Hilbert.

Un trabajo muy reciente [23] detecta baches a través de imágenes, los datos lo saca de Google Street View y usa una arquitectura de redes residuales (Resnet).

En el caso de [24] se utiliza la arquitectura SqueezeNet y se analiza el coeficiente de fricción para identificar el tipo de carretera en la cual se está circulando.

Otro trabajo también reciente [25] se enfoca en detectar la rugosidad del pavimento, pero trata los baches como anomalías, usa Z-Peak algorithm (para altas velocidades) Z-Sus algorithm (en velocidades bajas).

En [26] se utiliza acelerómetro, giroscopio y GPS conectados a una Raspberry PI. Muestra diferentes algoritmos de ML para el análisis; siendo Random Forest el que obtuvo un 86% de precisión.

Los autores de [27] desarrollan un artículo en donde se utiliza sensor de proximidad, giroscopio, sensor de efecto hall, instalados en una motocicleta con el

mismo fin de determinar magnitudes de baches.

En [28] se utiliza nodo sensor con un acelerómetro, y detecta los baches con una fórmula que calcula el umbral a partir del cual se considera la lectura del sensor.

Por último, en el trabajo de Hsu y colegas [29] se recolectan datos a través del sensor IMU (Inertial Measurement Unit), laser Rangefinder y una cámara. Analiza de forma individual cada caso y de forma conjunta.

### *Justificación del proyecto*

Existe una creciente demanda de productos tanto en el campo de IoT como de AI. Se espera que la inversión en IoT se eleve a 1.5 billones de dólares para 2020 [30]. También una encuesta destaca la importancia de las tecnologías del futuro se concentra principalmente en dos campos, IoT y AI [31].

### *Metodología*

Técnicamente se trata del paradigma Ignite [32]. Dicho enfoque, fue propuesto por Slama y colegas en 2015 y plantea subdividir el desarrollo y construcción del sistema en dos fases: Iniciación de la estrategia y Entrega de soluciones. En paralelo el equipo se encuentra trabajando en base a esta metodología.

## **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

La línea de investigación principal es el desarrollo de sistemas adaptables a automóviles que permita identificar aquellos baches presentes en rutas y

ciudades para su reparación urgente. Además se prevé que el sistema a través de realidad aumentada permite mostrar al conductor donde se encuentran los próximos baches y a que velocidad se recomienda transitar de manera de atenuar los posibles daños mecánicos.

Ello requiere el uso de placas de desarrollo, sensores, módulos, conectividad 4G, servicio en la nube y sistema machine learning que interprete los datos leídos.

En cuanto a las placas de desarrollo se dispone de 4 computadoras industriales EDU-CIAA, 4 Raspberry PI (diferentes versiones) y sensores varios. Actualmente el proyecto se encuentra en etapa de pruebas mediante Raspberry PI en combinación con el módulo acelerómetro y módulo GPS.

## Resultados y Objetivos

El objetivo general es desarrollar algoritmos inteligentes en base a plataformas embebidas (online y standalone) para el tratamiento de señales provistas por sensores.

### *Objetivos particulares*

- ✓ Analizar y evaluar las tecnologías existentes dentro del ámbito de los sensores y actuadores.
- ✓ Estudiar las alternativas de hardware/firmware/software para el tratamiento de los datos que los sensores proveen.
- ✓ Diseñar estructuras algorítmicas destinadas a mejorar las técnicas de inteligencia artificial convencionales.
- ✓ Seleccionar e incorporar una metodología de desarrollo adaptable a cada arquitectura y despliegue de hardware/software.

## Formación de Recursos Humanos

Actualmente el grupo de investigación está formado por un director y cuatro estudiantes de la carrera Ingeniería Informática. La orientación del director ha permitido a los estudiantes tener contacto con las placas de desarrollo EDUCIAA en su mayoría adquiridas con fondos propios del director. El trabajo de los estudiantes se centra también en el desarrollo de firmware en lenguaje C, la conectividad de diferentes sensores y por otro lado la investigación en el campo de la Inteligencia Artificial que trabaje en base a los datos adquiridos por los sensores.

## Referencias

- [1] Ashton K. That 'Internet of Things' Thing: In the real world, things matter more than ideas. RFID Journal. RFID. 2009.
- [2] Azar M.A., Tapia M.A., García J.L. y Pérez A.J.M. Inteligencia Artificial de las Cosas. Workshop de Investigadores de Ciencias de la Computación (WICC). 2019.
- [3] Tsirmpas C., Anastasiou A., Bountris P. y Koutsouris D. A New Method for Profile Generation in an Internet of Things Environment: An Application in Ambient-Assisted Living. IEEE Internet of Things Journal. Volume: 2, Issue: 6. Page(s): 471 – 478. ISSN: 2327-4662. 2015.
- [4] Nahrstedt K., Li H., Nguyen P., Chang S. y Vu L. Internet of mobile things: Mobility-driven challenges, designs and implementations. In Proceedings - 2016 IEEE 1st International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation, IoTDI 2016 (pp. 25-36). [7471348] Institute of Electrical and

Electronics Engineers Inc. DOI: 10.1109/IoTDDI.2015.41. 2016.

[5] Wearable Sensors Market by Type - Global Forecast to 2022. Online. <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/wearable-sensor-market-158101489.html>. Consultado el 03 de febrero de 2019.

[6] A. Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs, and L. Selavo. Real time pothole detection using android smartphones with accelerometers. In IEEE DCOSS. 2011.

[7] G. Alessandrini, L. C. Klopfenstein, S. Delpriori, M. Dromedari, G. Luchetti, B. D. Paolini, A. Seraghiti, E. Lattanzi, V. Freschi, A. Carini and A. Bogliolo. SmartRoadSense: Collaborative Road Surface Condition Monitoring. In Proc. of UBIComm. 2014.

[8] H. A. Jamakhandi and K. G. Srinivasa. Internet of things based real time mapping of road irregularities. Assistive Devices Group M. S. Ramaiah Institute of Technology, Proceedings of International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing. I4C. 2014.

[9] Zigbee alliance, <https://www.zigbee.org/what-is-zigbee/494-2/>

[10] S. Dimple, V. Monica, A. Anirudh and C. Adarsh, "Monitoring Of Road Irregularities Using IOT", International Journal of Management and Applied Science (IJMAS), pp. 127-130, Special Issue. 2016.

[11] U. Bhatt, S. Mani, E. Xi and Z. Kolter. Intelligent Pothole Detection and Road Condition Assessment. Data For Good Exchange. 2017.

[12] A. S. El-Wakeel, J. Li, M. T. Rahman, A. Noureldin and H. S. Hassanein, "Monitoring road surface anomalies towards dynamic road mapping for future smart cities", Signal and Information Processing (GlobalSIP)

2017 IEEE Global Conference on, pp. 828-832. 2017.

[13] B. Lanjewar et al., "Road bump and intensity detection using smartphone sensors", Int. J. Innov. Res. Comput. Commun. Eng., vol. 4, no. 5, pp. 9185-919. 2016.

[14] H. Song, K. Baek and Y. Byun. Pothole Detection using Machine Learning. Advanced Science and Technology Letters Vol.150 (AST 2018), pp.151-155. 2018.

[15] H. A. Troemel and M. R. Stelts, "Road Health (Pothole) Detection over Wireless Infrastructure", U.S. Patent 15/662,753, Jul. 28. 2017.

[16] Haja Mohideen, A. J., Rosli, M. F., Mohamad Hanif, N. H. H., Mohd Zaki, H. F., Husman, M. A., Abdul Muthalif, A. G., & Kumar, D. Pavement Condition Analysis Via Vehicle Mounted Accelerometer Data. IIUM Engineering Journal, 21(1), 73 - 84. 2020.

[17] Du, Y., Liu, C., Wu, D., & Li, S. (2016). Application of Vehicle Mounted Accelerometers to Measure Pavement Roughness. International Journal of Distributed Sensor Networks. 2016.

[18] Li, X., & Goldberg, D. W. Toward a mobile crowdsensing system for road surface assessment. Computers, Environment and Urban Systems, 69, 51–62. 2018.

[19] Harikrishnan, & Gopi, V. P. Vehicle Vibration Signal Processing for Road Surface Monitoring. IEEE Sensors Journal, 17(16), 5192–5197. 2017.

[20] Nguyen, T., Lechner, B. & Wong, Y.D. Response-based methods to measure road surface irregularity: a state-of-the-art review. Eur. Transp. Res. Rev. 11, 43 2019.

[21] Långkvist, M., Karlsson, L., & Loutfi, A. (2014). A review of unsupervised feature learning and deep learning for time-series modeling. Pattern

Recognition Letters, 42, 11–24. doi:10.1016/j.patrec.2014.01.008. 2014.

[22] Kanarachos, S., Christopoulos, S.-R. G., Chronos, A., & Fitzpatrick, M. E. Detecting anomalies in time series data via a deep learning algorithm combining wavelets, neural networks and Hilbert transform. *Expert Systems with Applications*, 85, 292–304. 2017.

[23] Alipour, M., Harris, D.K. A big data analytics strategy for scalable urban infrastructure condition assessment using semi-supervised multi-transform self-training. *J Civil Struct Health Monit* 10, 313–332. 2020.

[24] Šabanovič, Žuraulis, Prentkovskis, & Skrickij. Identification of Road-Surface Type Using Deep Neural Networks for Friction Coefficient Estimation. *Sensors*, 20(3), 612. 2020.

[25] L. Janani, V. Sunitha & Samson Mathew. Influence of surface distresses on smartphone-based pavement roughness evaluation, *International Journal of Pavement Engineering*. 2020.

[26] Bansal, K., Mittal, K., Ahuja, G., Singh, A., & Gill, S. S. DeepBus: Machine Learning based Real Time Pothole Detection System for Smart Transportation using IoT. *Internet Technology Letters*. 2020.

[27] Muhammad Hanif, H., Lie, Z. S., Astuti, W., & Tan, S. Pothole detection system design with proximity sensor to provide motorcycle with warning system and increase road safety driving. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426, 012039. 2020.

[28] De Silva, G. D., Perera, R. S., Laxman, N. M., Thilakarathna, K. M., Keppitiyagama, C. I., & De Zoysa, K. Automated pothole detection system. In *Proc. Int. Conf. Adv. ICT Emerg. Regions*. 2013.

[29] Y. Hsu, J. Perng y Z. Wu. Diseño e implementación de un sistema

inteligente de detección de carreteras con integración multisensor. *Conferencia Internacional 2016 sobre Aprendizaje Automático y Cibernética (ICMLC)*, Jeju. pp. 219-225. 2016.

[30] Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016>.

[31] Top 10 Tech Trends from CES 2019. <https://www.emarketer.com/content/top-10-tech-trends-from-ces-2019>.

[32] Slama D., Puhlmann F., Morrish J. y Bhatnagar R.M. *Enterprise IoT, Strategies & Best Practices for Connected Products & Services*. O'Reilly. 2015.