

# **RED DE SENSORES INALÁMBRICOS MULTIMEDIA CON ARQUITECTURA MULTIPROCESADOR HETEROGÉNEA PARA LA MONITORIZACIÓN AMBIENTAL**

**Sebastián García\*, Antonio Parejo, Diego Francisco Larios, Julio Barbancho, Carlos León**

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, 41011 Sevilla, España.*

Autor de correspondencia: [sgarcia15@us.es](mailto:sgarcia15@us.es)

## **Resumen**

En los últimos años estamos asistiendo a un creciente interés a nivel mundial por la conservación y protección de espacios de interés ecológico. La adquisición de datos en entornos naturales protegidos está siempre limitada a acciones que no perturben a los seres vivos del ecosistema; por este motivo, los investigadores deben enfrentarse a dos conflictos de intereses: sistemas robustos y autónomos que minimicen la necesidad de interacción física con los sensores instalados, y lo suficientemente complejos para capturar y procesar grandes volúmenes de datos.

Con el objeto de conseguir un buen equilibrio entre autonomía y capacidad de cómputo, este trabajo propone una plataforma de sensores heterogéneos multiprocesador, compuesto por un microcontrolador de ultra bajo consumo y un coprocesador de altas prestaciones. Esta arquitectura permite ajustar la capacidad de procesado y el consumo según la disponibilidad energética.

Esta arquitectura se ha aplicado a una red de sensores instalada en el Parque Nacional de Doñana. Los equipos desplegados incorporan, además de sensores para variables meteorológicas, una entrada de micrófono y dos cámaras (una visible y otra térmica) para la captura de datos multimedia. El intercambio de datos se realiza mediante comunicaciones inalámbricas LoRa.

## **1. Introducción**

El estudio de parámetros medioambientales y cómo estos están cambiando debido a la influencia humana está teniendo un creciente interés hoy día. Dado esto, es fundamental la monitorización local durante largos periodos de tiempo. A partir de estos datos, biólogos e investigadores pueden realizar diversos estudios científicos para evaluar y predecir los efectos que tienen sobre el ecosistema.

Tradicionalmente, estos datos se han obtenido por medios manuales, lo cual resulta tedioso. En este sentido, las redes de sensores inalámbricas tradicionales (WSN) han supuesto un gran paso adelante (Larios et al., 2013). Con este tipo de redes de sensores se han estado obteniendo parámetros ambientales escalares (temperatura, humedad, presión, luminosidad, etc.) de forma autónoma.

Sin embargo, las WSN no aportan datos de observación directa (imagen y audio) que, para ciertos tipos de estudios ambientales, como podría ser la fenología, son fundamentales. En los últimos años y en este sentido, han aparecido las redes de sensores inalámbricas multimedia (WMSN), las cuales aportan imagen y audio (García et al., 2019) and complex enough ones to capture and process higher volumes of data. On the basis of this situation, this paper analyses the current state-of-the-art of wireless multimedia sensor networks, identifying the limitations and needs of these solutions. In this sense, in order to improve the trade-off between autonomous and computational capabilities, this paper proposes a heterogeneous multiprocessor sensor platform, consisting of an ultra-low power microcontroller and a high-performance processor, which transfers control between processors as needed. This architecture allows the shutdown of idle systems and fail-safe remote reprogramming. The sensor equipment can be adapted to the needs of the project. The deployed equipment incorporates, in addition to environmental meteorological variables, a microphone input and two cameras (visible and thermal).

En cambio, las WMSN tienen unos requerimientos totalmente distintos a las WSN dada la naturaleza y volumen de los datos que adquieren. Las WMSN necesitan de mayores capacidades de cómputo, mayores necesidades energéticas y presentan mayor dificultad en la gestión de las comunicaciones, así como en integración de sensores de distinto tipo. Además, no hay que olvidar que estos dispositivos serán instalados en zonas hostiles alejadas de fuentes de energía, por lo que serán dispositivos autoalimentados (tradicionalmente a través de paneles solares y baterías).

Dado esto, las WMSN presentan una serie de problemas para su uso en aplicaciones de monitorización ambiental. Este trabajo presenta una novedosa arquitectura multiprocesador heterogénea para adaptar las necesidades de las WMSN a su uso en este tipo de aplicaciones.

## **2. Arquitectura propuesta**

Se propone el uso de una arquitectura multiprocesador (Figura 1) basada en un procesador de ultra bajo consumo (LPM) el cual es el encargado de la gestión del

nodo junto con un coprocesador multimedia (MP). De tal forma que el sistema actúa como un nodo de WSN que dispone de un recurso adicional: un coprocesador multimedia. El LPM está basado en un ARM Cortex-M3 de la familia STM32L mientras que el MP en una Raspberry Pi 3.

El LPM es, además, el responsable de gestionar la fuente de alimentación inteligente (SPS), la cual puede activar o desactivar recursos en función de las necesidades. Esta arquitectura permite disponer de altas capacidades de cómputo sin sacrificar el consumo energético, puesto que el MP es activado solo cuando es necesario.

Dadas las altas capacidades de cómputo del MP, esta arquitectura permite realizar computación en el borde (Edge Computing). Lo que permite procesar en local los datos multimedia y enviar únicamente los resultados de dicho procesado. Esto permite disminuir el uso de las comunicaciones, otro de los problemas de las WMSN aplicadas a la monitorización ambiental. Las comunicaciones entre nodos se realizan a través de interfaces inalámbricas LoRa.

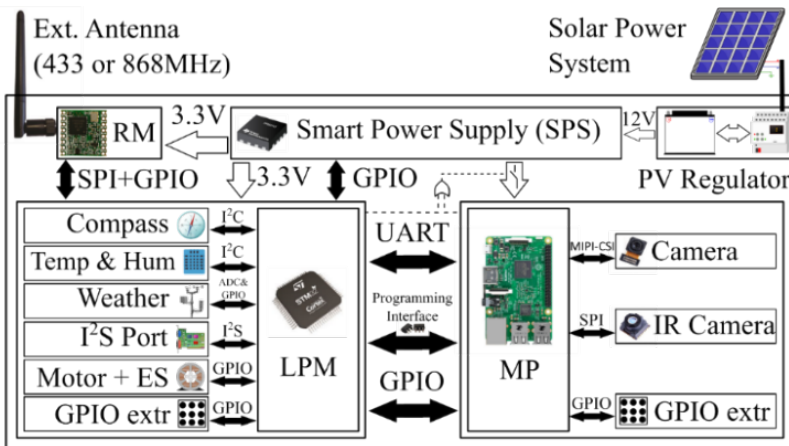


Figura 12. Arquitectura de nodo propuesta.

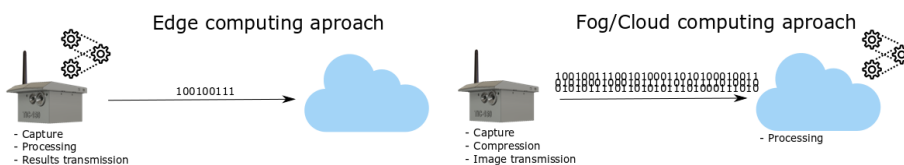
Fuente: (García et al., 2019).

La integración de sensores de distinto tipo y frecuencia de adquisición es otra de las bondades de esta arquitectura. El LPM realiza la gestión de las variables escalares: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, pluviometría, etc.; mientras que el MP gestiona las variables multimedia: imagen y audio.

### 3. Edge Computing vs Cloud Computing

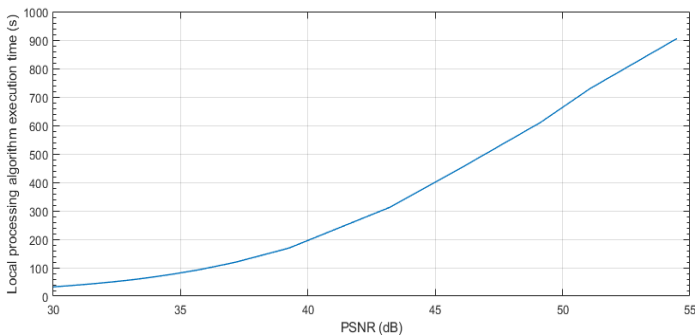
El paradigma del procesamiento actual en las redes de sensores inalámbricas se divide en dos enfoques: el procesamiento local (Edge Computing) y el procesamiento centralizado o en la nube (Cloud Computing).

Por un lado, el enfoque local procesa la imagen en el propio nodo para únicamente enviar los resultados del procesamiento. Por otro lado, el enfoque de procesamiento en la nube captura la imagen y la comprime para posteriormente enviarla por la radio siendo después procesada por servidores en la nube.



**Figura 2.** Enfoques de procesamiento Edge y Cloud.

Tras evaluar y caracterizar ambos enfoques, se han obtenido dos parámetros clave que influyen activamente en el consumo energético en cada uno de los enfoques. Para el Cloud, el PSNR (calidad de imagen tras la descompresión). En el caso Edge, el tiempo de procesamiento del algoritmo. Dependiendo de la aplicación, un enfoque será más eficiente que otro. El límite para el cual un enfoque es más eficiente que otro se puede obtener con la Figura 3.



**Figura 3.** Frontera entre PSNR y tiempo de procesamiento en local.

**Fuente:** (García et al., 2019).

Con el PSNR necesario para una determinada aplicación, se puede obtener el tiempo de procesamiento teórico. Si el tiempo de procesamiento local real está por debajo del teórico, entonces es más eficiente el procesamiento local. Para el caso contrario, sería más eficiente el procesamiento centralizado.

#### 4. Conclusiones

Se ha presentado una arquitectura de WMSN para aplicación en monitorización ambiental la cual suple las carencias que estas tienen en este tipo de aplicativos. Por otro lado, se han enfrentado los enfoques de procesado local y centralizado obteniendo los parámetros que influyen en el consumo energético para ambos enfoques. Para finalizar, se ha establecido una metodología para la elección de un enfoque u otro dependiendo de la aplicación.

#### Referencias bibliográficas

- García, S., Larios, D. F., Barbancho, J., Personal, E., Mora-Merchán, J. M., y León, C.** (2019). Heterogeneous LoRa-Based Wireless Multimedia Sensor Network Multiprocessor Platform for Environmental Monitoring. *Sensors*, 19(16), 3446. <https://doi.org/10.3390/s19163446>
- Larios, D. F., Barbancho, J., Sevillano, J. L., Rodríguez, G., Molina, F. J., Gasull, V. G., Mora-Merchán, J. N., y León, C.** (2013). Five years of designing wireless sensor networks in the Doñana Biological Reserve (Spain): An applications approach. *Sensors*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/s130912044>