Universidad Politécnica de Cartagena
E.T.S. de Ingeniería de Telecomunicación

Espacio-Tele□o n$^0$2 (2011)
Revista de la ETSIT-UPCT

# *Software* de gestión de memoria para redes de sensores inalámbricas en entornos industriales

David Rodenas Herráiz, Antonio Javier García Sánchez
y Felipe García Sánchez

Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
Universidad Politécnica de Cartagena.

drh@alu.upct.es; antoniojavier.garcia@upct.es;
felipe.garcia@upct.es

**Resumen**

La capacidad de memoria de la mayoría de los dispositivos comerciales que forman una red de sensores inalámbrica es un recurso limitado. Este hecho ha condicionado tradicionalmente el uso de estas redes a aplicaciones donde los requisitos temporales y de almacenamiento no son un inconveniente. *Imote2* es una plataforma que ha nacido con el fin de superar esta limitación de memoria. Sin embargo, la gestión de memoria de estos dispositivos es un problema todavía no resuelto. En este artículo se presenta un *software* pionero que permite desarrollar aplicaciones mejorando las limitaciones de retardo, procesado y almacenamiento usando el sistema operativo *TinyOS* e *Imote2*. Este *software* ha sido probado en mantenimiento preventivo de maquinaria.

**Proyecto/Grupo de investigación:** Ingeniería Telemática.
**Líneas de investigación:** *Redes de Sensores Inalámbricas.*

## 1. Introducción

Las redes de sensores inalámbricas (*Wireless Sensor Networks*, WSNs) se basan en un conjunto de dispositivos de comunicaciones al cual se les incorpora uno o varios sensores. Estos sensores monitorizan en laxos periodos de tiempo

algún parámetro del entorno (temperatura, presión, movimiento, CO2, etc.). Una vez que la información sensorial es procesada por el dispositivo, ésta es enviada a un usuario final a través de la WSN. El éxito de este tipo de redes se debe a la multitud y heterogeneidad de aplicaciones en las que puede emplearse, tales como industriales, domótica, agricultura, medicina, etc. a un reducido coste y consumo energético [1]. Los nodos que forman la red se caracterizan por su capacidad de procesado y comunicación limitadas, pero sobre todo, por su capacidad de almacenamiento reducida en comparación con otro tipo de dispositivos, como ordenadores. Estos requisitos son suficientes para las aplicaciones de monitorización mencionadas.

Sin embargo, existen otro tipo de aplicaciones donde se hace necesario monitorizar de manera continua e intensiva un determinado proceso productivo [2][3]. En estos procesos el número de muestras por segundo es elevado y, las restricciones temporales son críticas. Los dispositivos tradicionales como *Tmote Sky*, *TelosB* o *MicaZ*, no disponen de la capacidad *hardware* de almacenamiento y procesado suficiente para ser aplicadas a este ámbito.

La compañía *MEMSIC* [4], en colaboración con la *Universidad de Berkeley*, ha sacado al mercado una plataforma que rompe con todas las limitaciones *hardware* anteriormente comentadas, denominada *Imote2* [5]. Este dispositivo posee una memoria física de tamaño muy superior a las de otros dispositivos comerciales. Sin embargo, aunque la capacidad de almacenamiento sea mayor, sigue siendo necesario gestionar la memoria de forma eficiente. Según nuestro conocimiento, en la literatura especializada, no existe un *software* que sea capaz de resolver los problemas de gestión de memoria planteados en este artículo.


Figura 1: Aplicación de monitorización de audio para dos bombas en industria química.

Nuestra labor se basa en la implementación de un *software* de monitorización continua de datos que permita usar sensores y una placa de adquisición de datos (*ITS400*) compatibles con *Imote2*. En particular, se ha desarrollado un *software* de adquisición y procesado de audio que lleva a cabo el mantenimiento preventivo de maquinaria (motores, bombas, turbinas, etc.) en diferentes

entornos, como por ejemplo, una industria química.

## 2. Gestión de memoria en dispositivos *Imote2*

La gestión de memoria en dispositivos WSN es fundamental para poder diseñar y desarrollar aplicaciones como las descritas en este artículo. Esta gestión consiste en reservar memoria al definir *arrays* y estructuras de datos, así como la eliminación de estas reservas una vez que dejan de ser necesarias. Una mala gestión de la memoria debido que una aplicación requiera una gran reserva de ella y que supere a la disponible del dispositivo produce una ralentización del tiempo de ejecución, y si el problema persiste provoca el fallo del dispositivo y, por tanto, la finalización abrupta de la aplicación.

La mayoría de las plataformas de WSN comerciales sólo disponen de una memoria física de poca capacidad. Sin embargo, *Imote2* dispone de tres memorias de mayor tamaño [6]. Éstas, ordenadas de menor a mayor según el tiempo de lectura/escritura (r/w), son las siguientes: 256 KB de SRAM (*Static Random Access Memory*), 32 MB de SDRAM (*Synchronous Dynamic Random Access Memory*) y 32 MB de FLASH.

Por ello *Imote2* es una plataforma adecuada para solucionar los requisitos de gestión de memoria planteados en este artículo. *Imote2* almacena la información por defecto en la memoria SRAM debido a su rápido acceso. Sin embargo, ésta no es suficiente para almacenar la gran cantidad de información necesaria para nuestra aplicación. Por tanto, se hace necesario el uso de otra de las memorias disponibles en el dispositivo. La memoria SDRAM tiene un tiempo de r/w inferior a la memoria FLASH (y muy cercano a la SRAM). Además, la memoria FLASH almacena la información de forma permanente y sólo puede ser reseteada físicamente por el usuario. Por tanto, la memoria SDRAM cumple con los requisitos buscados.

Para utilizar la memoria SDRAM es necesario tener en cuenta dos aspectos: (i) es necesario indicar al preprocesador que queremos reservar espacio en dicha memoria. Para ello se dispone de *TinyOS* (y su lenguaje de programación, nesC) [7], un sistema operativo que permite desarrollar aplicaciones que optimizan los recursos disponibles en los dispositivos WSN con un reducido consumo energético. *TinyOS* proporciona un archivo denominado *tos.x* (también llamado *linker script*) definido exclusivamente para *Imote2* donde se realiza la traducción de las secciones del programa (como *.text*, *.dat*, *.bss*, *.sdram*) a direcciones físicas. (ii) Es necesario habilitar la memoria SDRAM mediante código ensamblador, el cual se entrega al compilador junto al código de programa.

Finalmente para la utilización de los *arrays* programados en el *Imote2* tanto para acceso, almacenamiento y extracción de datos es similar al de los punteros usados en lenguajes basados en C, es decir, no es necesaria copia intermedia en la SRAM. De igual forma, debe tenerse en cuenta que si se almacenan más datos que el espacio reservado, puede producirse desbordamiento de memoria.

## 3. Conclusiones

*Imote2* es la única plataforma WSN existente que incluye más de una memoria, cada una de ellas de tamaño muy superior a las disponibles en otras plataformas comerciales. Nosotros hemos desarrollado un *software* pionero que permite gestionarla con el objetivo de extender el campo de aplicaciones de este tipo de redes y aprovechar las nuevas capacidades que ofrece este dispositivo. En particular, se ha desarrollado un *software* que facilita el mantenimiento preventivo de maquinaria industrial.

## Referencias

[1] N. Adam and J. Frey, Redes de sensores inalámbricos. Nuevas soluciones de interconexión para la automatización industrial, Revista ABB, 2, 2006.

[2] Pei ZM., Deng ZD., Yang B. and Cheng XL., Application-Oriented Wireless Sensor Network Communication Protocols and Hardware Platforms: a Survey, IEEE International Conference on Industrial Technology, Chengdu, PEOPLES R CHINA, APR 21-24, 2008.

[3] S. Petersen , P. Doyle, S. Vatland, CS. Aasland, TM. Andersen and D. Sjong, Requirements, drivers and analysis of wireless sensor network solutions for the Oil & Gas industry, 12th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Univ Patras, Patras, GREECE, SEP 25-28, 2007.

[4] http://www.memsic.com/

[5] MEMSIC Inc. Imote2 Hardware Bundle for Wireless Sensor Networks.

[6] Intel ®, Intel ® PXA27x Processor Family. Electrical, Mechanical, and Thermal Specification. Datasheet.

[7] Philip Levis, David Gay, TinyOS Programming, Abril 2009.