

# UTILIZACIÓN DE ARTÍCULOS CIÉNTIFICOS Y DE DIVULGACIÓN TECNOLÓGICA EN EL APRENDIZAJE DE REDES DE SENSORES EN INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

P. MOLINA GAUDÓ, A. MEDIANO, C. BERNAL

*Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Área de Tecnología Electrónica.  
Universidad de Zaragoza. España.*

*Las redes inalámbricas de sensores, más conocidas como “Wireless Sensor Networks”, se han convertido en una tecnología de muy variada aplicación y amplia utilización en muchos campos de la ingeniería. Su desarrollo incorpora conceptos interdisciplinarios de telecomunicaciones, desde instrumentación electrónica hasta protocolos de red. Novedosamente se incorpora esta temática al temario de Instrumentación Electrónica en Ingeniería de Telecomunicación y se hace utilizando métodos destinados fundamentalmente al aprendizaje de competencias.*

## 1. Introducción

Esta actividad está orientada a adaptar la asignatura de Instrumentación Electrónica de Ingeniería de Telecomunicación, troncal de segundo ciclo de la titulación, al nuevo marco docente de la adquisición de competencias, centrado en el estudiante como sujeto activo del aprendizaje [1]. La actividad consta de tres fases realizables en 60 minutos de docencia presencial, distribuida a su vez en dos sesiones diferentes, y aproximadamente 2 horas de trabajo no presencial. Para la docencia presencial será preferible contar con una conexión a Internet en el aula correspondiente, o mejor aún, llevar a cabo la actividad en un aula informática con acceso individual a un terminal.

Los objetivos genéricos de esta actividad orientados al aprendizaje de competencias genéricas consisten en: (i) que el estudiante incremente su habilidad de encontrar información técnicamente avanzada sobre una tecnología novedosa de reciente implantación de manera eficaz, (ii) adquiera capacidad de procesar la información destacando lo relevante y (iii) aprenda de forma autónoma. Adicionalmente, esta actividad se plantea como objetivo específico que el estudiante conozca los fundamentos de las redes de sensores inalámbricas (“Wireless Sensor Networks, WSN”), sus limitaciones y la integración que esta tecnología incorpora de variados aspectos de la titulación (electrónica analógica y digital, protocolos, radio, etc.).

La evaluación del aprendizaje de conceptos llevado a cabo en una primera experiencia de la actividad ha sido positiva y la evaluación del aprendizaje de competencias ha sido valorado muy positivamente por los estudiantes. No obstante se plantean una serie de líneas de futuro para ampliar los objetivos genéricos incluyendo el trabajo cooperativo.

## 2. Metodología de la actividad

### 2.1. Fase I: Motivación y presentación

Como punto de partida se pregunta a los estudiantes si tienen conocimiento de lo que son las redes inalámbricas de sensores (WSN), sus aplicaciones y las tecnologías que incorporan. En general, el conocimiento previo es muy bajo. Para motivar a los alumnos hacia esta actividad, se plantea el “rol-play” de que van a tener en 3 días una entrevista de trabajo, en la que previamente han alegado que SÍ, que tenían conocimientos previos y algo de experiencia acerca de WSN. Se les plantea el reto de la búsqueda de información efectiva, con un elevado grado de detalle técnico pero sin entrar en detalles inalcanzables en tres días de estudio del tema. Se hace una presentación en clase, utilizando conexión en red, en la que se introducen varias opciones de búsqueda [2,3] resaltando sus ventajas y sus inconvenientes y mostrando los resultados que

se van obteniendo en directo. Las transparencias básicas utilizadas se presentan en las figuras 1.a hasta 1.h.

Instrumentación Electrónica

## TEMA 6 REDES SENSORES

1. Literatura técnica avanzada
  1. Cómo buscar
  2. Cómo leer
  3. Cómo entender

Pilar MOLINA GAUDÓ

(a)

Instrumentación Electrónica

## Objetivo

- Entender generalidades técnicas de una red de sensores inalámbrica (wireless sensor network)
- Aprender a buscar información técnica avanzada
- Aprender a leer y entender información técnica avanzada de una temática cercana pero desconocida

(b)

Instrumentación Electrónica

## Fuentes de información

- Internet
  - Lento
  - Demasiada información
    - Demasiado simple
    - Demasiado compleja
    - Vacía de contenido real
  - Útil para una primera incursión

Ejemplo:

<http://ceng.usc.edu/~bkrishna/teaching/SensorNetBib.html>

<http://appsrv.cse.cuhk.edu.hk/~yfzhou/sensor.html>

<http://security.dirkw.com/security/security-sensor.html>

(c)

Instrumentación Electrónica

## Libros


- Libros
  - Cara
    - Tecnología llega a libro:
      - Lleva un tiempo en marcha
      - No es lo rabiosamente actual
    - A veces lento de conseguir amazon.com → Ships 24h =
    - A veces demasiada información
      - Detallada
  - Librerías
  - Biblioteca
    - <http://roble.unizar.es/>

(d)

Instrumentación Electrónica

## Ejemplo libros

- Amazon.com



This publication represents the best thinking and solutions to a myriad of contemporary issues in wireless networks. Coverage includes wireless LANs, multihop wireless networks, and sensor networks. Readers are provided with insightful guidance in tackling such issues as architecture, protocols, modeling, analysis, and solutions. The book also highlights economic issues, market trends, emerging, cutting-edge applications, and new paradigms, such as middleware for RFID, smart home design, and "on-demand business" in the context of pervasive...

(e)

Instrumentación Electrónica

## Revistas técnicas

- Revistas divulgación técnica
  - IEEE
    - Spectrum
    - Proceedings
    - Algunas otras específicas sociedades
  - ACM
- Revistas científicas
  - IEEE
  - ACM
  - Otras específicas – IEE, Springer, Eurasip,...

(f)

Instrumentación Electrónica

## Ejemplos

- Artículos INUTILES
- Artículos UTILES
  - Los que os voy a dar
  - Junto con:
    - Lista TRADUCIDA de palabras en inglés – español
    - Test final a ver que habéis entendido
    - Opción de que me preguntéis más palabras en inglés

(g)

Instrumentación Electrónica

## Material profesor

- Ordenador con conexión a Internet
- Varias revistas del IEEE como ejemplo
- Copias de los artículos
- Copias de la hoja de vocabulario
- Copias de la hoja del test

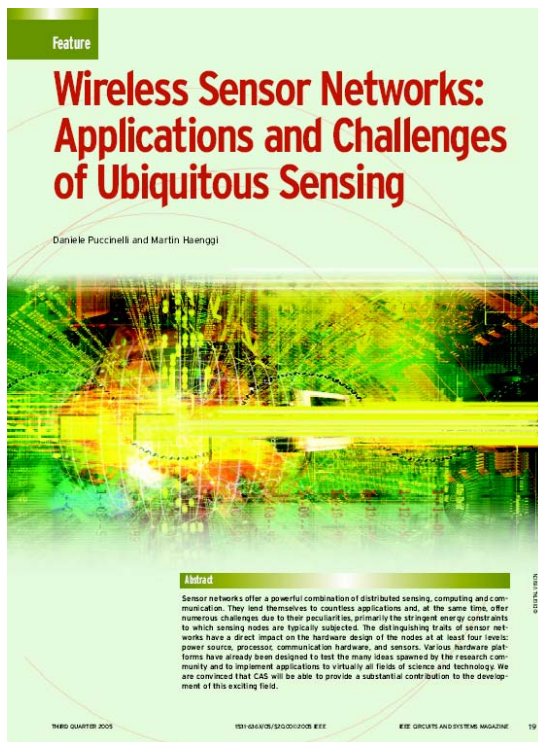
(h)

Figura 1. Presentación en clase del tema, objetivos y resultados.

Las opciones posibles como fuentes de información presentadas son las siguientes:

- Internet utilizando un buscador genérico. Los resultados son abundantes pero es difícil dar con dos documentos que, con el nivel adecuado, traten el tema. O se refieren a las aplicaciones y a los fabricantes o son meros listados de bibliografía, o hablan del tema de forma demasiado general.
- Libros. Usando [2] se obtienen varios resultados posibles, aunque de difícil aplicación al problema propuesto por plazo y por exceso de información.
- Recursos disponibles a través de la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza, con un resultado muy negativo. No se encuentra ningún libro o documento que se relacione con el tema.
- Bases de datos información tecnológica, en concreto se usa IEEEExplore [3] y se presenta la forma de buscar información útil entre los resultados obtenidos, que sea lo suficientemente general. También se muestra un artículo técnico, con excesivo detalle, no de utilidad para el estudio planteado (caso típico en el caso de los Transactions del IEEE).

A partir de esta búsqueda se seleccionan como documentos de trabajo de la siguiente fase [4] y [5] (portada en figuras 2.a y 2.b). Idealmente, si el ordenador cuenta con conexión a internet, las búsquedas de documentos pueden realizarse on-line.



(a)

## Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges

CHEE-YEE CHONG, MEMBER, IEEE AND SRIKANTA P. KUMAR, SENIOR MEMBER, IEEE

Invited Paper

Wireless microsensor networks have been identified as one of the most important technologies for the 21st century. This paper traces the history of research in sensor networks over the past three decades, including two important programs of the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) spanning this period: the Distributed Sensor Networks (DSN) and the Sensor Information Technology (SenIT) programs. Technology trends that impact the development of sensor networks are reviewed, and new applications such as infrastructure security, habitat monitoring, and traffic control are presented. Technical challenges in sensor network development include network discovery, control and routing, collaborative signal and information processing, tasking and querying, and security. The paper concludes by presenting some recent research results in sensor network algorithms, including localized algorithms and directed diffusion, distributed tracking in wireless ad hoc networks, and distributed classification using local agents.

**Keywords**—Collaborative signal processing, microsensors, network routing and control, querying and tasking, sensor networks, tracking and classification, wireless networks.

### I. INTRODUCTION

Networked microsensors technology is a key technology for the future. In September 1999 [1], *Business Week* heralded it as one of the 21 most important technologies for the 21st century. Cheap, smart devices with multiple onboard sensors, networked through wireless links and the Internet and deployed in large numbers, provide unprecedented opportunities for instrumenting and controlling homes, cities, and the environment. In addition, networked microsensors provide the technology for a broad spectrum of systems in the defense arena, generating new capabilities for reconnaissance and surveillance as well as other tactical applications.

Manuscript received January 7, 2005; revised March 17, 2005.  
C.-Y. Chong was with Booz Allen Hamilton, San Francisco, CA 94111 USA. He is now with Alphatech, Inc., San Diego, CA 92121 USA (e-mail: chong@alphatech.com, chong@ieee.org).  
S. Kumar is with the Defense Advanced Research Projects Agency, Arlington, VA 22203 USA (e-mail: skumar@arpa.mil).  
Digital Object Identifier 10.1109/10963-2005-1149118

Smart disposable microsensors can be deployed on the ground, in the air, under water, on bodies, in vehicles, and inside buildings. A system of networked sensors can detect and track threats (e.g., winged and wheeled vehicles, personnel, chemical and biological agents) and be used for weapon targeting and area denial. Each sensor node will have embedded processing capability, and will potentially have multiple onboard sensors, operating in the acoustic, seismic, infrared (IR), and magnetic modes, as well as imagers and microcameras. Also, onboard will be storage, wireless links to neighboring nodes, and location and positioning knowledge through the global positioning system (GPS) or local positioning algorithms.

Networked microsensors belong to the general family of sensor networks that use multiple distributed sensors to collect information on entities of interest. Table I summarizes the range of possible attributes in general sensor networks.

Current and potential applications of sensor networks include military sensing, physical security, air traffic control, traffic surveillance, video surveillance, industrial and manufacturing automation, distributed robotics, environment monitoring, and building and structures monitoring. The sensors in these applications may be small or large, and the networks may be wired or wireless. However, ubiquitous wireless networks of microsensors probably offer the most potential in changing the world of sensing [2].

While sensor networks for various applications may be quite different, they share common technical issues. This paper will present a history of research in sensor networks (Section II), technology trends (Section III), new applications (Section IV), research issues and hard problems (Section V), and some examples of research results (Section VI).

### II. HISTORY OF RESEARCH IN SENSOR NETWORKS

The development of sensor networks requires technologies from three different research areas: sensing, communication, and computing (including hardware, software, and

0018-919X/05/17-00 © 2005 IEEE

PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 93, NO. 8, AUGUST 2005

1247

Figura 2. Artículos definitivos seleccionados para su trabajo posterior

## 2.2. Fase II: Trabajo no presencial

Los estudiantes trabajan de forma autónoma los documentos de forma no presencial, sabiendo que en la siguiente sesión van a ser sometidos a un pequeño test. Como ayuda adicional y dado que los artículos están en inglés, se les proporciona una hoja de vocabulario y su traducción en el contexto científico (figura 3).

## HOJA DE VOCABULARIO

### Artículo 1

Trait – rasgo  
Peer – colega  
Swap – intercambiar  
Heal – sanar, curar  
Breaches – brecha, grieta  
Ensemble – conjunto  
Deploy – desplegar  
Sniper – francotirador  
muzzle blast – onda expansiva  
two-tiered – dos pesos, dos niveles  
failure-prone – dado a errores  
stringent – exigente, limitado  
lion's share – trozo grande del pastel (figurado)  
idle mode – modo parado, modo inactivo  
noteworthy – digno de mención, significativo  
depletion – *the act of decreasing something markedly*, depletion mode – vaciado (electrones y huecos por ejemplo)  
surveillance – vigilancia  
untethered – no atado, no restringido de movimientos  
sink – sumidero, receptor  
scavenging – depredador, carroñero  
caveat - limitación

### Artículo 2

challenge – reto  
deployed – desplegado  
disposable – de usar y tirar  
winged – con alas  
denial – desmentido, denegación. En este contexto, eliminación.  
interdiction – prohibición  
assesing – determinando, concretando  
fault-tolerante – tolerante a fallos  
rebinding – reconexión  
thrust – empujar con fuerza  
ruggedized – *produce in a version designed to stand rough usage*  
compliance – conformidad, conforme a (generalmente a una norma)  
harsh – severo, duro  
survivability – capacidad de supervivencia  
seamless – sin costuras figuradamente: fluido, coherente  
flooding - inundación

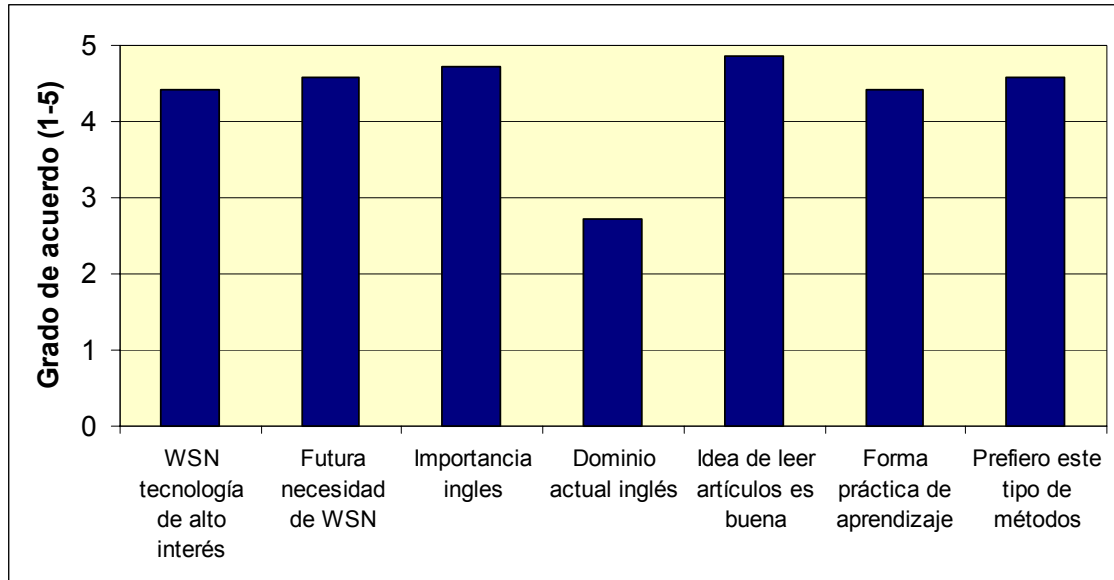
**Figura 3.** Hoja auxiliar de vocabulario en inglés

### 2.3. Fase III: Evaluación

Para determinar el grado de adquisición de conocimiento de los estudiantes y como valoran la actividad llevada a cabo, en la siguiente sesión presencial se les hace una evaluación que consta de una serie de preguntas tipo test acerca de conceptos generales de la tecnología, correspondientes a unos mínimos, y una serie de preguntas adicionales para determinar su grado de profundización en los materiales y su creatividad a la hora de buscar nuevas aplicaciones de esta tecnología. Adicionalmente, y con el objeto de valorar esta actividad, en el curso 2005-06, se adjuntaron una serie de preguntas más subjetivas que valoran la actividad y su importancia en el aprendizaje de competencias. El test también está en inglés, así como las preguntas de valoración.

## 3. Resultados

La tasa de acierto de las preguntas tipo test que valoran los conocimientos adquiridos es del 67%. En la figura 4, se muestran los resultados de las preguntas personales y de valoración de la actividad. En general la actividad ha sido muy bien aceptada por los alumnos. Resulta dramático constatar que aunque consideran el inglés como muy importante (están de acuerdo con esa afirmación en un 94%), se dan cuenta de que su dominio del mismo está limitado a la hora de leer literatura técnica sobre una materia de su competencia.



**Figura 4.** Resultados de la evaluación y valoración de la actividad por parte de los alumnos.

#### 4. Conclusiones y líneas de futuro

El autoaprendizaje, la capacidad de buscar y procesar literatura técnica y el conocer el estado de la investigación en un campo afín a la titulación, que incorpora partes de diferentes materias de diferentes áreas, son competencias que se pretenden mejorar con este tipo de actividad. La respuesta del alumno ha sido positiva y los resultados satisfactorios. Como ideas de mejora para su realización futura, sugerimos la incorporación de una fase adicional, en la que los alumnos se responsabilizan de la búsqueda de un documento que consideran el más oportuno para el objetivo propuesto. Este documento, lo pondrán en común con sus compañeros de grupo (como prerrequisito, la clase tendrá que estar ya dividida en grupos de trabajo de 3 o 4 estudiantes, con algo de experiencia previa en trabajo cooperativo), decidiendo de entre todos ellos, cual es el mejor. Este documento será un resultado intermedio evaluable en función de la calidad de la información que aporte el grupo en un número razonable de páginas sin entrar en detalles muy técnicos de bajo interés general.

#### Referencias

- [1] Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación: “*Libro Blanco Título de Grado en Ingeniería de Telecomunicación*”. 2004. Disponible: <http://www.aneca.es/>
- [2] Amazon.com, librería on line. Disponible en: <http://www.amazon.com>
- [3] IEEE\_Xplore, base de datos de documentos científicos IEEE. Disponible: <http://ieeexplore.ieee.org/>
- [4] D. Puccinelli, M. Haenggi: “*Wireless Sensor Networks: Applications and Challenges of Ubiquitous Sensing*”. IEEE Circuits and Systems Magazine, vol. 21, no. 4, p.p. 19-30. 2005.
- [5] C.Y. Chong, S.P. Kumar: “*Sensor Networks: Evolution, Opportunities and Challenges*”. Proceedings of the IEEE, vol. 91, no. 8, August 2003, p.p. 1247-1256.