

PLATAFORMA PARA EL DESARROLLO DE SENSORES INTELIGENTES Y SISTEMAS MICROPROCESADOS

F. CORTÉS¹, S. GALLARDO¹, F. BARRERO¹ Y S. TORAL¹

¹*Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla. España*

En un esfuerzo por acercar a los alumnos el diseño y desarrollo de sensores inteligentes y sistemas microprocesadores actuales, el Departamento de Ingeniería Electrónica ha desarrollado un prototipo de sistema domótico, articulado en torno a un bus CAN, con el que se pretende hacer ver a los alumnos la importancia y las posibilidades que ofrecen estos sistemas estrechamente ligados a la instrumentación.

1. Introducción

A lo largo de la carrera de ingeniería de telecomunicación, el alumno percibe a menudo ciertas carencias a nivel práctico en su formación. Este hecho es especialmente crítico en el área de la electrónica donde, aunque los planes de estudio han fomentado el trabajo de tipo práctico, no han conseguido eliminar carencias relacionadas con el diseño y desarrollo de sistemas electrónicos analógicos y digitales. Es precisamente una asignatura práctica como el Laboratorio de instrumentación electrónica, perteneciente al 5º curso de la titulación, el espacio que consideramos más adecuado para solventar, dentro de lo posible, esas carencias. En este sentido, en el Departamento de Ingeniería Electrónica se está llevando a cabo un importante esfuerzo para remodelar las prácticas de la asignatura antes comentada de modo que los alumnos tengan una visión más completa de las tecnologías actuales empleadas en la electrónica de comunicaciones y afronten tareas tales como el análisis y estudio de sensores inteligentes o el diseño de sistemas microprocesadores. Se pretenden potenciar prácticas que motiven al alumno en contraposición a algunas de las prácticas que se venían efectuando hasta ahora, calificadas por éstos como tediosas y de poca utilidad. El sistema que se propone encaja perfectamente en este nuevo enfoque de la asignatura ofreciendo la posibilidad de trabajar con un prototipo real de sistema domótico que hace uso de tecnologías tan actuales como los buses de campo, GPRS o Ethernet.

2. Descripción del sistema

El sistema implementado es un prototipo domótico que se articula en torno a un bus de campo[1], que es el elemento que le confiere las principales ventajas al sistema. Como paso previo, se definieron cuatro criterios que debían ser respetados en el diseño del sistema:

- Ampliable. Para permitir la inclusión de nuevos sensores y actuadores de diferente naturaleza sin tener que modificar el protocolo o software de los elementos existentes.
- Abierto. Con especificaciones claras para que se puedan desarrollar nuevas aplicaciones sobre su propio hardware e incluirlo en el sistema y ofreciendo la posibilidad de que de este proyecto surjan otros que lo complementen.
- Controlable de forma remota. Para permitir la monitorización del estado del hogar inteligente y la intervención en el sistema desde cualquier ordenador conectado a Internet y desde terminales móviles (GSM/GPRS).
- Con maqueta. Para lograr un entorno más cercano a la realidad donde poder realizar pruebas sobre el sistema.

El segundo paso importante fue la elección del bus de campo más apropiado. En la actualidad existen múltiples estándares de buses de campo específicos para domótica como por ejemplo X10, EHS, EIB, Lonworks, Batibus, etc. Cada uno de estos buses tienen características diferentes y están enfocados a distintos sectores del mercado domótico. X10 por ejemplo es un estándar que aprovecha

la infraestructura eléctrica para transmitir señales de control, es barato y sencillo de instalar, pero la velocidad de transmisión es muy baja (50 bit/s) y su funcionalidad se reduce a poco más que encender y apagar dispositivos. Otros buses como EHS también pueden aprovechar la infraestructura eléctrica o utilizar otros medios de transmisión como el par trenzado, y son capaces de alcanzar velocidades algo mayores (del orden de los 9600 bit/s). En el otro extremo encontramos LonWorks[4], que puede considerarse como un bus domótico de altas prestaciones. Tiene una estructura jerárquica, puede transmitirse por múltiples medios de transmisión y alcanza velocidades de hasta 1.25 Mbit/s aunque su elevado coste ha hecho que la implantación de LonWorks sólo haya tenido éxito en hoteles y grandes edificios.

A pesar del gran número de buses de campo disponibles para aplicaciones domóticas, se optó por utilizar CAN[2], bus de campo versátil ampliamente utilizado en sectores como el automovilístico y en la industria. Evidentemente esta decisión no se atiene a las tendencias de convergencia de buses domóticos, pero la realidad muestra que a pesar de esto, las empresas siguen apoyando el desarrollo sus propios productos, resultando en un cúmulo de buses diferentes compitiendo entre sí en lo que se ha denominado como “guerra de los buses”[1].

Las características de CAN lo hacen adecuado para su uso en aplicaciones domóticas, logrando un rendimiento comparable al de los buses de campo de altas prestaciones. CAN reúne muchas de las ventajas que tienen el resto de buses de campo bajo un estándar verdaderamente abierto, sencillo y económico que permite una mayor libertad a la hora de definir los protocolos de las capas superiores. Esto, junto con las características propias de CAN, fue uno de los motivos que nos llevaron a escogerlo. El sistema diseñado hereda de CAN dos características fundamentales:

- En el nivel de enlace, el protocolo de la tecnología CAN no utiliza los identificadores como direcciones de los nodos de la red sino que éstos indican el tipo de contenido del mensaje. Por ejemplo: podríamos asignar un identificador para los datos de temperatura, otro para los de velocidad, etc. De esta manera se pueden establecer comunicaciones punto a multipunto ya que sólo los nodos a los que interese el mensaje lo recibirán.
- El tipo de acceso al medio es basado en contienda pero con la particularidad de que no se desperdicia tiempo, debido a que las colisiones se resuelven mediante un arbitraje de bits en el que gana el nodo con más prioridad.

Si a nivel funcional las ventajas son notables, a nivel educativo lo son aún más puesto que se permite al alumno observar un desarrollo completo utilizando buses de campo.

En la siguiente figura se muestra un esquema general del sistema en el que se muestra la interconexión de los diferentes elementos que lo componen:

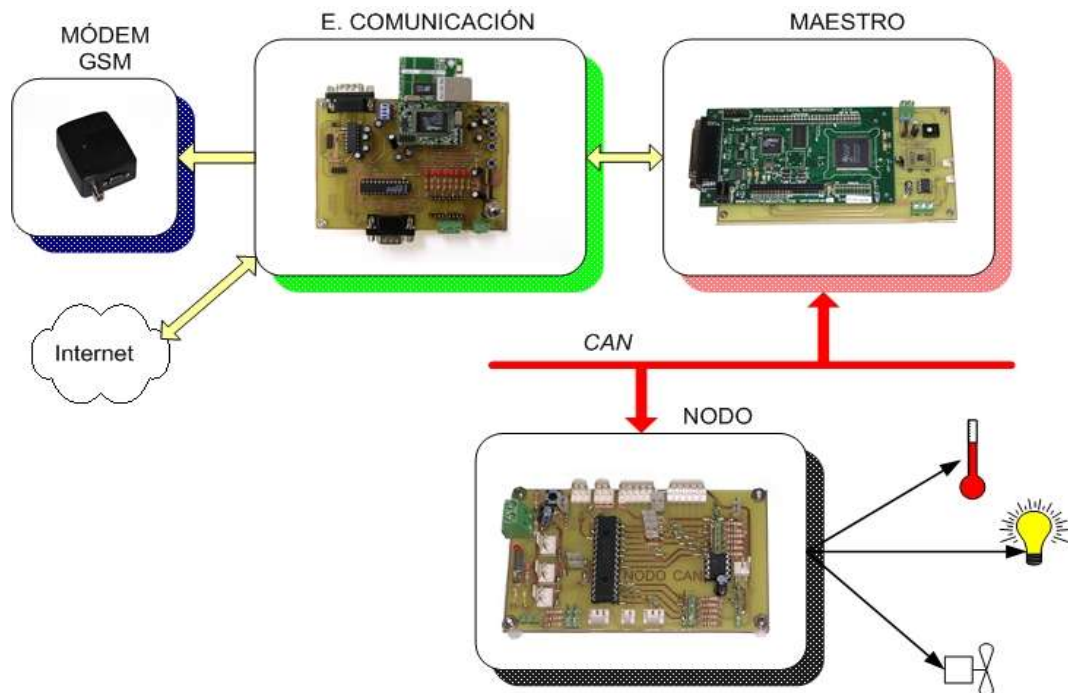


Figura 1. Elementos del sistema.

El sistema está gobernado por el “elemento maestro”, basado en un DSP TMS320F2812 de Texas Instruments®. Este elemento está constituido por un DSP de Texas Instruments, en particular, el dispositivo TMS320F2812. El elemento maestro se encarga, entre otras tareas, de:

- Almacenar y administrar la información general del sistema como la distribución de sensores y actuadores en los sectores o habitaciones, dirección IP, máscara de subred, contraseñas para el servidor, números de teléfono a los que enviar las alarmas, etc.
- Gestionar los números de identificación de los nodos y los elementos sensores y actuadores.
- Trasladar las órdenes del usuario a los elementos de la red para que actúen en consecuencia y recoger los datos solicitados por el usuario.
- Generar alarmas si se dan las condiciones correspondientes.

Otro de los elementos destacados del sistema es el elemento de comunicación con el exterior. Se trata básicamente de un módulo RCM2200, que contiene un procesador Rabbit 2000. Este módulo está preparado para ser conectado en redes Ethernet 10/100BaseT, razón fundamental por la que se escogió este módulo para desempeñar las tareas de comunicación con el exterior. Este módulo controla, además, el módem GSM/GPRS GM29 de Sony-Ericsson a través de uno de sus puertos serie y está permanentemente comunicado por otro de sus puertos serie con el elemento maestro. El software que se ha creado para este módulo se encarga principalmente de hacer las veces de servidor unificado para el acceso remoto. De esta manera, el mismo servidor da acceso al sistema tanto si el usuario utiliza un ordenador conectado a Internet como si lo hace a través de un terminal móvil GPRS. El módem GSM/GPRS se encarga básicamente de canalizar los mensajes de alarma a través de SMSs al usuario y al servicio de emergencias correspondiente. Se ha optado por utilizar SMSs para enviar las alarmas debido a que su recepción es casi instantánea.

Los elementos sensores y actuadores se agrupan en “nodos”. Los nodos han sido implementados mediante microcontroladores PIC18F248 sobre una placa genérica que se adapta a multitud de sensores y actuadores gracias a sus líneas de entrada analógicas y sus entradas/salidas digitales. Como muestra de la capacidad del sistema, al prototipo se le ha dotado de sensores y actuadores tales como luces, sensores de temperatura, sensores de luz, sensores de proximidad por ultrasonidos, interruptores, etc.

Para coordinar los elementos del sistema se han diseñado dos protocolos, uno para la red interna de bus CAN al que se ha denominado protocolo interno y otro para la comunicación entre el servidor y la aplicación cliente sobre Internet al que se ha denominado protocolo externo. El primero de ellos aprovecha las ventajas de CAN que se citaron anteriormente para permitir el intercambio de información entre los actuadores y sensores de la red. Gracias a las características de este protocolo, el sistema está dotado de una gran funcionalidad. Por su parte, el protocolo externo gestiona la comunicación entre el usuario y el sistema a través de Internet. El protocolo externo es un protocolo de la capa de aplicación y se transmite sobre TCP. Este protocolo permite controlar el sistema desde un PC conectado a Internet o desde un terminal móvil GPRS.

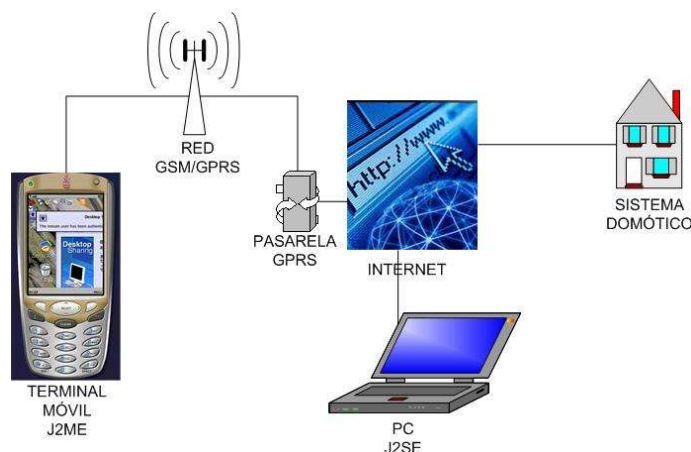


Figura 2. Acceso al sistema.

Para que la aplicación cliente pueda manipular los elementos instalados en el sistema, se ha creado la figura de los ficheros de manejo, que juegan un papel análogo a los drivers para un sistema operativo convencional. Haciendo uso de estos ficheros, la aplicación cliente permite al usuario influir directamente sobre el comportamiento de los elementos (por ejemplo, encender una luz), pero también permite hacer que otros elementos influyan indirectamente sobre el comportamiento de un elemento (por ejemplo, hacer que la luz se encienda cuando se detecte movimiento o cuando la luminosidad sea baja).

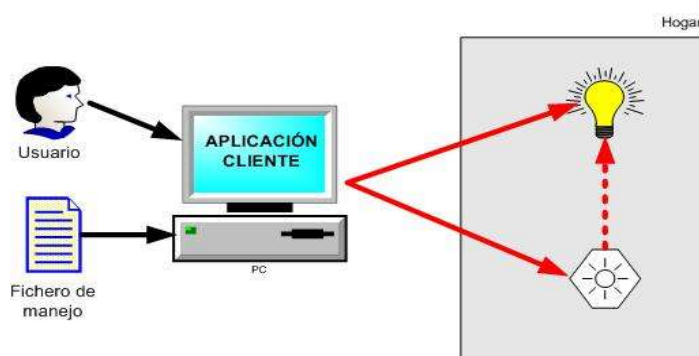


Figura 3. Posibilidades de actuación.

Una ventaja que se ha añadido al sistema es la posibilidad de insertar nuevos elementos en la red mediante un mecanismo de autoregistro (plug & play) con lo que se facilitan las ampliaciones. El sistema se completa con las aplicaciones cliente, que en principio están siendo implementadas en forma de programa ejecutable específico. En el caso de la aplicación para PC, el programa está realizado en Java[5], mientras que la versión para terminales móviles está realizándose en Java 2 Micro Edition (J2ME). Existen otras arquitecturas cliente-servidor posibles y de hecho se está estudiando la posibilidad de sustituir la aplicación cliente específica por una página web que

implemente la interfaz para el usuario y le evite a éste tener que instalar programas o tener que disponer de la aplicación en un soporte físico. De este modo se mejoraría la accesibilidad.

3. Aplicación al Laboratorio de Instrumentación Electrónica

Este sistema va a ser empleado en el Laboratorio de Instrumentación Electrónica de 5º curso de la titulación de Ingeniero de Telecomunicación como complemento para la formación práctica de los alumnos. Se está realizando un gran esfuerzo para renovar las prácticas en esta asignatura de modo que los alumnos tengan una visión más completa de las tecnologías que actualmente se usan en comunicaciones.

El laboratorio de instrumentación electrónica es una asignatura práctica en la que los alumnos trabajan en grupos usando diferentes equipos de instrumentación como osciloscopios, analizadores de espectro, multímetros, analizadores lógicos, etc. Las prácticas están estructuradas en dos grupos. El primero, contiene prácticas guiadas, explicadas paso por paso. En estas prácticas los alumnos aprenden y revisan el manejo básico de los aparatos de instrumentación, usándolos para obtener medidas en circuitos sencillos. El segundo grupo contiene prácticas donde los alumnos tienen que usar todo el conocimiento que han aprendido durante el primer grupo de prácticas, junto con otros conocimientos adquiridos durante la carrera, para solucionar los problemas propuestos en la práctica. Dado que esta asignatura pertenece al 5º curso, los alumnos ya tienen conocimientos de instrumentación, y aunque se supone que son capaces de manejar la mayoría de los aparatos, es aconsejable recordarles su uso. En esta estructura se han detectado algunos problemas, entre ellos destaca la falta de aplicación directa de los circuitos sobre los que se trabaja.

Utilizando este prototipo domótico se pretende dar solución a una de las reivindicaciones de los alumnos: trabajar sobre circuitos con aplicación directa. El hecho de trabajar con sistemas cercanos a la realidad motiva el interés del alumno. El sistema será utilizado en el laboratorio de instrumentación con una doble finalidad: por un lado, se han previsto algunas sesiones prácticas con dos vertientes diferentes. La primera versa sobre circuitos de adaptación de sensores y actuadores. En particular se utilizan circuitos para adaptar termopares y sensores de proximidad. En estas prácticas se fomenta el uso de multímetros y osciloscopios y, además, se enseña la naturaleza y principios de funcionamiento de estos sensores. La segunda vertiente se centra en el manejo del bus CAN y en la programación de los microcontroladores. En estas prácticas el alumno aprende algunas nociones sobre el manejo y programación de los microcontroladores y sobre el funcionamiento y aplicaciones de los buses de campo. Se pretende que sean capaces de manejar los sensores y actuadores utilizando los periféricos que incorporan estos dispositivos, tales como convertidores analógico-digitales, puertos serie, líneas de entrada/salida, así como los módulos CAN para establecer comunicación con el resto de elementos y desarrollar estrategias de control distribuido. Esta práctica fomenta el uso de osciloscopios, analizadores lógicos y entornos de desarrollo para microprocesadores.



Figura 4. Vista de la maqueta.



Figura 5. Hardware del sistema.

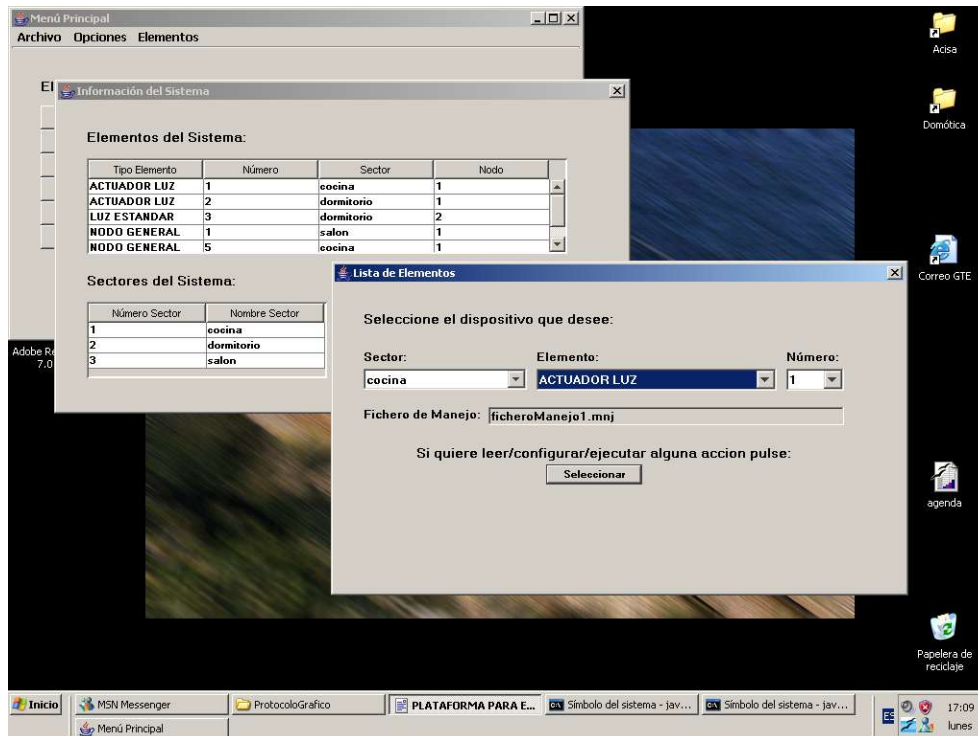


Figura 6. Aplicación cliente para PC basada en Java.

Por otra parte, también se pretende aprovechar el sistema para la realización de trabajos tanto voluntarios como obligatorios, iniciativa que ya viene funcionando desde cursos pasados y que los alumnos encuentran bastante útil. Lo que se pretende con estos trabajos es enseñar al alumno a hacer diseños de esquemáticos, PCBs, a buscar y seleccionar componentes electrónicos, a manejarse con documentación técnica y a depurar el hardware que han desarrollado, haciendo uso de la instrumentación electrónica disponible. Como resultado, los alumnos obtienen una visión general del proceso de diseño de sistemas electrónicos reales y adquieren una experiencia muy útil que no suelen recibir en otras asignaturas.

Alternativamente se pueden plantear nuevas prácticas sobre el sistema orientadas a las comunicaciones móviles y al desarrollo de aplicaciones en red a través de Ethernet.

La previsión es que el sistema evolucione progresivamente gracias a las contribuciones de los propios estudiantes. Aunque la expansión natural del sistema pasa por la creación de nuevos tipos de sensores y actuadores, también se plantea la incorporación de tecnologías inalámbricas[3] como Bluetooth o Zigbee, que sustituyan en algunos casos al bus de campo.

4. Conclusión

El sistema propuesto constituye una herramienta docente novedosa y útil en asignaturas de últimos cursos, como en el laboratorio de instrumentación presentado en este artículo, y adecuada para acercar aplicaciones de tipo práctico y reales al alumno. Trabajar con tecnologías reales permitirá atraer la atención de los alumnos, ayudándoles a comprender mejor la utilidad de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Su amplia funcionalidad les permitirá desarrollar nuevas aplicaciones domóticas con posibilidades casi ilimitadas. Pero más allá de lo meramente técnico, los alumnos pueden adquirir conocimientos sobre cómo se estructuran sistemas domóticos, algo que les puede ser de utilidad cuando tengan que abordar proyectos en los que los ingenieros de telecomunicación tienen competencia, como son los proyectos de ICT y domótica.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Ministerio de Educación y Ciencia por su apoyo parcial a la presentación de este trabajo a través de la red temática del Capítulo Español de la Sociedad de la Educación del IEEE (TSI2005-24068-E).

Referencias

- [1] H. Kaschel y E. Pinto. *Análisis del estado del arte de los buses de campo aplicados al control de procesos industriales* (2002).
- [2] Robert Bosch GmbH. *CAN Specification Version 2.0*. (1991)
- [3] P. Ferrari, A. Flammini, D. Marioli, E. Sisinni y A. Taroni. *A bluetooth-based sensor network with web interface*. *IEEE Transactions on instrumentation and measurement*, Vol. 54, N° 6, 2359-2363 (2005).
- [4] J.W. Hertel. *LONWORKS in industrial. Proceedings, 8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, Vol. 1, 385-388 (2001).
- [5] H. Schildt. *Java 2: The Complete Reference. 4th edition*. McGraw-Hill (2001).