

DESARROLLO DE UN NUEVO SISTEMA PARA LA REALIZACIÓN DE CLASES PRÁCTICAS EN VARIAS ASIGNATURAS ADSCRITAS AL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA TITULACIÓN DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

*Federico José Barrero García
Francisco Javier Cortés Martínez
Sergio Gallardo Vázquez
Sergio Luis Toral Marín
M.R. Martínez-Torres*

*Departamento de Ingeniería Electrónica.
Escuela Superior de Ingenieros*

RESUMEN

El presente trabajo describe un entorno domótico, desarrollado en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla, que permite el desarrollo de prácticas docentes en varias asignaturas adscritas al Departamento de Ingeniería Electrónica asociadas, en principio, a la titulación de Ingeniería de Telecomunicación, aunque podrían fácilmente extenderse al resto de titulaciones impartidas por el Departamento mencionado. El entorno se ha desarrollado con vistas a su uso como sistema base para el desarrollo de trabajos prácticos (hardware y/o software) en una asignatura obligatoria de 3^{er} curso de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación denominada "Complemento de Sistemas Electrónicos Digitales" y otra optativa de 5^o curso de la misma titulación denominada "Laboratorio de Instrumentación Electrónica". La utilización de este sistema, que se empleará por primera vez durante el curso 2006-2007, permitirá al alumno disponer del mismo banco de prácticas para desarrollar en torno a él trabajos prácticos en los que intervengan los conocimientos adquiridos en la carrera.

ABSTRACT

This paper describes a domotic environment developed at the Electronic Engineering Department of the University of Sevilla. The system has been designed

to be used as a test rig for the development of practical experiences in various subjects in the Electronic Engineering Area. The practical environment will be used for the first time during academic year 2006-2007.

Descripciones: Tecnologías de la Información y de la Comunicación, Internet, Informática Educativa, Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza, Aplicaciones Informáticas Interactivas, Laboratorios Presenciales y Remotos, Domótica, Buses de Campo, Sistemas Microprocesadores.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad, al igual que la sociedad, está sufriendo una metamorfosis provocada por el ingente avance tecnológico que estamos experimentando. Los sistemas educativos se están viendo claramente influenciados por las N.N.T.T. (Nuevas Tecnologías) en la enseñanza, lo que permite la introducción de recientes técnicas y medios docentes hasta ahora no imaginados. La realidad educativa de los últimos años se ha visto afectada por la suma de dos fenómenos. De un lado, la introducción progresiva de nuevos medios informáticos, equipos, y recursos audiovisuales en las universidades de forma significativa. De hecho, hoy día prácticamente todas las facultades poseen un centro de cálculo o aula de informática donde los alumnos pueden acceder a ordenadores personales y a aplicaciones informáticas. Por otra parte, la mayoría de los sectores de la sociedad han sufrido cambios que han supuesto grandes avances en las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC). Existe, sin duda, una relación mutua entre estos dos fenómenos, ya que la aparición de estas nuevas tecnologías son las que han propiciado la introducción de éstas en los centros educativos y concretamente en la universidad.

Las que han sido denominadas Nuevas Tecnologías, para diferenciarlas de las tradicionales, tienen cuatro pilares básicos que son: la informática, la electrónica, los medios audiovisuales/multimedia y las redes de comunicación. Estos conceptos interrelacionan entre sí, constituyendo un marco tecnológico que nos obliga a avanzar en los métodos pedagógicos actuales.

Además, y ahondando en lo anterior, en las Escuelas de Ingeniería de España se ha producido un notable cambio en los planes de estudio, cambio al que no es ajena la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, que ha afectado notablemente a la metodología docente. Este cambio se traduce en el mayor peso de las clases de tipo práctico en la búsqueda de fomentar el concepto *aprender-realizando*. El objetivo perseguido no es otro que simplificar la docencia de materias que son complicadas de impartir empleando el método de enseñanza tradicional. En la práctica, la forma de abordar este cambio ha sido independiente en cada asignatura y Departamento. Se han venido desarrollando, por parte de los profesores de

cada asignatura y con mayor o menor éxito, un conjunto de prácticas adscritas a las asignaturas de las diferentes titulaciones de Ingeniería, independientes unas de otras o, en el mejor de los casos, con algún pequeño nexo de unión.

En este trabajo se presenta un entorno o banco para el desarrollo de prácticas relacionadas con la electrónica analógica y digital, la instrumentación electrónica, el diseño e integración de sistemas electrónicos y la programación de los mismos con idea de ser empleado por los alumnos en varias asignaturas de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación adscritas al Departamento de Ingeniería Electrónica (en cualquier caso, la utilización del sistema puede extenderse a otras titulaciones que imparta el Departamento de Ingeniería Electrónica, e incluso otros Departamentos afines de la Universidad de Sevilla). De esta manera, el alumno manejará en diferentes asignaturas de la misma titulación el mismo banco de prácticas, desarrollando en torno a él los diferentes conocimientos adquiridos.

El sistema elegido como banco para la realización de prácticas es una casa domotizada que cuenta con sistemas electrónicos basados en microprocesadores, DSPs y microcontroladores conectados mediante un bus de campo, conexión a Internet, posibilidad de ser gobernada mediante GPRS y, lo que es fundamental, dispone de la posibilidad de que los alumnos desarrollen nuevos sistemas electrónicos analógicos y digitales que puedan ser conectados al sistema y controlados remotamente, para lo que el alumno deberá implementar por software cierto protocolo de comunicaciones previamente definido.

A lo largo de la carrera de Ingeniería de Telecomunicación, el alumno percibe a menudo ciertas carencias a nivel práctico en su formación, fundamentalmente derivadas de la escasa conexión que existe entre las diferentes asignaturas. Se pretende con el desarrollo de este sistema, remodelar las prácticas de varias asignaturas de modo que los alumnos tengan una visión más completa de las tecnologías actuales empleadas en la electrónica en general, y en particular en la electrónica aplicada a las comunicaciones. Se pretende potenciar la parte práctica para que el alumno vea la utilidad y aplicación final de los conocimientos teóricos adquiridos, en contraposición a algunas de las prácticas que se venían efectuando hasta ahora, que los propios alumnos calificaban de tediosas y de poca utilidad.

El sistema propuesto encaja perfectamente en este nuevo enfoque puesto que abarca un amplio conjunto de tecnologías; por un lado, las tecnologías electrónica analógica y digital, incluyendo las tecnologías de comunicación como GSM, GPRS, buses de campo o Ethernet, y por otro, las tecnologías asociadas a sensores y actuadores y sus correspondientes circuitos de adaptación de señal, muy apropiados para laboratorios de instrumentación electrónica, de electrónica analógica, de sistemas digitales avanzados y de sistemas microprocesadores. La gran funcionalidad del sistema diseñado permite que los alumnos puedan desarrollar nuevos

tipos de elementos para insertarlos en el sistema y nuevas formas de interactuar con el resto de elementos con posibilidades casi ilimitadas.

Por otra parte, el sistema será capaz de responder a las expectativas del alumno sobre la utilidad de las prácticas que realiza puesto que el trabajo se realizará sobre una maqueta y con elementos cotidianos relacionados con algo tan cercano y a la vez tan novedoso como es la domótica, capaz de atraer la atención del alumno, mejorar la comprensión de las prácticas y hacerlas mucho más amenas.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema implementado es un prototipo domótico que se articula en torno a un bus de campo muy empleado en la industria, el bus CAN o Controller Area Networks, [1]. Éste es el elemento que le confiere las principales ventajas al banco de prácticas desarrollado, puesto que ha permitido la definición de cuatro criterios respetados en el diseño del mismo como son:

- Sistema ampliable. En este sentido, se ha desarrollado un sistema que permite la inclusión de nuevos sensores y actuadores, de diferente naturaleza y sin tener que modificar el software de los elementos existentes.
- Sistema abierto y con especificaciones claras que permita el desarrollo de nuevas aplicaciones sobre el hardware ya desarrollado, facilitando su inclusión en el sistema y ofreciendo la posibilidad de que surjan nuevos sistemas electrónicos que complementen el banco de desarrollo de prácticas.
- Sistema controlable de forma presencial y remota. En este sentido se permite la monitorización del estado del banco de prácticas o "maqueta de hogar inteligente" y la intervención en el sistema desde cualquier ordenador conectado a Internet y desde terminales móviles (GSM/GPRS).
- Sistema real. Se ha diseñado y realizado una maqueta para lograr un entorno más cercano a la realidad donde poder realizar pruebas sobre el sistema.

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 ofrece características diferentes y se enfocan hacia distintos sectores del mercado, incluido el mercado domótico.

X10, por ejemplo, es un estándar que aprovecha la infraestructura eléctrica para transmitir señales de control. Ofrece como ventajas que es un sistema barato y sencillo de instalar, aunque la velocidad de transmisión es muy baja (unos 50 bit/s). 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. Este tipo de bus in-

dustrial es capaz de alcanzar velocidades algo mayores a las que ofrecía X10 (del orden de los 9600 bit/s).

En el otro extremo nos encontramos con buses como 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, en el diseño del banco de prácticas se ha optado por utilizar un bus de campo denominado CAN –*Controller Area Network*–, versátil y ampliamente empleado en sectores como el automovilístico y en la industria. La decisión adoptada no se atiene a las tendencias de convergencia de buses domóticos entre otros motivos porque las propias empresas aún no se han puesto de acuerdo en un único estándar para buses industriales con aplicaciones domóticas y 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”.

Las características que hacen de CAN un bus adecuado para su uso en aplicaciones domóticas, especialmente para el diseño de un sistema o banco de desarrollo de prácticas como el que se propone, pasan por ofrecer 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 (es un protocolo que se incluye como periférico en la mayoría de los microcontroladores de media y altas prestaciones que se pueden encontrar en el mercado) 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, se podría 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 está 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

desarrollado, en el que se muestra la interconexión de los diferentes elementos que lo componen.

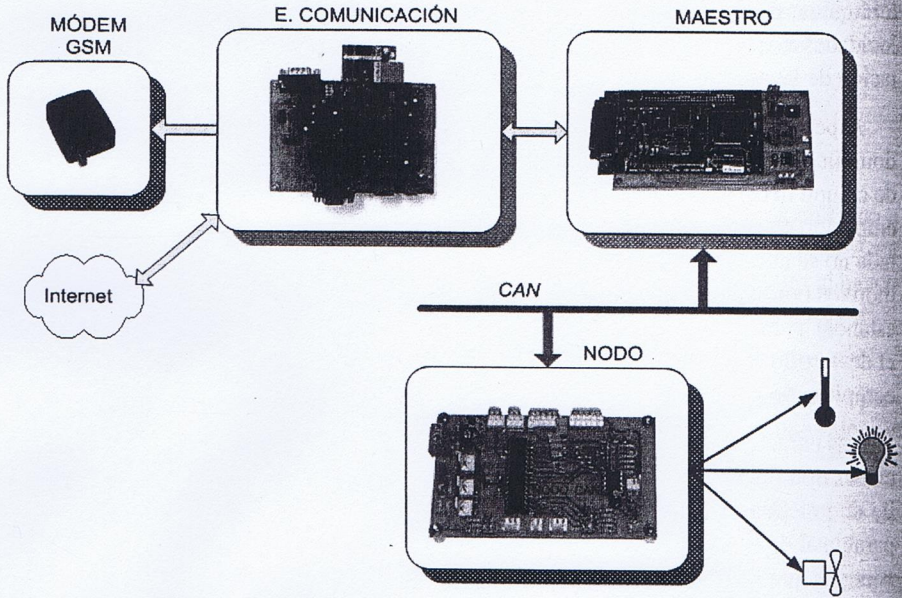


Figura 1. Elementos del sistema.

El sistema está gobernado por el “elemento maestro”, basado en un DSP TMS320F2812 de Texas Instruments®. Este elemento está constituido por un DSP o microcontrolador de altas prestaciones y arquitectura supersegmentada de 2 niveles, del fabricante 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. En este caso, se trata de un microprocesador de propósito general que ofrece soporte avanzado para el desarrollo de servidores Web. Este módulo está preparado para ser conectado en redes Ethernet 10/100BaseT, razón fundamental por la que se escogió este microprocesador para desempeñar las tareas de comunicación con el exterior. Este módulo controla, además, un módem GSM/GPRS a través de uno de sus puertos serie (en este caso, la elección para el desarrollo del banco de prácticas ha sido el módem GM29 de Sony-Ericsson) 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.

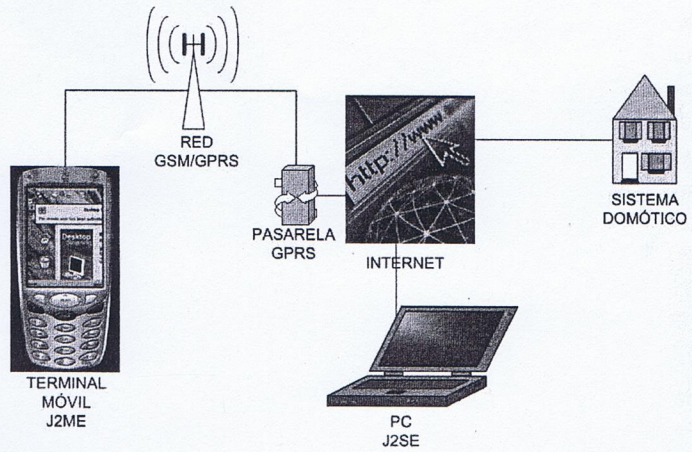


Figura 2. Acceso al sistema.

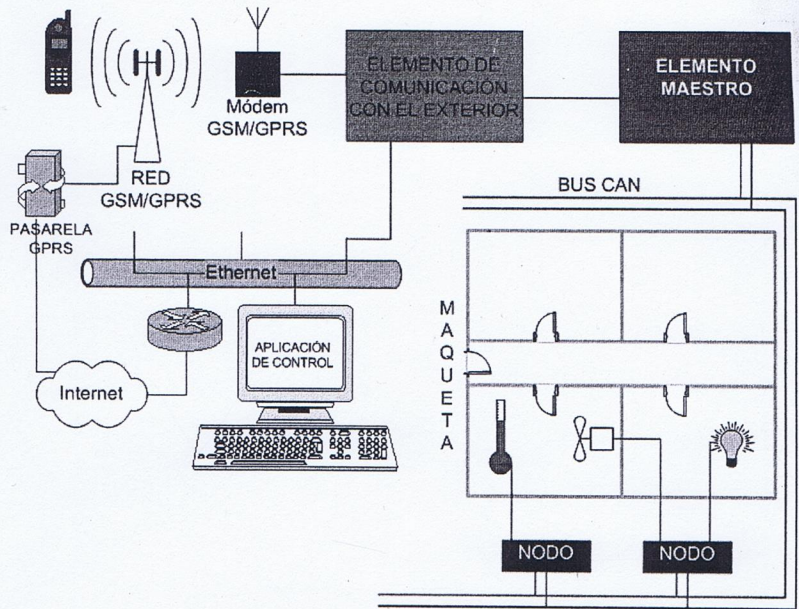


Figura 3. Estructura general del sistema.

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).

Otra 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 están siendo implementadas en forma de programa ejecutable específico. En el caso de la aplicación para PC, el programa está realizado en Java, 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.

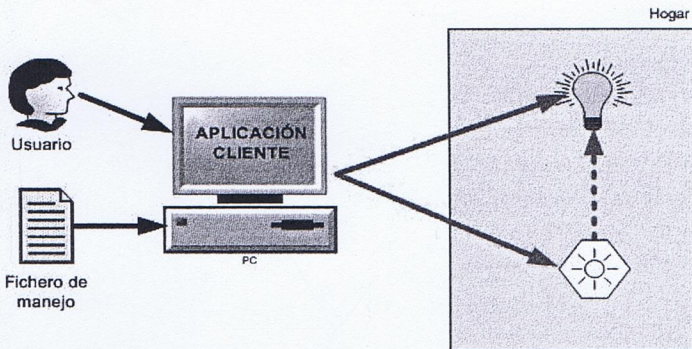


Figura 4. Posibilidades de actuación.

3. APLICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

Este sistema va a ser empleado, en principio, en dos asignaturas adscritas a la titulación de Ingeniero de Telecomunicación impartida en la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, como complemento para la formación práctica de los alumnos:

- En la asignatura "Complementos de Sistemas Electrónicos Digitales", obligatoria de tercer curso cuyos descriptores aparecen por primera vez definidos en los planes de estudio de 1998. La asignatura, de segundo cuatrimestre y que cuenta con 3 créditos teóricos (30 horas) y 1,5 créditos prácticos (15 horas de acceso al laboratorio), plantea como objetivo que el alumno profundice en sus conocimientos sobre diseño digital y sistemas microprocesadores. Los profesores de la asignatura han centrado la docencia en el estudio y en el diseño de sistemas electrónicos basados en unos microprocesadores específicos denominados DSPs o procesadores digitales de señal, que se emplean comúnmente en aplicaciones telemáticas y de procesamiento digital de la señal. Se profundiza en el estudio del diseño, implementación y arquitectura de los sistemas microprocesadores mediante el análisis de los procesadores digitales de señal o DSPs (uno de los microprocesadores con mayor potencia de cálculo que se pueden encontrar hoy en día en el mercado y que más aplicaciones ofrece en el mundo de las telecomunicaciones).
- En el "Laboratorio de Instrumentación Electrónica", optativa de 5º curso. La asignatura de segundo cuatrimestre y que cuenta con 7,5 créditos prácticos (75 horas de acceso al laboratorio), plantea como objetivo que el alumno profundice en sus conocimientos sobre uso, manejo y diseño de Instrumentación Electrónica (equipos de instrumentación como osciloscopios, analizadores de espectro, multímetros, analizadores lógicos, etc.).

Utilizando el prototipo domótico desarrollado se pretende dar solución a una de las reivindicaciones más habituales de los alumnos matriculados en las diferentes titulaciones de Ingeniería: 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 las sesiones prácticas con una múltiple finalidad: permitir el desarrollo de circuitos de adaptación de sensores y actuadores (en particular análisis, diseño e implementación, por ejemplo, de circuitos para adaptar termopares y sensores de proximidad) para fomentar el uso de multímetros y osciloscopios, además de enseñar la naturaleza y principios de funcionamiento de estos sensores, permitir el diseño e implementación de sistemas microprocesadores (que luego facilite su análisis mediante el empleo de analizadores lógicos, por ejemplo, o su programación empleando compiladores cruzados específicos), manejar protocolos de comunicación y su análisis asociados al bus de campo empleado.

En las prácticas, el alumno aprenderá nociones avanzadas sobre el manejo y programación de los microcontroladores y microprocesadores, sobre el funcionamiento y aplicaciones de los buses de campo y sobre el manejo de la instrumentación Electrónica. Se pretende que sean capaces de manejar los sensores y actuadores, utilizando los periféricos que incorporan los microprocesadores para

interactuar con estos dispositivos tales como convertidores analógico-digitales, puertos serie, líneas de entrada/salida, etc. Además, se buscará que los alumnos entiendan los principios de los "sistemas distribuidos" así como de los módulos CAN como medio para establecer comunicación entre elementos y desarrollar estrategias de control distribuido.

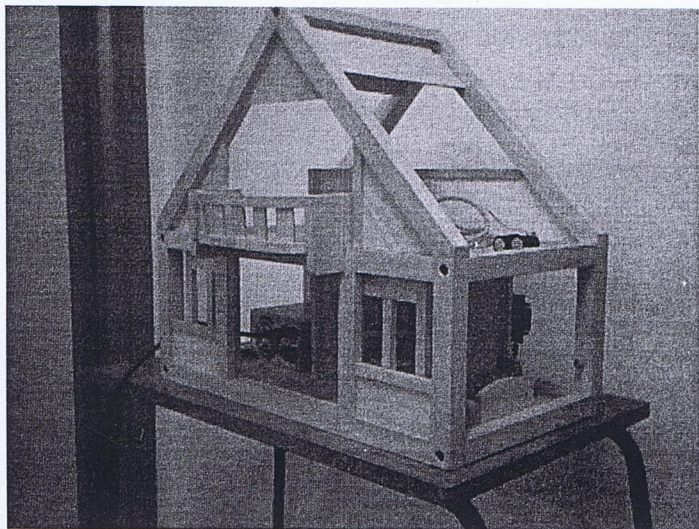


Figura 5. Vista de la maqueta.

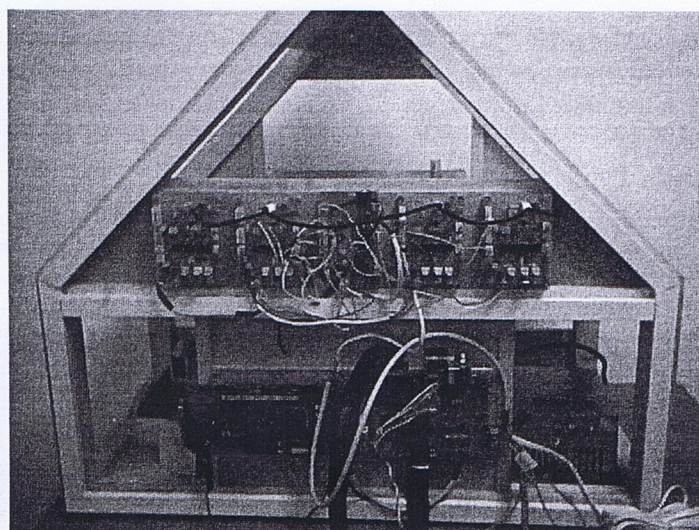


Figura 6. Hardware del banco de prácticas.

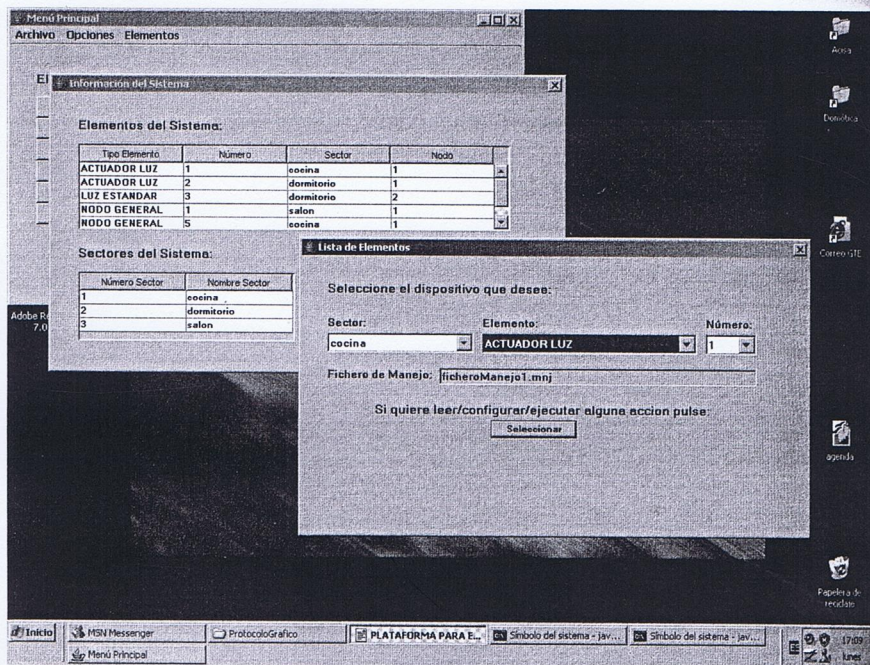


Figura 7. Aspecto de la aplicación cliente para PC basada en Java.

Por otra parte, también se pretende aprovechar el sistema para la realización de trabajos tanto voluntarios como obligatorios. 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 como Bluetooth o Zigbee, que sustituyan en algunos casos al bus de campo y que amplíen las características distribuidas del sistema desarrollado.

4. CONCLUSIONES

Se ha descrito un complejo sistema domótico para el desarrollo de clases y trabajos prácticos. El banco de ensayo servirá como herramienta docente para describir los principios de los “sistemas distribuidos”, realizar desarrollos electrónicos en esta área y analizar los sistemas desarrollados durante su puesta en funcionamiento. El sistema propuesto constituye una herramienta docente novedosa y útil en asignaturas adscritas al área de conocimiento de Tecnología Electrónica y afines, de últimos cursos, como en “Complemento de Sistemas Electrónicos Digitales” o el “Laboratorio de Instrumentación Electrónica” descritas 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.

5. REFERENCIAS

- BARRERO, F., TORAL, S., RUIZ, MARIANO. (2005). *Procesadores digitales de señal de altas prestaciones de Texas instruments. De la familia TMS320C3x a la TMS320C6000*. Editorial McGraw Hill.
- BARRERO, F., TORAL, S., MILLÁN, R. (2003). *Fundamentos, estructura y programación de los procesadores digitales de señal: Familia TMS320C3x de Texas Instruments*. Editorial Edición Digital @tres S.L.L.
- BARRERO, F., TORAL, S., MILLÁN, R. (2003). *Diseño de sistemas electrónicos digitales basados en el procesador TMS320C3x de Texas Instruments: una visión práctica*. Editorial Edición Digital @tres S.L.L.
- CEBRIAN DE LA SERNA, M. (1999). *La formación del profesorado en el uso de medios y recursos didácticos, en Tecnología educativa*. CABERO, J. (ed.), Madrid. Síntesis.
- COLECTIVO SENTIC (2005). *Aplicaciones de las NNTT a la formación*, VI Encuentro de Asociaciones de Coslada.
- DOMINGO, J. (2000). *La utilización educativa de la informática, en Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación* (pp. 111- 136). CABERO, J. (Ed.). Madrid, Síntesis.

- FERRARI, P., FLAMMINI, A., MARIOLI, D., SISINNI, E., TATONI, A. (2005). A bluetooth-based sensor network with web interface. *IEEE Transactions on instrumentation and measurement*, Vol. 54, N° 6, 2359-2363.
- HENRIK, V. SORENSEN (1997). *A Digital Signal Processing Laboratory using the TMS320C30*, USA, Prentice Hall.
- HERTEL, J.W. (2001). LONWORKS in industrial. *Proceedings, 8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, Vol. 1, 385-388.
- KASCHEL, K., PINTO, E. (2002). *Análisis del estado del arte de los buses de campo aplicados al control de procesos industriales*.
- ROBERT BOSCH GmbH. (1991). CAN Specification Version 2.0.
- SALINAS, J. (2000). El rol del profesorado en el mundo digital en: *Simposio sobre la formación inicial de los profesionales de la educación*, CARMEN, L. (ed.). Universitat de Girona. Pág. 305-320.
- SALINAS, J. (1997). Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información, *Revista Pensamiento Educativo*, 20, pp.81-104.
- SCHILDT, H. (2001). *Java 2: The Complete Reference*. 4th edition. McGraw-Hill.
- VIZARRO, C. y LEÓN, J.A. (1998). *Nuevas tecnologías para el aprendizaje*, Madrid, Pirámide.
- WOLF, W. y MADSEN, J. (2000). *Embedded Systems Education for the Future*. Proceedings of the IEEE, Special Issue on Electrical and Computer Engineering Education, pp. 23-30.