

# Sistema Flexible de Control de una Red de Sensores por Fibra Óptica para un Edificio Inteligente

F. J. Arregui, I. Matías, I. Ariz, C. Izquierdo, C. Lagunas, M. López-Amo, A. Cobo\*, J. Echeverría\*, J.M. López Higuera\*.  
Dpto. Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad Pública de Navarra. 31006 Pamplona.  
\* Grupo de Ingeniería Fotónica. Universidad de Cantabria. 39005 Santander

**Abstract:** At the present, optical fibre is the more and more used in the intelligent buildings networks. Actually, most of the backbone networks and even horizontal cabling in this kind of buildings use optical fibre for data transmission. This is because it is possible to hybridize this data networks with others, like sensors networks, CATV networks, etc. getting to an upper degree of service integration. In this work, a flexible system is presented to control a intelligent building fiber optic based sensor network.

## 1. Introducción.

En la actualidad la fibra óptica se utiliza cada vez más en los sistemas de cableado estructurado de un edificio inteligente, fundamentalmente en el cableado horizontal e incluso también en las redes capilares. Aprovechando los tendidos existentes en este tipo de edificios, sobre un mismo soporte físico, se pueden superponer la información proveniente de una red de sensores a los servicios propios de telecomunicación para conseguir una mayor integración de servicios[1].

En este trabajo se presenta una sistema flexible de control centralizado para una red de sensores en un Edificio Inteligente. La red utilizada se basa en un bus de fibra óptica sobre el que se insertan módulos optoelectrónicos por medio de acopladores ópticos. Estas módulos son tarjetas inteligentes que constan de dispositivos optoelectrónicos de recepción y transmisión, además disponen de microcontroladores, a diferencia de anteriores aplicaciones [2], a los que van conectados los distintos sensores. Se han utilizado sensores electrónicos comerciales de muy bajo coste para detectar parámetros tales como temperatura, humedad, presión, gases nocivos, intrusos, luz, sonido y puertas o ventanas abiertas. Estas tarjetas inteligentes se pueden comunicar entre sí a través del bus de fibra óptica y también se pueden conectar al bus interno de un PC (donde se monitorizan los datos) o al puerto serie del mismo.

## 2. Arquitectura del sistema

Para este trabajo se ha construido una red de sensores y datos. En concreto, se ha superpuesto sobre una LAN la red de sensores antes mencionada.

La red implementada está basada en un bus de fibra óptica, en el que se insertan los diferentes módulos optoelectrónicos por medio de acopladores ópticos, cuya relación de acoplo es del 10% (Fig. 1). Los módulos optoelectrónicos introducen datos en la red mediante señales luminosas generadas por un LED en primera ventana. De esta manera los datos

propios de una LAN pueden ir en otra longitud de onda, 1310 nm. en este caso y se reserva la posibilidad de introducir otro tipo de señales (teléfono, vídeo, etc.) a 1550 nm., u otra longitud de onda.

Los fotodetectores que utilizan los módulos optoelectrónicos para recoger la información de la red de sensores son de Si, de modo que no se perciban datos de 2ª y 3ª ventana, gracias a la insensibilidad de estos fotodetectores a longitudes de onda mayores de 1000 nm.

Los módulos optoelectrónicos siguen una configuración maestro-esclavo, donde el maestro se conecta a un PC mediante un conector ISA al bus interno del PC, o (se puede seleccionar una u otra configuración) mediante un cable RS-232 al puerto serie del PC. Los módulos esclavos se insertan al bus de fibra óptica mediante los acopladores. Desde el PC, mediante un software realizado para el entorno Windows 95 se monitoriza y controla todo el sistema, incluyendo la información de los módulos esclavo.

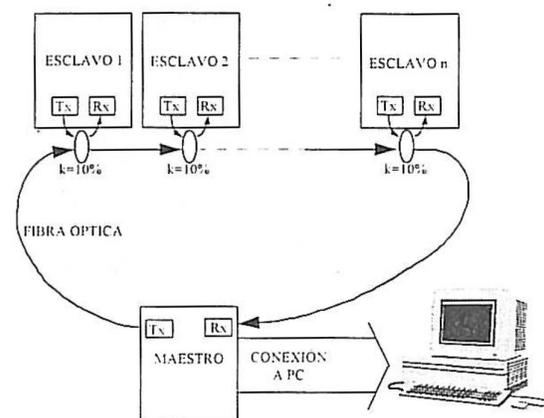


Figura 1. Arquitectura de la red de sensores

## 3. Descripción de los módulos optoelectrónicos.

Los módulos optoelectrónicos constan esencialmente de dos grandes bloques: el módulo

sensor (formado por 8 unidades sensoras) y el módulo microcontrolador.

### 3.1. El módulo sensor.

Los sensores utilizados son sensores electrónicos comerciales de bajo coste y detectan: temperatura (AD22100 de Analog Devices), humedad (SMTRH05 de LSK Technology), presión (MPX4115A de Motorola), gases nocivos (Serie G de Capteur S&A LTD.), intrusos (IRAE600S0 de Murata), luz (TSL220 de Texas Instruments), sonido (CME-12 de Ariston) y puertas o ventanas abiertas (A3141 de Allegro Microsystems).

Cada uno de los sensores está localizado en una tarjeta independiente con el fin de poder ubicarlos en los sitios más adecuados para la captación idónea de las magnitudes a medir dentro de la vivienda u oficina (Fig. 2). Los módulos sensores convierten la señal analógica de la magnitud medida a frecuencia, generando una señal de pulsos eléctricos con niveles de tensión compatibles TTL, en un rango entre (0 y 200 KHz). Esto último se hace para evitar el uso de amplificadores diferenciales dada la posible introducción de ruidos en el camino que va desde la ubicación física del sensor hasta la tarjeta microcontroladora, al prescindir de estos amplificadores se consigue una configuración más económica. Mientras algún integrado comercial ofrece la posibilidad de dar la señal medida en frecuencia (TSL220) otros suministran señal analógica, con estos se utiliza el convertidor tensión frecuencia AD654 de Analog Devices.

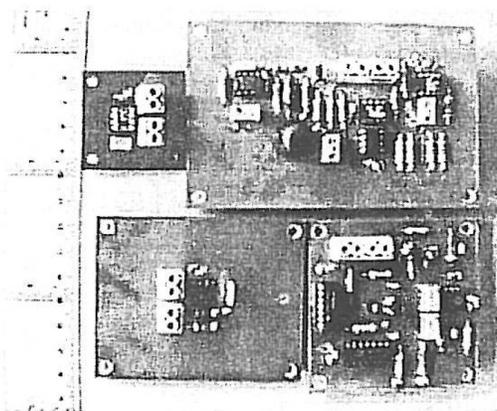


Figura 2. Los módulos sensores de (izquierda a derecha, de arriba a abajo): luz, gas, humedad e intrusos.

### 3.2. El módulo microcontrolador.

El módulo microcontrolador es una tarjeta que dispone de un LED y un fotodetector para poder introducir y extraer información del bus de fibra óptica, tal como se ha citado anteriormente. Está basado en el microcontrolador 80C537 de Siemens,

además se le ha dotado de 64 Kb de memoria de programa y de 32 Kb de RAM. Este microcontrolador dispone de dos puertos serie, uno se emplea para la conexión RS-232 con el PC y otro para la comunicación serie a través del bus de fibra óptica (Fig. 3). Las 8 señales en frecuencia procedentes de las unidades sensoras vienen en 8 canales diferentes, cada canal se selecciona gracias a un multiplexor cuya salida está conectada a uno de los contadores integrados que dispone el microcontrolador, la frecuencia máxima de lectura soportada por este contador es de 500 KHz, muy por encima del rango máximo utilizado en las señales.

Además de la conexión RS-232 la tarjeta puede conectarse al bus ISA de un PC, gracias a un circuito digital realizado en una MAX7064S de Altera Corporation. Además dispone de unos jumpers para poder seleccionar la dirección de memoria que ocupa dentro del bus interno.

La tarjeta microcontroladora también contempla la posibilidad de recibir 12 canales analógicos y poder convertirlos con un convertidor A/D de 8 bits. Además dispone de 8 conexiones bidireccionales (entrada/salida) con niveles de tensión TTL, con lo que se deja la posibilidad futura de poder activar/desactivar distintos dispositivos como calefacción, aire acondicionado, lámparas, persianas eléctricas, etc.

Con esto último se consigue que el sistema no sea sólo de monitorización sino también de actuación y control.

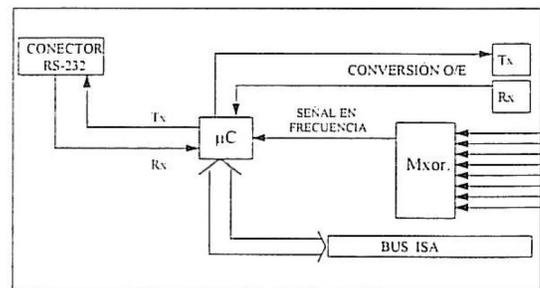


Figura 3. Diagrama de bloques de la tarjeta microcontroladora.

### 4. Software de control.

El software de control denominado UPNABUS ha sido realizado utilizando Visual Basic V4.0 de Microsoft. Se ha conseguido un entorno amigable de ventanas y menús donde se puede configurar el sistema, en concreto se ha realizado el programa ajustándolo al campus universitario de la Universidad Pública de Navarra. De esta manera, desde el PC se puede configurar: los módulos

optoelectrónicos que están activados y su ubicación dentro del campus ver Fig. 4.

Una vez que se ejecuta el programa UPNABUS aparece un menú principal dónde se pueden realizar las siguientes tareas: configuración de la red, establecimiento de los márgenes de aviso, ver listado de dispositivos, inicialización de la red, control de la red, activación de uso nocturno. A continuación se describe cada una de estas opciones.

*Configuración de la red:* se elige edificio dentro del campus, la planta de dicho edificio y se procede a especificar dónde se desea instalar los módulos optoelectrónicos esclavos y los sensores que están conectados a ellos.

*Establecimiento de los márgenes de aviso:* se introducen los valores máximo y mínimo que en caso de ser sobrepasados activarán las alarmas.

*Ver listado de dispositivos:* se visualiza una lista de la situación individual de la configuración de todos los sensores.

*Inicialización de la red:* esta opción sólo se utiliza para reinicializar el sistema tras problemas inesperados que hayan podido surgir como cortes de luz y otros.

*Control de la red:* tiene dos modos posibles. el modo automático y el manual. En el modo automático se realiza un continuo chequeo de todos los sensores y se ofrecen avisos por pantalla cuando se sobrepasan los valores permitidos. En el modo manual se puede discriminar los sensores de los que se quiera recoger medidas, bien individualmente como por grupos, edificios, etc.

*Activación de uso nocturno:* activa automáticamente los sensores de intrusos y puertas ó ventanas abiertas.

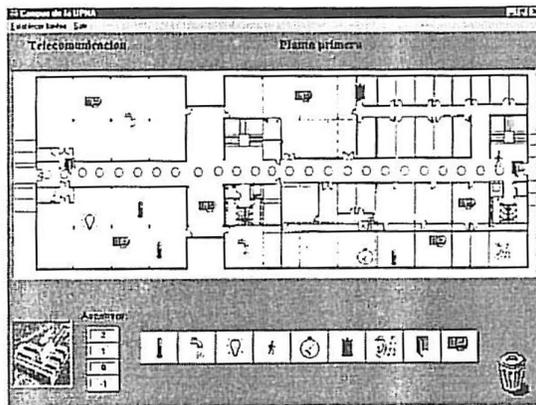


Figura 4. Pantalla de Configuración de la red

##### 5. Comunicaciones entre módulos.

Las comunicaciones entre los diferentes módulos optoelectrónicos van siempre gestionadas por el módulo maestro. Una vez que el usuario del PC ha

configurado el tipo de monitorización que desea, es siempre el módulo maestro el que interroga a los diferentes esclavos, no pudiéndose dar nunca el caso de comunicación directa entre dos esclavos. La comunicación será digital en serie y en modo asíncrono a 375 Kb, en el modo que ofrece el 80C537 llamado multiprocessor communication.

El protocolo utilizado es un protocolo propio en el que la trama de comunicación consta de los siguientes paquetes: dirección de tarjeta, petición de tarea, confirmación, tamaño del mensaje, datos del mensaje, checksum y confirmación final

##### 6. Estudio de la potencia óptica.

Como se ha citado anteriormente el 90% de la potencia óptica propia de la red pasa en cada uno de los nodos (sean de la red de sensores o de la red de área local) y por otro lado el 10% de la luz proveniente de los LEDS de los módulos optoelectrónicos se acopla al bus.

Estas pérdidas en la señal limita el número de nodos que se pueden incorporar a la red. Como soluciones a esto existen varias posibilidades. Una solución sería amplificar previamente la señal de la red mediante un amplificador óptico. Otra solución consistiría en utilizar acopladores con relaciones de acoplo  $k$  menores al 10%, esto supone tener que aumentar la señal óptica proveniente de los LEDS para que pueda ser detectada la señal proveniente del módulo esclavo más alejado (módulo 1 según configuración de Fig.1), en el fotodetector del módulo maestro

En este caso la potencia óptica recibida por el módulo maestro proveniente del módulo esclavo número 1,  $P_{RECEPCION}$ , será:

$$P_{RECEPCION} = (1-k)^{n-1} * k * P_{LED}$$

Donde  $P_{LED}$  es la potencia óptica generada por el LED del módulo esclavo número 1,  $n$  el número de acopladores y  $k$  la relación de acoplo. Esta misma expresión es la que se obtiene si se calcula la potencia óptica recibida por el módulo esclavo de orden  $n$ , procedente del módulo maestro. Nótese que en este caso  $n$  indica la posición que ocupa en el bus el módulo esclavo y no el número total de unidades esclavas.

Como se puede apreciar en la Fig. 5 en función del número de acopladores  $n$  se obtienen un máximo en el cociente ( $P_{RECEPCION} / P_{LED}$ ) para una relación de acoplo determinada. Por otro lado al aumentar el número de acopladores disminuye la potencia óptica recibida con lo que hay un número máximo de nodos que se pueden insertar en la red y que depende de las propias características de la red.

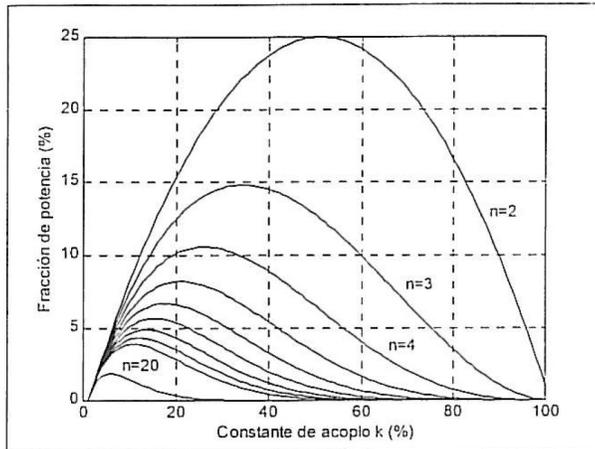


Figura 5. Optimización de la constante de acoplo en función del número de acopladores  $n$ .

### 7. Conclusiones.

Se ha desarrollado un sistema de control de sensores para edificios inteligentes cuya principal novedad estriba en la utilización de un bus de fibra que es también utilizado simultáneamente para otros servicios propios de un edificio inteligente. Este sistema tiene una estructura que le permite tener una gran flexibilidad y distintas posibles configuraciones.

### Agradecimientos.

Los autores desean agradecer a la entidad CICYT la concesión del proyecto TIC-95-631-C04, que ha financiado este trabajo.

### Referencias.

- [1] B. Vizoso, I. Matías, M. López-Amo. M.A. Muriel. "Design and application of double amplifier recirculating ring structure for hybrid fiber buses". *Optical and Quantum Electronics*. Vol. 27; pp 847-857. 1995.
- [2] I. Matías, A. Sanchez, J.A. Rodrigo, J.M. Higuera. M. López-Amo. "Integración de sensores por fibra óptica para Edificios Inteligentes". URSI-94. Las Palmas de Gran Canaria.