

Capítulo 6

Conclusiones

6.1 Cumplimiento de los objetivos

A la vista de los resultados obtenidos al término de la realización de este proyecto se puede concluir que se ha cumplido con todos los objetivos presentados al inicio.

Así pues se ha diseñado la integración de los cuatro sensores de gases con los nodos inalámbricos *Mica2* tanto al nivel de programación, creando programas capaces de monitorizar periódicamente la concentración de un gas y de enviar mensajes de alarma si se cumplen unas ciertas condiciones, como al nivel físico, diseñando las conexiones entre los distintos elementos que forman parte de los montajes y haciéndolo de manera que éstos sean totalmente portátiles.

Además se ha cumplido con el objetivo de que los sensores integrados sean capaces de actuar como una red modificando los programas diseñados de manera que implementen la red inalámbrica multisalto *Xmesh*. También se ha desarrollado e implementado en los programas un algoritmo capaz de sincronizar todos los nodos de la red al tiempo del nodo base y que consigue que los nodos lancen a la vez los mensajes que contienen los datos, comprobándose que las diferencias de tiempo entre cualquier nodo de la red no serán mayores que unos pocos milisegundos.

6.2 Aspectos a mejorar y desarrollos futuros

Sin embargo hay algún aspecto en el que se podría seguir trabajando para conseguir un resultado más satisfactorio. Uno de los problemas que se ha detectado durante las pruebas de las aplicaciones desarrolladas es que si existe un gran número de nodos en la red y se sincronizan de manera que todos lancen su paquete de mensajes al unísono puede suceder que algunos mensajes coincidan exactamente con otros tapándolos y haciendo que los mensajes tapados se pierdan y no lleguen al nodo base y por tanto al ordenador.

Este problema podría ser resuelto de diversas maneras, por ejemplo se podría mantener la sincronización en el sentido de la cuenta del tiempo pero no en el envío periódico de mensajes. Esta solución sin embargo implica que no se obtendrán datos de todos los sensores en el mismo instante y no es por tanto satisfactoria. Otra solución sería que el instante en el que los nodos lanzan el mensaje sea igual a un tiempo base más un tiempo dependiente del número del nodo.

Por ejemplo para una aplicación de 20 nodos que lanzan mensajes cada 5 segundos se le podría asignar un tiempo variable igual 20 milisegundos por el número del nodo menos

uno, así el mensaje del nodo 1 se envía a los 5 segundos exactos, el del nodo 2 a los 5 segundos y 20 milisegundos y el del último a los 5 segundos y 380 milisegundos. Sin embargo el dato que se envía se ha extraído exactamente a los cinco segundos para todos los nodos, es decir, que aunque se envía en instantes distintos la medición pertenece al mismo instante. Esta solución puede ser válida en el caso en el que el número de nodos no es muy grande o el intervalo de envío de mensajes sea grande. Quedaría por resolver el problema de una red de sensores grande en la que sea necesario un intervalo de monitorización pequeño.

Otro aspecto en el que sería conveniente trabajar en un futuro es la calibración de los sensores. Tal como se explica en los capítulos 3 y 4, los datos extraídos del convertidor analógico-digital son convertidos a unidades de concentración en partes por millón basándose en las gráficas que pueden encontrarse en las hojas de datos de los sensores y que relacionan el voltaje de salida del sensor con la concentración de gas. Sin embargo, el comportamiento de los sensores puede diferir del modelo mostrado en las gráficas así que sólo se pueden tomar como una primera referencia. Por ejemplo, aunque la hoja de datos asegure que el comportamiento del sensor es lineal, éste puede desviarse algo teniendo el comportamiento real del sensor una pendiente algo distinta a la de la gráfica o estando la recta desplazada hacia arriba o hacia abajo.

Para resolver este problema podría realizarse una prueba de calibración con la que se comprobaría la relación real entre la tensión de salida y la concentración de gas. La prueba consistiría en la colocación, dentro de un recinto, de un nodo sensor que tenga instalada la aplicación correspondiente al sensor que se desee calibrar y de un sensor, ya calibrado y fiable, capaz de medir la concentración de los gases de estudio. Una vez colocados se procedería a la inundación del recinto con el gas a medir y se tomarían medidas del mismo instante, según vaya aumentando la cantidad de gas vertido en el recinto, con el nodo y con el sensor calibrado. Cuando se hayan tomado las medidas necesarias, por ejemplo diez medidas, se elaborará una tabla que representará el dato obtenido por el nodo frente al dato obtenido en el sensor calibrado.

Revertiendo cada valor obtenido por el nodo en la gráfica de la hoja de datos se obtendrían los voltajes que se corresponden con cada medida. Haciendo una tabla con el voltaje y la medida del sensor calibrado en cada uno de los instantes se podrá dibujar la trayectoria real del comportamiento del sensor.

La trayectoria obtenida podría ser distinta de la mostrada en la hoja de datos. En ese caso la conversión del dato obtenido a través del convertidor analógico-digital a concentración se está haciendo de manera errónea. Por tanto, habría que cambiar esta conversión en el código del programa para adaptarla a la trayectoria real.

Entre las diferencias que se podrían encontrar entre la trayectoria supuesta y la real es que una esté desplazada verticalmente respecto a la otra, en ese caso tan sólo habría que sumar o restar un cierto valor a la hora de hacer la conversión. También podría ocurrir que la trayectoria sea lineal pero tenga una pendiente distinta, teniendo que recalcular en ese caso la conversión. Incluso podría suceder que la trayectoria no sea lineal, por lo

que habría que recurrir a la aproximación de la trayectoria por un cierto número de tramos rectos. En esta situación para cada dato que se registre se determinaría el intervalo al que pertenece mediante la comparación con una tabla y sería convertido en consecuencia.

Por último, sería conveniente trabajar en el futuro en una carcasa que integre todos los sensores, circuitos, la alimentación y un nodo Mica2. La carcasa deberá ser de un tamaño y peso suficientemente pequeños para ser portátil, además debe ser robusta y debe poder adaptarse sin provocar molestias al uniforme de los posibles usuarios, por ejemplo, un bombero.

La carcasa debe tener un sistema capaz de absorber el aire exterior y dirigirlo hacia los sensores de gases. También debería poseer una batería recargable y de larga duración. La instalación de una pequeña pantalla en la carcasa facilitaría el acceso a la información recogida por los sensores a los usuarios, de otra manera sólo se podría acceder a esa información a través del ordenador al que esté conectado el nodo base.

Estas mejoras convertirían este proyecto en un sistema de medición y alarma para gases peligrosos fiable, portátil y totalmente operativo.

6.3 Validez del proyecto como guía para otros desarrollos

Este proyecto puede utilizarse también como guía para la realización de cualquier red de sensores basada en el sistema operativo *TinyOS*, ya que el proyecto describe todos los componentes necesarios en una red de sensores y explica el lenguaje de programación y el *software* que se necesita utilizar.

Además los programas desarrollados en este proyecto pueden servir de ejemplo y fácilmente adaptarse, con pequeños cambios en los códigos, para cualquier otra aplicación de red inalámbrica que utilice un sensor del tipo que emite una señal de salida proporcional a al valor de una cierta magnitud o que genera señales a nivel bajo o alto en ciertas condiciones.