

Red de Sensores Inalámbricos en Robótica de Asistencia

Ernesto Fredes Zarricueta
Departamento de Electrónica
Universidad Técnica Federico Santa María
Valparaíso
email: ernesto.fredes@alumnos.usm.cl

Abstract—Las redes de sensores inalámbricos están siendo cada vez más utilizadas en labores de seguridad y prevención de accidentes dadas sus características de versatilidad y desempeño. Por otro lado, dentro de los principios fundamentales para la robótica de asistencia se encuentra el asegurar la integridad física del usuario ante eventos inesperados. En este sentido se hace necesaria la cobertura en el monitoreo de la mayor cantidad de riesgos a los que puede estar expuesta la persona. Considerando estos requerimientos, se crea un sistema basado en una red de sensores inalámbricos que permite obtener información del ambiente para determinar posibles factores de riesgos, permitiendo actuar en forma oportuna. Tras la implementación del sistema es posible comunicar dispositivos distantes, enviando en forma continua información relevante de las condiciones del ambiente.

Key words: Red, Sensor, WSN, robotica

I. INTRODUCCION

La comunicación ha sido un recurso fundamental para la humanidad desde tiempos inmemoriales tanto para llevar adelante la convivencia en el diario vivir como para lograr los acuerdos necesarios para avanzar en el desarrollo. Los mensajes transmitidos de un lado a otro nos ayuda tener conocimiento de información que se ignora pero que otro la sabe, como por ejemplo, en tiempos prehistóricos una sola señal de alerta (por voz o gestos) era capaz de salvar muchas vidas ante eventuales riesgos, lo que hoy por hoy no ha perdido validez ya que a través de la tecnología es posible emitir señales de alerta aún cuando no haya ninguna persona físicamente monitoreando, esto es posible de lograr con la utilización de dispositivos que sensen las condiciones del ambiente y que den aviso ante situaciones riesgosas. La versatilidad de la red de sensores inalámbricos la hace candidata ideal para realizar las labores de monitoreo y sensado en forma simple y limpia.

Este tipo de redes están siendo actualmente ampliamente utilizados para una gran variedad de labores, pero junto a esto se han de mejorar algunos aspectos asociados a las características propias de este tipo de red. Al momento de realizarse una comunicación entre dos dispositivos, la seguridad resulta ser un tema crucial ya que no es aceptable la omisión o la emisión errónea de alertas cuando está en juego la integridad de personas. Es por esto que actualmente se está trabajando a nivel de investigación en robustecer la seguridad de este tipo de redes [1] y [2], impidiendo el acceso ilegal de intrusos malintencionados el cual puede interceptar y

no retransmitir mensajes de alertas, dar falsas alertas, extraer información confidencial, entre otras acciones.

Otro de los aspectos de las redes de sensores inalámbricos que es ampliamente estudiado actualmente es donde cada nodo ha de ser ubicado dentro de la red para abarcar la mayor zona de cobertura posible y cuántos deben ser éstos, ya que una red con una gran cantidad de nodos pero mal distribuidos puede tener el mismo desempeño que una red con un número mucho menor de elementos pero con costo para la red bastante inferior. Los aspectos a considerar para determinar una topología de buen desempeño pueden ser el número de nodos, la robustez de la red, la cobertura, entre otros aspectos. Estos temas son cubiertos en trabajos como [3] y [4].

Por otro lado, un aspecto crítico para las redes de sensores es su tiempo de vida independiente. Una exigencia para las redes de sensores es que sus nodos sean ubicables en casi cualquier lugar, para esto se requiere que estos dispositivos no sean dependientes de alimentación cableada por lo que frecuentemente son alimentados por una batería, el uso de esta batería le da un tiempo de vida dependiente de las características correspondientes a ésta. Un uso efectivo de los recursos permitiría alargar el tiempo de vida dotando de mayor independencia a los nodos de la red. Acciones como "mandar a dormir" a los nodos son estrategias utilizadas para enfrentar este problema. En los trabajos como [5] y [6] se abordan enfoques para aumentar la vida útil de los nodos de este tipo de redes.

En el trabajo actual se afronta el tema de ubicación de nodos en forma adecuada para la adquisición de información desde el ambiente, considerando que su distribución debe realizarse sobre un scooter automatizado y que por características físicas la ubicación de los sensores está determinada según lo que miden.

En la sección "Sistema" se detallan las características del sistema implementado tales como la ubicación escogida para los nodos, el tipo de información que se desea sensar, entre otras. Por otro lado en la sección "Hardware" se precisan los detalles referentes a los dispositivos utilizados, tanto los distintos tipos de sensores como el microcontrolador y los dispositivos destinados para la transmisión. En la sección "Transmisión Inalámbrica" se abordan los detalles de la comunicación establecida, analizando los paquetes transmitidos y las posibles configuraciones.

II. SISTEMA

El sistema propuesto se basa en la implementación de una red de sensores inalámbricos en un scooter automatizado para la detección de eventuales riesgos, sensando en el ambiente los niveles de gases tóxicos e inflamables como metano y propano, detectando ruidos fuertes con un micrófono y midiendo la temperatura ambiente para detectar posibles incendios. Para estos propósitos se utilizan tres nodos, uno para cada tipo de sensor. La ubicación de cada nodo es mostrado en la figura (1). Los sensores de gases se ubican en la parte inferior del vehículo móvil debido a la característica de los gases considerados de arrastrarse al ser más densos que el aire. El sensor de temperatura se ubica en la parte posterior para que su medición no se vea afectada por el roce con el aire. El micrófono se ubica en la parte frontal para abarcar el mayor rango posible.



Fig. 1. Ubicación de los nodos de la red de sensores inalámbricos

La información capturada por los sensores es enviada en forma continua e inalámbrica a un microcontrolador central (en este caso se utiliza un Arduino) el cual procesa las mediciones recibidas detectando si hay alguna anomalía que ponga en riesgo la integridad física del usuario. En caso de detectar riesgo envía una señal de alerta (en forma inalámbrica también) a un dispositivo remoto para que desde ahí se pida ayuda de alguna forma.

La figura (2) resume al sistema propuesto.



Fig. 2. Diagrama del sistema propuesto

III. HARDWARE

Para la implementación del sistema propuesto se dispone de sensores análogos los que presentan una salida proporcional a la cantidad del aspecto físico que se esté midiendo, estos sensores son mostrados en la figura (3).

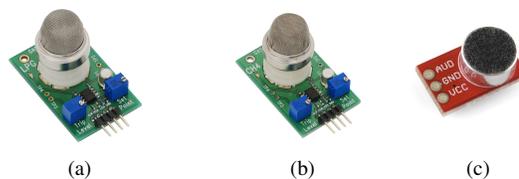


Fig. 3. (3a) Sensor de gas propano, (3b) sensor de gas metano y (3c) micrófono.

El microcontrolador utilizado para monitorear las señales capturadas por los sensores es un Arduino. La característica principal de éste es su simpleza para programarlo y controlar sus distintos módulos, en este caso se utilizan los puertos seriales de entrada y salida para comunicarlo con los sensores y el dispositivo remoto. Además son utilizados un par de salidas PWM para modificar la luminosidad de dos led proporcional a los valores del divisor de voltaje generado por un potenciómetro en el lado del emisor.

En la figura (4) se muestra el dispositivo arduino utilizado.

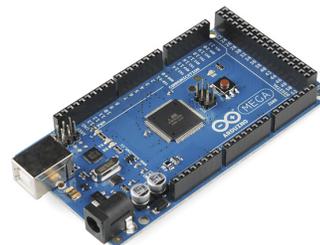


Fig. 4. Arduino Mega 2560 R3

Los dispositivos que llevan a cabo la comunicación entre las distintas partes corresponden a los módulos XBee, estos dispositivos utilizan el protocolo IEEE 802.15.4 para comunicarse entre ellos. Su diminuto tamaño los hacen candidatos ideales para ubicarlos casi en cualquier lugar, característica que para este sistema es de vital importancia dado el poco espacio para ubicar sistemas de medición en el scooter.

Otra característica importante de los módulos XBee es que traen incorporada una antena tipo cable, con la cual es posible incrementar el rango de distancia en que dos dispositivos pueden comunicarse, esta característica es vital ya que por temas de seguridad es requerida una conexión continua entre los dispositivos para que efectivamente se envíe una señal de alerta cuando se detecta algún riesgo en la zona.

Estos dispositivos traen incorporados conversores análogo-digital en algunos de sus pines, lo que facilita la conversión de señales provenientes desde un sensor análogo, para que pueda ser transmitida su lectura.

Su alimentación requerida es de 3.3[V] y están adaptados para funcionar con baterías que entreguen este voltaje al ser

dispositivos orientados a la independencia y al funcionamiento inalámbrico. Un módulo XBee es mostrado en la figura (5).



Fig. 5. Módulo XBee

IV. TRANSMISIÓN INALÁMBRICA

El dispositivo responsable de llevar a cabo la comunicación inalámbrica es el módulo XBee. Estos dispositivos ofrecen muchas posibles configuraciones para distintos usos, dichas configuraciones se hacen a nivel de software o por línea de comando.

Cada dispositivo puede considerarse como un nodo de la red y a él pueden conectarse más de cuatro sensores los que pueden ser análogos o digitales en su totalidad, sólo se han de configurar las entradas del módulo para permitir la conexión del tipo de señal especificada.

A grandes rasgos un nodo puede cumplir dos funciones fundamentales: ser un coordinador o un dispositivo final, donde el primero es quien exclusivamente recibe la información puesta en el aire por otros dispositivos y se la comunica a un microcontrolador, además es quien organiza la red pudiendo enviar a "dormir" a los nodos finales para ahorrar energía o enviándole cualquier tipo de información en general. El segundo sólo se encarga de poner en el aire las señales que se le son ingresadas por los pines de entrada, ya sea la medición de un sensor, la salida de otro dispositivo, etc.

La comunicación entre dos dispositivos es graficada en la figura (6).

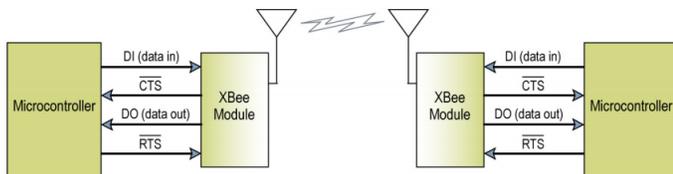


Fig. 6. Comunicación entre dos módulos

En la transmisión misma existe un control de flujo para no saturar los buffers de entrada y salida del módulo. Estas señales de control corresponden a Clear to Send (CTS) para controlar la saturación por datos que ingresan y Request to Send (RTS) para controlar el flujo de salida del módulo.

Por otro lado, toda la información capturada por el módulo es empaquetada para su posterior envío, donde el paquete para una configuración dada se compone de la siguiente manera:

Paquete: 7E 00 0A 83 00 00 26 00 01 04 00 65 EC

```

7E      // Delimitador de tramas
00 0A   // Tamaño de datos
83      // Tipo de paquete
00 00   // 16-bit Dirección Fuente
26      // Valor RSSI (Intensidad de la señal)
00      // Opciones TX
01      // Datos
04      // Datos
00      // Datos
65      // Datos
EC      // Checksum
    
```

Tal como se puede apreciar desde el paquete ejemplo anterior, la trama consta de un encabezado "7E" para indicar el inicio del paquete, información que es utilizada al momento de detectar un nuevo paquete en el receptor. Otra información relevante es la dirección fuente, esto es sumamente relevante para poder discriminar entre los paquetes de los distintos nodos que están enviando información al nodo coordinador.

Una suma de chequeo es incorporada al final del paquete con el cual se verifica la integridad del mensaje una vez llegado al receptor. Esto resulta importante sobre todo en sistemas donde la seguridad es el foco principal, ya que no es aceptable que debido a una corrupción de los datos en el viaje se envíe una falsa alarma al sistema central.

En la figura (7) se muestra la captura de dos paquetes provenientes de módulos distintos, observándose que indican direcciones fuente distintas, con las cuales es posible identificarlos en el receptor.

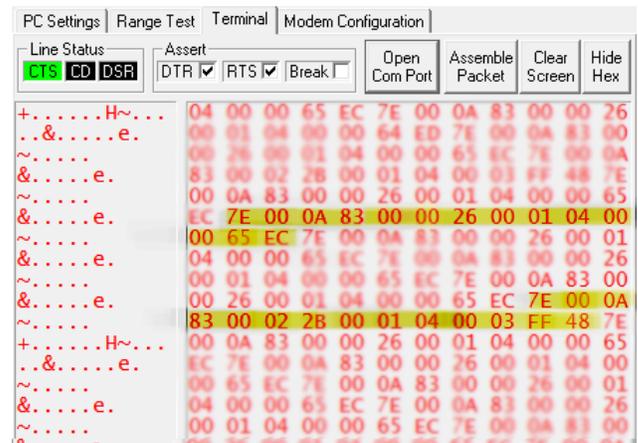


Fig. 7. Captura de dos paquetes desde módulos distintos

V. RESULTADOS

Con el uso del Hardware especificado en la sección pertinente se implementó el sistema propuesto. Por temas de simpleza se simuló la labor de los sensores con potenciómetros, entregando una salida analógica distinta según se giraba la perilla, cuya información fue transmitida inalámbricamente por un módulo XBee conectado al potenciómetro. La recepción

también la llevo a cabo un módulo XBee el cual le transfirió la información al Arduino para que este la procesara. Las señales de emergencia o alertas se simularon con led indicadores que variaban su luminosidad dependiendo de la salida análoga del potenciómetro distante.

En la figura (8) se muestra la implementación física del sistema propuesto.

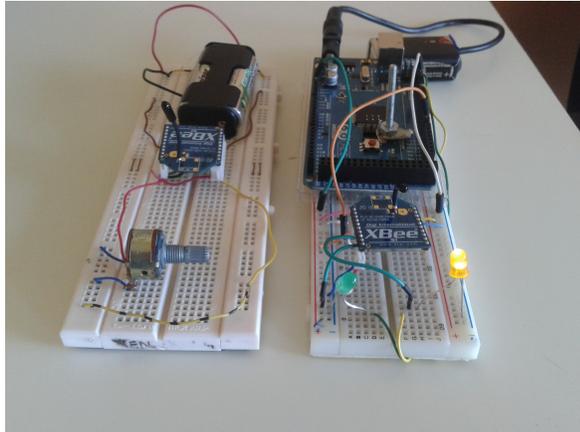


Fig. 8. Implementación del sistema

En la figura (9) se muestra el código utilizado para el manejo de los paquetes recibidos por el módulo XBee coordinar y pasados al Arduino. En un primer instante se espera a que el buffer se llene hasta cierta cantidad, luego se identifica el encabezado de un paquete de datos "7E". Se descartan los 4 bytes siguientes por no ser información relacionada con los datos de medición. Se procede a identificar el nodo emisor del paquete y luego se descargan 5 bytes más. El byte siguiente es el que contiene la información relacionada con la medición del sensor en el nodo emisor, esta información es capturada y utilizada para modificar el brillo de un led conectado a un pin PWM del Arduino. El último byte es un checksum, pero en esta aplicación no es utilizado.

Los resultados obtenidos se resumen en la transmisión efectiva de los datos sensados desde un dispositivo con salida análoga (dentro de esto cabe casi cualquier tipo de sensor) pudiendo ser estos datos analizados desde un microcontrolador para la determinación de decisiones.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las redes de sensores inalámbricos han aumentado en gran medida su campo de aplicaciones en los últimos tiempos, ya que ha sido posible estandarizarlos y mejorar en algunos aspectos críticos propios de redes como éstas.

Muchas son las puertas que se abren al utilizar este tipo de redes, tal como quedó demostrado en este trabajo, por ejemplo la transmisión de datos desde un sensor análogo es realizada en forma simple y limpia lo que posibilita la utilización de los datos enviados y posteriormente recibidos para la generación de innumerables aplicaciones.

En términos de seguridad, la red de sensores inalámbricos propuesta e implementada entrega un respaldo muy importante ya que al estar monitoreando constantemente las condiciones del ambiente y su posterior envío de alertas si hay riesgos,

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPin1, OUTPUT);
  pinMode(ledPin2, OUTPUT);
}

void loop() {

  if (Serial.available() >= 14) { // Esperar hasta tener datos suficientes
    if (Serial.read() == 0x7E) { // Comenzar con un delimitador de trama
      // Descartar los bytes que no corresponden a datos
      for (int i = 0; i < 4; i++) {
        Serial.read();
      }
      if (Serial.read() == 0x00) { //Si paquete corresponde a disp. con ID 00
        for (int i = 0; i < 5; i++) {
          Serial.read();
        }
        int analogHigh = Serial.read();
        int analogLow = Serial.read();
        int analogValue = analogLow + (analogHigh * 256);
        // Escala el brillo para la salida PWM del Arduino
        int brightness = map(analogValue, 0, 1023, 0, 255);
        analogWrite(ledPin1, brightness);
      }
    }
  }
}
```

Fig. 9. Código para el manejo de la información enviada por XBee

hace posible que la ayuda para una persona con capacidades especiales que se encuentra en riesgo llegue rápidamente, ayudando a evitar resultados fatales.

Como trabajo futuro se pretende la implementación de una base de datos con los datos del monitoreo de ambientes de cada vehículo de asistencia que utilice este sistema de monitoreo, para que no sólo se le ayude a una persona en una zona de riesgo, sino que también se evite que otras personas ingresen al lugar peligroso ya que estarían en conocimiento de su situación.

REFERENCES

- [1] Modares, H. ; Salleh, R. ; Moravejosharieh, A. , "Overview of Security Issues in Wireless Sensor Networks", *Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation (CIMSIM), 2011 Third International*, pp. 308-311.
- [2] Bilal, A. ; Bouayad, A. ; El Houda Chaoui, N. ; Ghazi, M.E., "Wireless sensor network: Security challenges," *2012 National Days of Network Security and Systems (JNS2)*, pp. 68-72.
- [3] Akshay, N. ; Kumar, M.P. ; Harish, B. ; Dhanorkar, S., "An efficient approach for sensor deployments in wireless sensor network," *2010 International Conference on Emerging Trends in Robotics and Communication Technologies (INTERACT)*, 2010, pp 350-355.
- [4] Hui Suo ; Jiafu Wan ; Lian Huang ; Caifeng Zou, "Issues and Challenges of Wireless Sensor Networks Localization in Emerging Applications," *2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE)*, pp. 447-451.
- [5] Marriwala, N. ; Rathee, P., "An approach to increase the wireless sensor network lifetime", in *2012 World Congress on Information and Communication Technologies (WICT)*, 2012, pp. 495-499.
- [6] Esseghir, M. ; Perros, H., "Optimizing the wireless sensor network lifetime under reliability constraint", in *WD '08. 1st IFIP Wireless Days*. 2008, pp. 1-5.