



Diseño de un salón inteligente utilizando una red inalámbrica de sensores

Iván Cabrera Altamirano, *Seguridad en Sistemas de Información.*

Dr. Francisco Rodríguez Henríquez, CINVESTAV-IPN. Departamento de Computación

Resumen— El presente documento especifica la implementación de un salón inteligente utilizando una red inalámbrica de sensores y la tecnología de identificación por radio frecuencia – RFID –. Se muestran todos los componentes utilizados, sus respectivas configuraciones, protocolos de comunicación, estructuras de paquetes, entre otros. Finalmente se discuten los resultados y conclusiones derivados de la realización de este trabajo.

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto consiste en implementar un salón inteligente usando una red inalámbrica de sensores. Una construcción inteligente (en este caso un salón) es aquella que cuenta con un sistema centralizado de control capaz de administrar energía, automatizar procesos, eficientar telecomunicaciones, y controlar el acceso al inmueble, entre otras actividades.

Una red inalámbrica de sensores es una red de nodos con capacidades de cómputo disminuidas equipados con sensores con la finalidad de colaborar en la realización de una tarea común.

Entre los objetivos principales del proyecto están:

- Control de acceso con RFID: solo pueden acceder las personas autorizadas en horas y fechas especificadas. Con esto logramos que nadie ajeno tenga acceso, ideal para áreas restringidas, evitar robos.
- Control de la temperatura del recinto: Mediante un transductor que forma parte de la red inalámbrica de sensores, estaremos tomando muestras de temperatura y tomando decisiones de acuerdo a reglas preestablecidas.
- Control de la iluminación del recinto: Con el fin de hacer un uso eficiente de la energía, se propone un control de iluminación que funcionara de acuerdo a la lectura de los sensores instalados.

II. PRESENTACIÓN

La arquitectura del sistema propuesto se muestra en la figura 1.

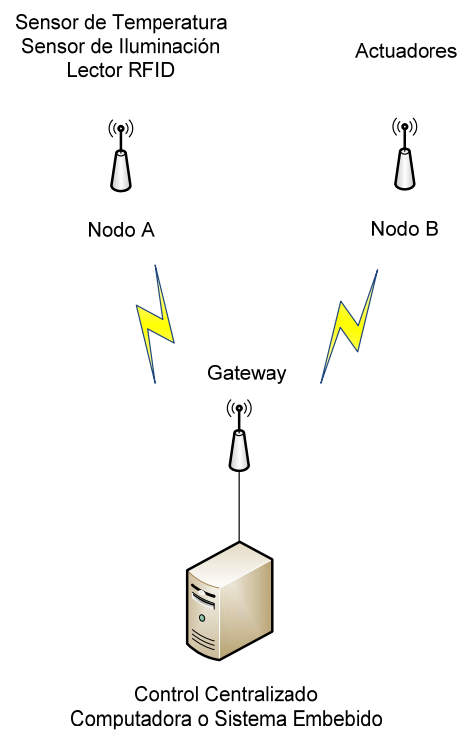


Figura 1. Arquitectura del sistema

- Controlador Central: Este se encarga de leer los datos provenientes de los sensores, del lector RFID y generar las señales que van conectadas a los actuadores.

Este controlador central puede ser una computadora personal o un controlador embebido.

- Sensores: Esta red se encarga de tomar los valores de los sensores y enviarlos al controlador central. Adicionalmente los nodos sensores pueden tener inteligencia adicional para tomar decisiones.

- Actuadores: Estos se encargan de realizar una acción en el entorno, como encender un aire acondicionado, ventilador, luminarias, abrir la puerta. Son accionados por el controlador central.
- Modulo de Lectura RFID: Este se encarga de tomar la lectura de los identificadores RFID que el usuario presenta para acceder al inmueble y mandarlos al controlador central.

Los componentes utilizados para la realización del sistema fueron:

- Red inalámbrica de sensores de la compañía Crossbow, la cual consiste de:

- Gateway MIB520 (Figura 2):

Este componente se encarga de 2 tareas principales, primero de servir como interfaz entre la red inalámbrica de sensores y otro dispositivo, en este caso una PC con puerto USB, segundo se encarga de realizar la programación de los nodos MICAZ.

Para que pueda interconectarse con la red inalámbrica de sensores, es necesario insertar un nodo MICAZ en el conector de expansión.

Existen otros modelos de Gateway con puerto serial y Ethernet.



Figura 2. Gateway MIB520.

- 3 nodos MICAZ (Figura 3):

Este componente recibe el nombre de nodo y es el encargado de crear los enlaces inalámbricos entre entidades.

Básicamente consiste de un microcontrolador Atmel ATMEGA128, un radio digital ChipCon CC2420, espacio para 2 baterías AA y un conector de expansión.



Figura 3. Nodo MICAZ.

- 2 tarjetas de sensado MDA100 (Figura 4):

Este componente es una tarjeta de sensado, la cual se conecta al puerto de expansión del nodo MICAZ para agregar sensores de temperatura y luminosidad.

Además cuenta con un área de prototipos, en la cual se encuentran conexiones para comunicaciones síncronas – SPI e I2C –, comunicaciones asíncronas – UART –, interrupciones, puertos de entrada/salida, alimentación, etc.

Para más detalle consultar la tabla 1.



Figura 4. Tarjeta de sensado MDA100.

	A	B	C	D	E	F
1	GND	GND	GND	VCC	VCC	VCC
2	OPEN	OPEN	USART1_CK	INT3	ADC2	PW0
3	OPEN	OPEN	UART0_RX	INT2*	ADC1*	PW1*
4	OPEN	OPEN	UART0_TX	INT1	ADC0	PW2
5	OPEN	OPEN	SPL_SCK	INT0	THERM_PWR	PW3
6	OPEN	OPEN	USART1_RX	BAT_MON	THRU1	PW4
7	OPEN	OPEN	USART1_TX	LED3	THRU2	PW5
8	OPEN	OPEN	I2C_CLK	LED2	RSTN	PW6
9	OPEN	OPEN	I2C_DATA	LED1	RSTN	ADC7
10	OPEN	OPEN	PWM0	RD	PWM1B	ADC6
11	OPEN	OPEN	PWM1A	WR	OPEN	ADC5
12	OPEN	OPEN	AC+	ALE	OPEN	ADC4
13	OPEN	OPEN	AC-	PW7	OPEN	ADC3
14	GND	GND	GND	VCC	VCC	VCC
15	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN
16	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN
17	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN

Tabla 1. Distribución de conexiones en la tarjeta MDA100

- Lector de RFID “MicroReader” para baja frecuencia de la compañía Texas Instruments (Figura 5):

Este componente se encarga de leer los identificadores RFID de baja frecuencia que se presenten en el área de lectura.

Envía los datos por un enlace serial (8N1@9600bps) Su voltaje de alimentación es de 5V.



Figura 5. Lector RFID

- Identificadores RFID de baja frecuencia de la compañía Texas Instruments (Figura 6):

Estos componentes son los identificadores a presentar ante el lector RFID para obtener acceso a diferentes áreas del recinto inteligente.

Estos identificadores son pasivos y tiene un identificador de 8 bytes. Existen del tipo sólo lectura “Read Only” o del tipo lectura-escritura “Read Write”.



Figura 6. Identificadores RFID

Interconexión entre el modulo MICAZ y el lector RFID.

Esta conexión se realizó mediante el puerto serie que posee el mote, y el puerto serie que posee el lector RFID.

Un punto importante a destacar, es que el modulo MICAZ maneja un voltaje de alimentación de aprox 3.1V, mientras que el lector RFID maneja un voltaje de alimentación de 5V.

Por lo tanto para que los sistemas se puedan interconectar es necesario hacer una conversión de voltajes (Figura 7).

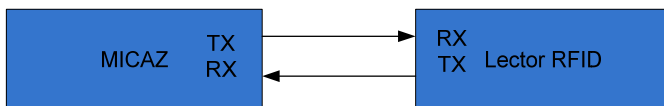


Figura 7. Interconexión de módulos

Como puede apreciarse la interconexión se realiza de forma cruzada (TX con RX y RX con TX).

El lector RFID en su entrada, debe recibir una señal serial con nivel de voltaje de 5V, pero la señal de TX del MICAZ es de 3.1V, sin embargo la conexión se puede efectuar ya que el valor de 3.1V (a partir de 2.8V, de acuerdo a la lógica TTL) es reconocido como un valor de lógica en estado alto por el lector RFID.

La conexión que hay que adaptar en sentido hacia el modulo MICAZ, el acoplamiento entre dispositivos se realizó mediante un circuito resistivo en su configuración “divisor de voltaje”. El cual a su entrada recibe 5V y a la salida produce 3.1V. (Figura 8).

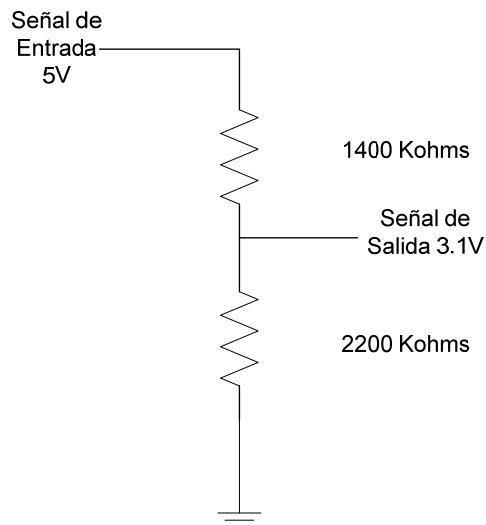


Figura 8. Acoplamiento de niveles de voltaje

Protocolo de Comunicación entre Host y el lector RFID.

Para poder entablar comunicación entre el modulo lector de RFID y cualquier host es necesario seguir el protocolo descrito a continuación.

En la figura 10, se muestra la trama que debe enviarse al lector de RFID para realizar una lectura.

Byte	Content (hex)	Comment	Description
0	01	Start Mark	
1	02	Length	Two bytes follow excluding BCC
2	08	Command Field (1)	Perform Single command, send Power Burst I
3	32	Data Field (1)	Power Burst I with 50 ms duration (charge-up)
4	38	BCC	BCC over previous bytes excluding Start Mark

Figura 10. Petición de lectura de identificador RFID.

En la figura 11, se muestra la trama que se recibe, cuando es encontrado un identificador valido.

Byte	Content (hex)	Comment	Description
0	01	Start Mark	
1	09	Length	9 bytes follow excluding BCC
2	0C	Status	Valid RO, Startbyte detected, DBCC O.K.
3	6A	Data Field (1)	Identification Data (LSByte)
4	58	Data Field (2)	Identification Data
5	4C	-:-	-:-
6	00	-:-	-:-
7	00	-:-	-:-
8	00	-:-	-:-
9	00	Data Field (7)	Identification Data
10	00	Data Field (8)	Identification Data (MSByte)
11	7B	BCC	BCC over previous bytes excluding Start Mark

Figura 11. Respuesta de identificador RFID encontrado.

En la figura 12, se muestra la trama que es recibida, cuando no se ha encontrado un identificador.

Byte	Content (hex)	Comment	Description
0	01	Start Mark	
1	01	Length	One byte follows excluding BCC
2	03	Status	Other, no Startbyte, DBCC not O.K., FBCC not O.K.
3	02	BCC	BCC over previous bytes excluding Start Mark

Figura 12. Respuesta de lector RFID cuando no se ha encontrado algún identificador.

Programación en nesC

En nuestra aplicación cuenta con 3 programas en nesC para los dispositivos que se mencionan a continuación:

- Gateway: Se encarga de recibir la información, darle procesamiento y emitir respuestas.
- Mote de Sensores y RFID: Se encarga de leer el modulo de RFID y de leer los sensores, guarda la información en una estructura de datos y es enviada vía radio, cuando le es solicitada.

La parte fundamental de este modulo es la programación para el lector RFID, la cual se realiza a través de la interface UartStream, de su método send y de su método receive (Figura 13).

Cuando se ha alcanzado el tiempo especificado para el Timer0 se genera el evento “fired”, en el cual conformamos la trama de petición de lectura al modulo RFID, poniendo en un arreglo de bytes, los datos necesarios, a continuación mandamos llamar al método UartStream.send con el buffer y el tamaño de los datos como parámetro.

```
event void Timer0.fired(){
    unsigned char buffer[10] = {0x01,0x02,0x08,0x32,0x38,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00};
    call UartStream.send(buffer,5);
    call Leds.led0Toggle();
    call UartStream.receive(recibidos,12);
}
```

Figura 13. Solicitando una ID al lector de RFID.

```
async event void UartStream.receiveDone(uint8_t *buf, uint16_t len, error_t error) {
    if (error == SUCCESS) {
        call Leds.led2Toggle();
    }
}
```

Figura 14. Evento receiveDone

Si no se ha generado ningún error, en el evento receiveDone es posible hacer distintos tipos de validaciones y tomar sus respectivas acciones, tal y como se muestra en la figura 14.

- Mote de Actuadores: Se encarga de recibir un paquete de datos y realizar una acción especificada.

Para propósitos de demostración de las acciones que pueden tomarse de acuerdo a los resultados leídos, se hace uso de diodos emisores de luz – LEDs – anexados al mote.

En una implementación completa, aquí deberíamos considerar etapas de potencia, las cuales consisten en relevadores, contactores, triacs, etc, para el control de diferentes aparatos tales como: equipos de aire acondicionado, iluminación, chapas y contrachapas, etc.

Estructura de datos adquiridos

La estructura del paquete de datos a utilizar por todas las aplicaciones, está constituido así:

```
typedef nx_struct message_sensor {
    nx_uint16_t version;
    nx_uint16_t interval;
    nx_uint16_t id;
    nx_uint16_t count;
    nx_uint16_t readings[NREADINGS];
    nx_uint8_t identifier[8];
    nx_uint8_t hasIdentifier;
} message_sensor_t;
```

Figura 15. Paquete de datos

Compilación y carga del programa nesC en los motes.

La compilación y cargado de programas se realiza mediante la siguiente instrucción:

```
# make micaz install,1 mib520,/dev/ttyUSB0
1 2 3 4 5 6
```

- 1: Instrucción necesaria para compilación y carga.
- 2: Plataforma para la cual queremos compilar y cargar (puede ser mica, mica2, micaz).
- 3: Acción a llevar a cabo:
 - install: compila e instala la aplicación.
 - reinstall: sólo reinstala la aplicación.

- 4: ID que deseamos grabar al mote.
- 5: Tipo de programador a utilizar
- 6: Puerto serial a utilizar.

Este comando debe ejecutarse en la carpeta correspondiente a cada aplicación, es decir donde se encuentre el archivo makefile.

Cambio del baudrate.

Para que la aplicación pueda comunicarse con el modulo de lectura RFID es necesario que se comuniquen al mismo baudrate, por lo tanto es necesario modificar el archivo HplAtm128UartP.nc y agregar los valores correspondientes al baudrate y la frecuencia de trabajo del microcontrolador.

Estos valores fueron tomados de la hoja de datos del microcontrolador Atmel ATMEGA128. En la tabla 2 se presentan los distintos valores que pueden tomar los registros de configuración, para la frecuencia del sistema que es de 7.3728 Mhz.

Baud Rate (bps)	f _{osc} = 7.3728 MHz			
	U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	191	0.0%	383	0.0%
4800	95	0.0%	191	0.0%
9600	47	0.0%	95	0.0%
14.4k	31	0.0%	63	0.0%
19.2k	23	0.0%	47	0.0%
28.8k	15	0.0%	31	0.0%
38.4k	11	0.0%	23	0.0%
57.6k	7	0.0%	15	0.0%
76.8k	5	0.0%	11	0.0%
115.2k	3	0.0%	7	0.0%
230.4k	1	0.0%	3	0.0%
250k	1	-7.8%	3	-7.8%
0.5M	0	-7.8%	1	-7.8%
1M	-	-	0	-7.8%
Max ⁽¹⁾	460.8 kbps		921.6 kbps	

Tabla 2. Configuración del baudrate para el microcontrolador ATMEGA 128.

III. CONCLUSIONES

El diseño e implementación de un recinto inteligente debe considerar muchos factores, primero es necesario definir el grado de automatización al que deseamos llegar, en este caso uno de los objetivos principales, que es el de conectar un modulo de lectura RFID a la red inalámbrica de sensores, fue cubierto satisfactoriamente.

El control de acceso, tanto personal como vehicular, se ha convertido en los últimos años en una de las principales aplicaciones de la identificación por radio frecuencia. El control de acceso, es una de las aplicaciones más básicas que hoy en día debemos encontrar en cualquier instalación inteligente.

Aún cuando en la implementación de este trabajo se obtuvieron resultados satisfactorios, nos encontramos con diversos inconvenientes como son: el entorno de programación basado en TinyOS y nesC.

Ya que se utiliza el paradigma de diseño orientado a componentes, el cual es nuevo para la mayoría de nosotros, sin embargo el principal inconveniente es que esta combinación oculta bastantes detalles relativos al microcontrolador, como es la configuración de sus periféricos, por lo cual en ciertos momentos es difícil indicarle una configuración específica para el microcontrolador.

Esta parte tuvo que ser profundamente estudiada, para poder lograr el cambio del baudrate y establecer una comunicación satisfactoria con el modulo de RFID.

Adicionalmente el uso de redes inalámbricas de sensores, simplifican bastante el diseño de aplicaciones inalámbricas de captura automática de información, las abstracciones creadas son lo suficientemente poderosas para nosotros como desarrolladores de aplicaciones, ya que podemos crear distintas redes (con topologías específicas) sin preocuparnos por detalles de implementación de protocolos.

Finalmente, este trabajo logró hacer uso de tecnologías inalámbricas aplicadas al diseño de espacios inteligentes de forma satisfactoria y con buenos resultados, los cuales pueden ampliarse a manera de trabajo futuro, empleando algunas otras tecnologías para cubrir objetivos mayores.

IV. REFERENCIAS

- Levis, Philip – TinyOS Programming.
- Labiod, Houda - WiFi, Bluetooth, ZigBee and WiMax.
- Thornton, Frank - RFID Security
- Hunt, Daniel - RFID - A guide to Radio Frequency Identification.
- Celentano, Laura - RFID Assisted Wireless Sensor Networks for Cardiac Tele-healthcare.
- Texas Instruments – Series 2000 Reader System - Micro-reader – Reference Guide.
- Atmel ATMEGA 128 Datasheet.