

SISTEMA DE SEGURIDAD BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS Y ELECTRIC IMP

Cristian Morelos Hernández¹, Aldrin Barreto Flores¹, Verónica Edith Bautista López², Salvador E. Ayala Raggi¹

¹Facultad de Ciencias de la Electrónica,

²Facultad de Ciencias de la Computación,

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio/18 Sur, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, 72570 Puebla de Zaragoza, 229 55 00

Email: crismor_21@hotmail.com; abarreto@ece.buap.mx; saraggi@ece.buap.mx

RESUMEN.

El siguiente proyecto presenta el diseño de un sistema de seguridad basado en Internet de las cosas (IoT) y el microcontrolador con WIFI llamado Imp. En este sentido, los alcances de esta propuesta son lograr el control del sistema a través de internet por medio de una aplicación web que se programó en HTML, igualmente se incluyó la notificación en tiempo real mediante un mensaje SMS con el apoyo de la plataforma del IoT Carriots, que se encargará de monitorear el estado de los elementos que conforman el modelo: un sensor de movimiento y un sensor magnético. Estos dispositivos se interconectarán de forma inalámbrica con el microcontrolador para minimizar el cableado. Obteniendo como resultado un sistema que podrá encenderse o apagarse de manera remota, así como también recibir la alerta de un acceso no autorizado en un dispositivo móvil.

Palabras Clave: seguridad, Internet de las cosas, Electric Imp, Carriots.

ABSTRACT

The proposed work presents the design of a security system using the Internet of things (IoT) and a wifi microcontroller called Imp. It also includes controlling the system remotely through internet using a web page developed using HTML and alert notification using SMS messages through Carriots, an IoT platform. Carriots will monitor status of sensors (PIR and magnetic) wireless connected to the system controlled by the microcontroller Imp. The system can be turn on/off remotely by the user and can send SMS messages to a mobile device in case any of the sensors is activated by an intrusion detected by the system.

Key words: security, Internet of things, Electric Imp, Carriots.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el internet ha evolucionado de gran manera, además de que se ha vuelto parte esencial de nuestras vidas, teniendo un gran impacto a nivel social, laboral y académico, es por eso el auge obtenido en la conexión de nuestros dispositivos o electrodomésticos a esta red, donde actualmente las grandes compañías hacen de esto un nuevo producto. El desarrollo de aplicaciones basados en microcontroladores se ven influenciados, ya que tales dispositivos también se enfocan a trabajar con la web, esta nueva forma de desarrollo se le conoce como Internet de las Cosas, este proyecto busca el implementar

un prototipo de esta índole, involucrando no solo la conexión con la misma, sino el fomento del uso de nuevas tecnologías. Por otra parte hay varios sistemas de desarrollo en el mercado que ofrecen la opción de enlazarse a la red, como son arduino y Raspberry Pi. En Arduino existe la posibilidad de conectarse al Wifi a través de un shield especial, pero es un módulo bastante elevado en precio, la otra opción básicamente es una minicomputadora básica y para este sistema puede ser un desperdicio de recursos. Al investigar sobre otros dispositivos que poseen características similares se encontró Electric Imp, una empresa que ofrece distintas opciones con conexión inalámbrica Wifi, además de poseer un tamaño menor con respecto a las mencionadas anteriormente. Es así como se eligió entre estos elementos, al Imp, que tiene ventajas por encima de los otros, dándonos acceso a sus servidores para alojar nuestro código, un dominio web, la creación de páginas o aplicaciones.

En trabajos reportados en la literatura se encontraron algunos que ocupan arduino [1], [2], los cuales son sistemas inteligentes que en base a sensores envían un mensaje sobre la falta de algún producto, todo esto a través de internet. Este tipo de desarrollo crea un nuevo campo de trabajo tanto en investigación como en avances tecnológicos. Estos productos forman parte de nuestras vidas, he ahí la importancia de que no solo las compañías tomen ventaja, sino que a nivel académico y laboral también se pueda sacar provecho. A través de este trabajo se propone el uso de un nuevo microcontrolador como el Imp donde su principal virtud es la plataforma de desarrollo que ofrece el fabricante y la conectividad Wifi.

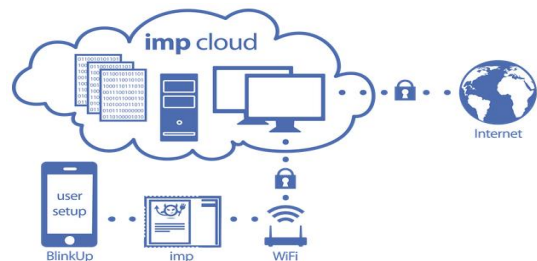


Fig. 1 conexión de Imp con internet, reproducida de [3].

En la Figura 1 se observa un esquema general de cómo podemos hacer una conexión entre nuestro dispositivo e internet. Usando una aplicación para el celular trasladamos nuestra contraseña de wifi hacia nuestro microcontrolador para que logre hacer la conexión con nuestra red. Además de utilizar una plataforma denominada Carriots [4] como servicio Paas (platform as a service, desarrollo de aplicaciones que se ejecutan en la nube) que está diseñada para realizar proyectos de internet de las cosas y máquina a máquina (M2M). Las posibilidades de este servicio son amplias, mencionando las más destacadas a continuación:

- 1) Recopilar y almacenar todo tipo de datos de los dispositivos.
- 2) Construir aplicaciones para toma de decisiones: envío de email y SMS.
- 3) Desplegar y escalar desde modestos prototipos hasta miles de dispositivos.

La plataforma de Carriots funciona mediante los siguientes pasos: conexión de nuestro dispositivo, recopilación de datos, gestión de dispositivos y/o datos y finalmente una aplicación web para la toma de decisiones [4].

2. NOTIFICACION DE INTRUSO POR SMS CON ELECTRIC IMP

El sistema para envío de un mensaje de texto, está conformada por un microcontrolador con conexión Wifi, además de uso de sensores en puertas o ventanas que serán identificadas por medio de un valor binario para cada elemento en el cual el prototipo se encuentra limitado a 4 valores, debido a la falta de puertos de entrada, con lo que podemos tener hasta 3 disparadores, ya sean magnéticos o de movimiento, el ultimo valor está reservado para reset de señal, estos datos están condicionados por los circuitos integrados, que permiten la comunicación RF (radiofrecuencia) estable, para así, no usar cables dentro del inmueble. El Imp recibirá los valores de los sensores en caso de ser accionados, con lo cual se hizo el envío de esta señal hacia Carriots, notificando al dueño por medio de un mensaje de texto.

Una descripción general de los elementos utilizados es la siguiente:

1. Sensores magnéticos: switches activados por ausencia de campo magnético.
2. Imp. Microcontrolador con conexión a wifi y servicios en la nube.
3. Módulos RF, dispositivos de bajo costo (\$30) y fácil acceso.
4. HT12D/E, circuitos integrados que tienen la finalidad de lograr comunicación eficiente y sin ruido entre módulos RF.
5. Sensor PIR, elemento capaz de detectar el movimiento o presencia en espacios cerrados.

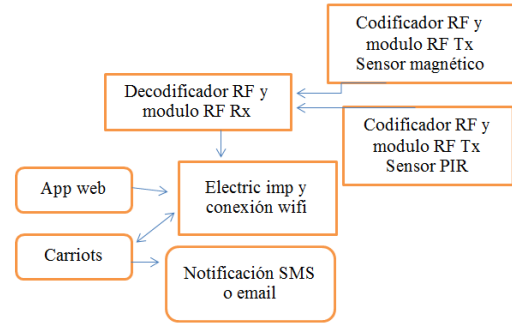


Fig.2 Diagrama general de sistema de seguridad

La Figura 2 muestra el esquema general de cómo se diseñó el sistema de seguridad, tomando en cuenta los sensores, circuitos integrados, Carriots, el Imp y la recepción de SMS

3. SENSOR MAGNETICO Y HT12D/E

La manera que se ha utilizado para la detección en puerta es un sensor magnético el cual funciona como un interruptor, al estar presente un campo magnético, actúa como corto circuito y deja que haya flujo de corriente a través de él, por el contrario, sin la presencia del fenómeno físico, impide el paso, actuando como circuito abierto [5].

En este aspecto, este sensor es la base para detección de puerta/ventana y haciendo uso de conexión inalámbrica, evitamos cables por todo el inmueble, en este caso se ocupan los módulos de RF, que trabajan a una frecuencia de 315 MHz y se comunican por medio de modulación en ASK. Estos circuitos integrados evitan fallas por interferencia electromagnética presentes en el aire, por ello, los dispositivos electrónicos están diseñados para hacer eficaz la comunicación de estos módulos, evitando así la confusión en datos.

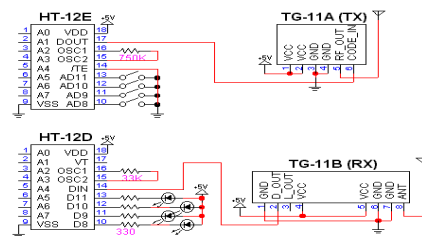


Fig. 3 Conexión de HT12D-E y módulos RF [6] [7].

En la Figura 3 observamos la conexión de nuestros módulos y los circuitos integrados HT12D-E, el uso de éstos, permite agregar una dirección entre emisor y receptor, así mismo evitar confusiones aunque existan otros módulos RF transmitiendo, ya que sólo aceptará los datos cuando ambas direcciones sean iguales (emisor y transmisor).

4. SENSOR DE MOVIMIENTO PIR

Es un dispositivo electrónico que mide la luz infrarroja (IR) radiada de los objetos situados en su campo de visión. Se utilizan principalmente en los detectores de movimiento, estos dispositivos PIR no generan o irradian energía, trabajan en su totalidad para la detección de radiación emitida por otros objetos. Es importante tener en cuenta que dichos elementos no miden "calor", sino que rastrean la radiación infrarroja emitida por un objeto [5]. La conexión entre el sensor PIR, modulo RF y HT12E es exactamente la misma que con el interruptor magnético, estos componentes se usan como activador para habilitar la transmisión inalámbrica en los circuitos integrados.

5. ELECTRIC IMP Y CARRIOTS

Imp es el microcontrolador base de este trabajo, este producto ofrece la posibilidad de conexión e interacción con diversas plataformas como Carriots, twitter, Xively, etc. La empresa llamada Electric Imp, permite que un dispositivo pueda conectarse a internet de forma rápida y segura, la cual ofrece hardware, software, sistema operativo, API's y servicios en la nube [3].

Para nuestro sistema se ha ocupado el microcontrolador Imp 001 insertado en la tarjeta de pruebas Imp board April (Figura 4) este microcontrolador con conexión a wifi integrada tiene forma de memoria SD, y con su tarjeta de conexión en protoboard se convierte en un dispositivo con 5 puertos GPIO (puertos entrada/salida de propósito general) que pueden ser puertos digitales/analógicos, convertidores AD y DA, comunicación serial I2C, UART y SPI [3].



Fig.4 Tarjeta de conexión a protoboard (izquierda) e Imp 001 (derecha).

El microcontrolador en realidad es de tamaño reducido (22x34x2.1mm) y con bajo consumo de corriente (5mA en conexión wifi, 6uA en sleep mode), diseñado para trabajar con alimentación USB o por medio de baterías.

La forma de programar y depurar está basada en una página de internet que Electric Imp ofrece, cuya distribución está desarrollada para hacer un código con propósito fijo, la forma en que se encuentra distribuida el depurador es la siguiente: Agente: segmento en el depurador reservado para el código que

interconecta la programación de nuestro dispositivo con internet, ya sea Twitter, Carriots o Xively, para nuestro caso se desarrolló una página web en HTML, la cual se encuentra montada en los servidores de Electric imp, y la conexión entre el dato que recibe la tarjeta y Carriots.

Device: ventana dentro del depurador de código que está reservada para la escritura del algoritmo de nuestro dispositivo, para este proyecto, su tarea es recibir el estado de los sensores, ya sea que este abierto/cerrado o que detecte una persona dentro del lugar.

En cuanto a Carriots, la plataforma está destinada para realizar proyectos de Internet de las cosas, tomando datos del mundo exterior y con la ayuda de API's, que son aplicaciones programables, permite hacer el envío de correo electrónico o notificación sms.

Esta plataforma trabaja con "dispositivos" que son el enlace entre Carriots y el mundo exterior, así, todo dato que reciba será a través de los conectores, de esta manera, cada elemento recibido se almacenará en la plataforma y se les denominará como tramas, en cambio, la segunda parte del proceso incluye a un "listener" que estará pendiente de la información que recibe Carriots, y dependiendo de las condiciones que se propongan a este observador, enviará el mensaje de texto o correo electrónico[4], estos beneficios se brindan de manera gratuita hasta un límite de 10 dispositivos.

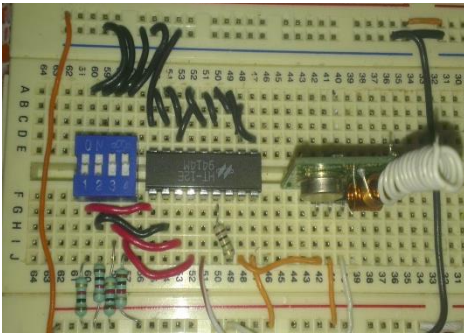
6. PRUEBAS Y RESULTADOS

El algoritmo implementado en el dispositivo es ejemplificado a través del siguiente pseudocódigo mostrado a continuación:

```
Algoritmo 1: Detección sensores (movimiento y PIR)
1: Declaración puertos entrada, salida
2: Declaración de variables de estado inicial
3: Ciclo infinito while=1
4: Espera el dato enviado desde aplicación web
5: Si dato=1 // sistema encendido
6: Encender sistema de seguridad
//preguntar por variable SENSOR
7: Declarar variable estado actual1="OFF"; estado actual2="OFF";
8: Si SENSOR =10;
9: estado actual1 = ON
10: Si sensor=11;
11: estado actual2= "ON"
12: Si variable de estado actual!=estado inicial
13: Estado inicial=estado actual
14: Enviar estado de sensor al agente.
15: Si dato=0
16: Apagar sistema de seguridad
18: Cerramos ciclo infinito
19: finalizamos programa
```

Con las diferentes etapas funcionando por separado, se implementó la unión hardware-software (Electric Imp, Imp y HT12D) de todas las partes, para así tener un sólo sistema. En la Figura 3 ya se había mostrado el esquema a seguir con respecto a la conexión entre circuito integrado HT12E y los módulos RF, además de agregar el sensor magnético y PIR como disparadores para el envío del estado de los mismos, ahora mostramos ya la implementación física en protoboard.

Fig.5 HT12E, sensor magnético y Módulo RF TX



En cuanto a conexión no hay mayor complejidad, la razón de esto es que al implementarlo en placa de cobre ocupe el menor espacio posible, tanto switch magnético como el detector de movimiento llevan los mismos componentes y conexiones mostrados en la Figura 5.

Ahora visualizamos la conexión entre el Imp y nuestro decodificador HT12D en la Figura 6, que presentó complicaciones, debido a que ambos dispositivos trabajan a diferentes niveles lógicos. Por consiguiente, la solución propuesta fue el uso de diodos de alta frecuencia y resistencias como pull-up, para que haya una comunicación eficaz entre ambos elementos, además de evitar el daño del microcontrolador.



Fig.6 HT12D, Módulo RF RX y Electric imp.

Si bien ambos circuitos son de diseño simple, no fue así de sencillo el lograr esto, ya que se buscaron otras alternativas para obtener la comunicación inalámbrica eficaz y con el mínimo de componentes. Entre las opciones que se tenían para esta implementación se encontraba el módulo NRF24L01 [10] y el módulo Xbee [11], estos dispositivos presentan ciertas

ventajas en cuanto a la comunicación RF, ya que permiten bidireccionalidad, pero también implican el uso necesario de un microcontrolador externo para lograr controlar estos elementos. Lo cual implicaría un mayor uso de recursos para la implementación, que en si sería uso innecesario de dispositivo, ya que el objetivo principal es la detección del estado de los sensores y que con los módulos RF y el circuito integrado HT12-D/E es más que suficiente.

Tabla 1 Comparativa entre diferentes dispositivos de comunicación inalámbrica.

Elemento	Distancia	Consumo	Requiere microcontrolador
NRF24L01	20 metros	20mA	Si
Xbee	15 metros	50 mA	No
Modulo RF	30 metros	5 mA	No
bluetooth	5 metros	5 mA	Si

La Tabla 1 muestra la comparación entre algunas de las características de diferentes tipos de dispositivos que existen para realizar una comunicación de forma inalámbrica. Por consiguiente, el contraste fue fundamental para elegir el modulo RF utilizado, la elección se basó en la distancia y consumo energético, también influyó el hecho de si era necesario un microcontrolador para el uso del elemento.

En lo que respecta a la aplicación web se encuentra funcional, la ventaja que se mencionaba con Electric Imp es que nosotros no necesitamos un servidor para alojar nuestro código http para la aplicación, tampoco se requiere el comprar un dominio para la página, estos beneficios los brinda la empresa al adquirir su dispositivo, uno como diseñador del sistema se basa en programar, diseñar, probar y armar el circuito para que tenga un buen funcionamiento. Las características que presenta nuestra aplicación es la de mostrar un título, un cuadro donde se ingresa la contraseña, 2 botones ya sea para encender o apagar el prototipo, además de mostrar un mensaje que indica la hora y fecha en que se activó o desactivo.

La conexión con Carriots también fue un éxito, a continuación mostramos lo obtenido en base a las pruebas de recepción de datos en la plataforma.

11/05/2015 15:58:46	sensorAD@crismor.crismor	("sensor":"OFF")
11/05/2015 15:57:00	sensorAD@crismor.crismor	("sensor":"ON")

Fig.7 Trama de datos recibida del dispositivo Electric imp y mostrando estado en Carriots.

Se puede ver que la conexión entre el dispositivo físico (sensores) e internet a funcionado correctamente (Figura 7), el estado de los sensores se encuentra monitoreado por Carriots y

es aquí donde interviene su aplicación web para poder hacer un envío por SMS. En la Figura 8 observamos los detectores en su estado encendido y apagado, mostrando así la conexión inalámbrica funcionando.

```
2015-05-11 15:58:45 UTC-5 [Device] Enviando estado sensor2: OFF
2015-05-11 15:58:45 UTC-5 [Device] Enviando estado sensor: OFF
2015-05-11 15:58:45 UTC-5 [Device] Enviando estado sensor: ON
2015-05-11 15:58:45 UTC-5 [Device] Enviando estado sensor: OFF
```

Fig.8 Recepción de dato por Electric Imp y envío hacia Carriots.

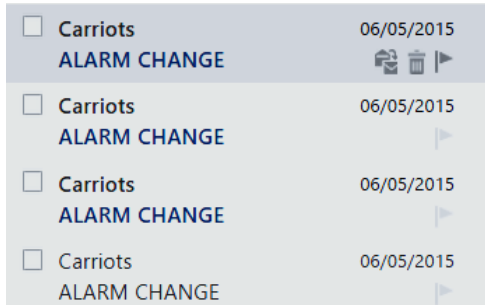


Fig.9 Primeras pruebas con envío de email.

La Figura 9 muestra la recepción de email en la bandeja de entrada del correo electrónico, asegurando que Carriots recibía el estado del sensor en cuanto sucedía el evento, además de notificarnos de manera correcta.

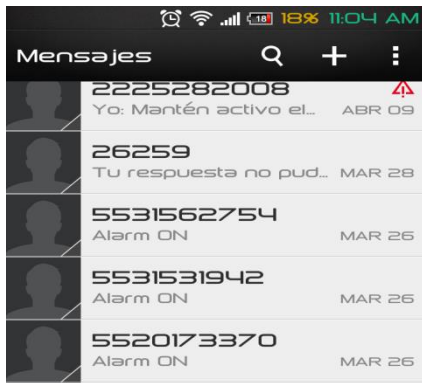


Fig.10 Prueba envío de SMS a través de Carriots.

En la Figura 10 podemos observar la notificación SMS ha llegado con éxito, Carriots permite un máximo de 10 SMS por día, que son suficientes para el propósito del proyecto. Ya que la finalidad es notificar una intrusión, dicho evento no llega a ocurrir más de 2 veces durante el día.

En cuanto a la funcionalidad del sistema se comprobó en 2 ambientes, en zonas abiertas se obtuvo rango de hasta 30 metros, en esta prueba no existieron obstáculos que obstruyeran la señal RF, la siguiente etapa fue dentro de un hogar, con la existencia de obstáculos: paredes, muebles, puertas, etc. Se

obtuvo un rango de 15 metros. No hubo interferencias por alguna otra señal inalámbrica, TV satelital, señal de wifi o señal de telefonía móvil. Estas pruebas base representan los entornos en que se pondrá a funcionar este sistema, la duración de las pruebas fue de 4-6 horas, donde se hallaron problemas en la programación del dispositivo, estas fallas surgieron debido a que el Imp tiene la finalidad de ahorrar de energía, después de cierto tiempo inactivo entra en modo Sleep para evitar consumir mucha energía, para evitar problemas o fallas en la detección de un evento se utiliza un pin para despertar al dispositivo de esta “hibernación”, esta entrada se encuentra especificada para este propósito, al recibir un impulso externo, saca al dispositivo del sueño y vuelve a compilar el código que se le ha programado.

7. CONCLUSIONES

El hecho de que internet se haya vuelto tan indispensable para nuestra vida cotidiana, hace que esta propuesta sea viable de instalarse en diversos ámbitos. Los hogares usan la red como entretenimiento y los comercios lo utilizan de apoyo en cuanto a facturas, marketing, pagos, etc. Debido a esto se considera como un sistema adecuado para aquellas personas que poseen acceso a internet, tanto en su domicilio como en un teléfono móvil. Además de que compite en características con los de diseño comercial, se puede personalizar y aumentar el número de sensores dentro del lugar donde sea instalado.

Todo lo que se planteó al inicio se logró implementar, haciendo de este sistema básico algo muy completo, la siguiente etapa de desarrollo ya no sería simplemente la activación del sensor, sino el conocer su estado (abierto/cerrado) antes de activar nuestro sistema de alarma, además de conocer la ubicación del sensor dentro del inmueble.

Otra mejora es la opción de ampliar el sistema con diferentes tipos de sensores, este aumento se puede realizar con el manejo de un circuito integrado que haga conversión paralelo a serial. Esta solución es para nuestro Imp, ya que por falta de puertos entrada/salida se ve limitado el número de sensores que podemos leer. En este trabajo se ven las enormes posibilidades del internet de las cosas y el potencial que tiene haciendo uso de aplicaciones web [9]. Por lo tanto, la implementación del sistema mencionado contribuye en una propuesta a la seguridad en inmuebles y por consiguiente de las personas.

8. REFERENCIAS

- [1] Julen Iraceburu González, Javier Goicoechea Fernández, Trabajo Fin de Grado [en línea], Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España visitado 10/mayo/2015, Disponible en:http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11846/TFG_IraceburuGonzalezJulen2014.pdf?sequence=1
- [2] <http://186.42.96.211:8080/jspui/bitstream/123456789/153/1/TESIS%20Santiago%20Cazares.pdf>
- [3] Electric Imp Inc., The Electric Imp platform (online), USA 2010 disponible en: <https://electricimp.com/product/>
- [4] Miguel Castillo, Carriots inc.(online), España 2010, disponible en: <https://www.carriots.com/que-es-carriots>
- [5] Tero Karvinen, Kimmo Karvinen, Ville Valtokari, Make: Sensors: A Hands-On Primer for Monitoring the Real World with Arduino and Raspberry Pi, USA, 2014, pp 158-170, 105-115.
- [6] Pablo Santiago Cazares Mafla, Diseño e implementación de un prototipo que permita llevar el inventario de los alimentos de un refrigerador y se comunique vía internet al supermercado solicitando aquellos productos que hagan falta, Universidad Tecnológica de Israel, [en línea], visitado 12/mayo/2015 disponible en:
- [7] Holtek semiconductor Inc., HT12E 2¹² Series of encoders, Datasheet, TAIWAN 2009.
- [8] Holtek semiconductor Inc., HT12D 2¹² Series of decoders, Datasheet, TAIWAN
- [9] Electric Imp Inc., The Electric Imp Squirrel (online), USA 2010 disponible en: <https://electricimp.com/docs/squirrel/>
- [10] Javier Eguiluz, Introducción a XHTML, librosweb, [en línea] disponible en: <http://librosweb.es/libro/xhtml/>, sitio visitado 5/04/15