

# Implementación de un dispositivo que permita enrutar los datos adquiridos de una red zigbee hacia la nube utilizando la minicomputadora raspberry pi y software de código abierto.

Stalin Tomala Miranda <sup>(1)</sup> Edgar Gualberto Arellano Pedrazolli <sup>(2)</sup>  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
sttomala@espol.edu.ec <sup>(1)</sup> earellan@espol.edu.ec <sup>(2)</sup>  
Director de Tesis Ing. Ronald Criollo, mail: rrcrioll@espol.edu.ec

## Resumen

Hoy en día estamos atravesando por cambios tecnológicos de gran impacto, entre ellos podemos mencionar el Internet de las cosas (IoT) que busca que la mayoría de los dispositivos puedan estar conectados a Internet. Este concepto ha ido creciendo a un ritmo acelerado de la mano con el uso de las redes de sensores inalámbricas, lo que ha generado la necesidad de dispositivos que permitan recolectar datos de una red inalámbrica para posteriormente enrutarlos hacia la nube.

El proyecto comprende la implementación de un dispositivo que nos permita recolectar los datos provenientes de sensores en una red Zigbee, para posteriormente enrutarlos hacia la nube. Las tecnologías a utilizar serán de código abierto tales como el mini computador Raspberry PI y dispositivos Xbee que están basados en el estándar de comunicación IEEE 802.15.4.

**Keywords:** *Xbee, Raspberry Pi, conexiones seriales, ZigBee, IEEE 802.15.4, IoT, Internet de todas las cosas, redes inalámbrica.*

## Abstract

Nowadays we are going through high-impact technological changes, among them we can mention the Internet of Things (IoT) seeking that most devices can be connected to the Internet. This concept has been growing at a fast pace in hand with the use of wireless sensor networks, which has created the need for data collection devices to enable a wireless network to then route them to the cloud.

The project includes the implementation of a device that allows us to collect them data from sensors in a Zigbee network, then route them to the cloud. The technologies to be used are open source such as mini computer Raspberry PI and Xbee devices are based on the communication standard IEEE 802.15.4.

**Keywords:** *Xbee, Raspberry Pi, Serial Conections, ZigBee, IEEE 802.15.4, IoT, Internet of Thing, Wirelles.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante de la necesidad tecnológica conlleva que nuevas tendencias vayan hacia un mundo que no esté limitado por cables, siendo su rumbo dirigido hacia un medio inalámbrico en el cual podamos disfrutar de todos los beneficios que se encuentra implícitos en el mismo concepto.

En el presente proyecto se propone la implementación de un dispositivo que permita enrutar los datos

adquiridos de una red Zigbee hacia la nube utilizando la minicomputadora Raspberry Pi y software de código abierto.

### 1.1. Identificación del problema

Las tecnologías inalámbricas con el paso del tiempo han adoptado un campo bastante amplio en lo que respecta a la mejora continua de las comunicaciones en general, generando grandes cambios e innovaciones

tecnológicas que han permitido crear nuevos dispositivos electrónicos cada vez más pequeños y potentes a un costo relativamente bajo, siendo capaces de detectar y medir cualquier magnitud de una forma sencilla y con gran precisión. Estos avances tecnológicos han permitido el crecimiento en la investigación y desarrollo de las redes de sensores inalámbricas, que permiten comunicar una serie de dispositivos para que trabajen entre sí de forma eficiente. En este tipo de redes, los sensores tienen un papel fundamental como herramientas de recolección de datos, la cual al final es procesada en información útil que es utilizada en diferentes proyectos o aplicaciones.

En una red de sensores podemos encontrar algunos problemas tales como:

- Costo elevado en hardware y software para el control centralizado de los datos.
- Lecturas erróneas afectadas directamente por el tiempo.
- Dificultad de visualizar variaciones de las lecturas en el tiempo oportuno.
- Falta de integración con servicios en la nube.

## 1.2. Objetivos

La implementación de nuestra solución tecnológica pretende alcanzar los siguientes objetivos:

**Objetivo General:** Establecer la factibilidad de la implementación de un dispositivo que permita enrutar los datos adquiridos de una red Zigbee hacia la nube utilizando la minicomputadora Raspberry Pi y software de código abierto.

## 2. Red de sensores inalámbricos

La red de sensores inalámbricos es una agrupación de dispositivos de sensado intercomunicados por el medio inalámbrico, que poseen una baja capacidad de consumo de energía y permiten la recolección de datos, encontrándose limitados en su capacidad computacional y de comunicación. La principal función de estos dispositivos es el de trabajar de forma colaborativa con los diferentes nodos que existen dentro de la red [1].



Figura 1. MeshLium Xtreme – basado en redes ZigBee [2]

## 3. Minicomputadora Raspberry Pi

Durante mucho tiempo las computadoras han venido evolucionando de una manera muy rápida y uno de los puntos más importantes dentro de los avances tecnológicos ha sido el campo de los micro controladores, que son pequeños dispositivos electrónicos que permiten realizar un sinnúmero de funciones. Estos avances llevaron a la aparición del Raspberry Pi en el año 2006.

El Raspberry Pi [3] es una minicomputadora que posee características similares con una de escritorio pero a bajo costo. Esta minicomputadora no incluye un disco duro sólido pero es necesario una tarjeta SD con una capacidad mínima de 2Gb para cargar el sistema operativo basado en Linux en su versión Debían con la distribución RaspbianWheezy.



Figura 0. Minicomputadora Raspberry Pi

## 4. Servicios en la nube

Computación en la nube [4] es prácticamente un modelo que refiere a un conjunto o agrupación de recursos que son distribuidos y estructurados, estos pueden ser asignados ágilmente y también se pueden liberar de igual forma, con una mínima gestión de parte del proveedor que brinda el servicio. Estos servicios son compartidos públicamente y también pueden ser configurables como por ejemplo: Almacenamiento,

aplicaciones, base de datos, entre otros. Este tipo de servicios traen consigo siempre grandes cantidades de beneficios considerables, principalmente para la economía mundial.

### 5. Descripción de la solución

Nuestro proyecto está basado en la implementación de un dispositivo que permitirá enrutar los datos adquiridos de una red Zigbee hacia la nube utilizando la minicomputadora Raspberry Pi. Los datos provenientes de los sensores de la red serán recolectados utilizando un script desarrollado en el lenguaje Python, para posteriormente ser almacenados en una tabla de una base de datos previamente configurada en el SGBD Mysql. En la parte final se utilizará otro script desarrollado con Python que se encargará de enrutar los datos hacia el hosting llamado siteground [5].

Los servicios en la nube en nuestro proyecto pretenden hacer referencia a todos los beneficios que se tendrán al usar todos los recursos en internet, permitiendo que el proveedor se encargue de manera eficiente y óptima del procesamiento y almacenamiento de datos. Siteground como empresa proveedora de servicios en la nube nos ofrece lo siguiente:

- Disponibilidad: Permite tener los recursos disponibles 24 horas del día y los 7 días de la semana. De manera adicional, el proveedor se encargará de toda la gestión de recursos.
- Movilidad: ya que es un servicio online, vamos a tener disponibles todos los datos recolectados de los sensores desde cualquier parte del planeta, con sólo tener una conexión a Internet.

### 6. Diagrama de Procesos

A continuación se puede observar los diagramas relacionados a los procesos principales de nuestro proyecto.

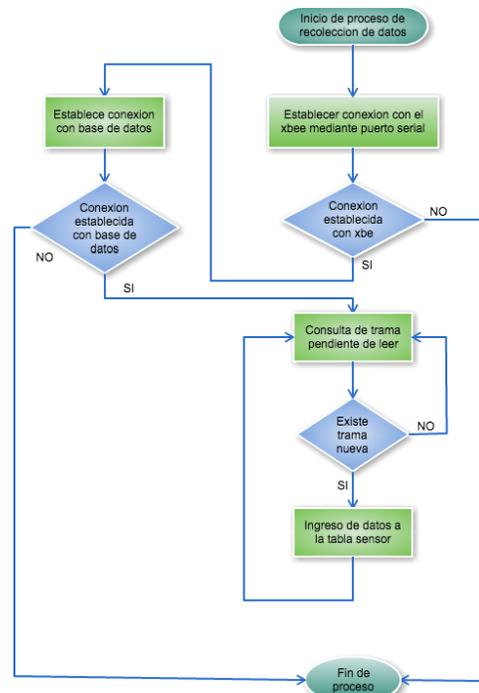


Figura 0. Diagrama de proceso de recolección de datos por parte del dispositivo enrutador

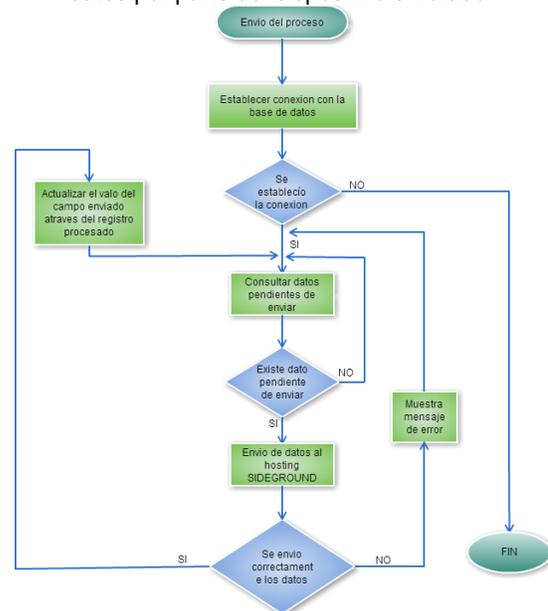


Figura 4. Diagrama de proceso de envío de datos hacia el hosting Siteground

### 7. Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques explicará cómo está formado nuestro sistema de recolección y enrutamiento de datos.

En la siguiente gráfica mostraremos el Bloque del enrutador:



Figura 5. Diagrama de Bloque del Enrutador

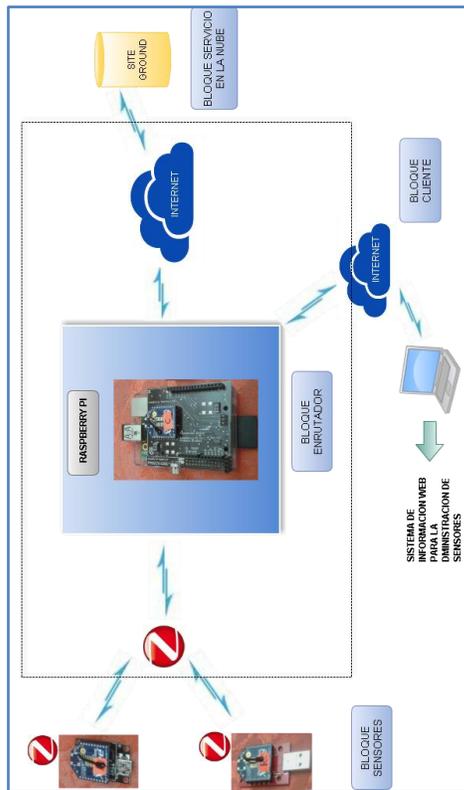


Figura 6. Diagrama de Bloque general

## 8. Arquitectura del Hardware

A continuación se detalla el hardware necesario para la implementación de nuestra solución tecnológica:

- Una minicomputadora Raspberry Pi Modelo B.
- Una tarjeta SD de 8 GB marca Kingston que almacenará el sistema operativo.
- Un adaptador USB wifi 802.11 g/b/n que proporcionará la conexión inalámbrica al enrutador.

- Dos módulos Xbee Series 2, que proporcionarán la comunicación inalámbrica bajo el estándar Zigbee.
- Un Raspberry Pi Shields Connection Bridge cooking-hacks, que es un dispositivo creado por la empresa cooking hacks, que nos brindará la conectividad y comunicación con el Xbee coordinador.
- Un Xbee Explorer, que permitirá la configuración de parámetros de los dispositivos Xbee.

## 9. Arquitectura del Software

Nuestro dispositivo contará en la parte de software con dos scripts desarrollados con el lenguaje Python y un aplicación web para la gestión de datos de la red ZigBee.

- Script de recolección de datos Para que nuestro dispositivo funcione correctamente tiene que tener un script que inicialice la captura de la trama enviada por los sensores desde la red ZigBee.
- Script de envío de datos hacia la nube Este script es muy importante ya que él se encargará de enviar la información a la nube para ser almacenada y usada posteriormente como lo requiera el usuario.
- Aplicación web para la gestión de los datos de la red Zigbee La herramienta PHP generator for MySQL [7] en su versión gratuita nos permitirá generar el código basado en PHP de nuestra aplicación web para la gestión de datos de la red Zigbee.

## 10. Diseño de Pruebas de la solución

Para poder probar nuestra solución tecnológica, crearemos un ambiente controlado con la simulación de 2 sensores con comunicación Xbee, para lo cual contaremos con 2 computadoras con la distribución Linux Ubuntu [8], las mismas que tendrán recargada las configuraciones necesarias para que nuestro script plantilla funcione.

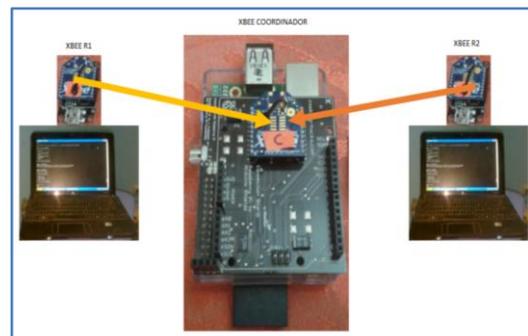


Figura 7. Diseño de escenario y simulación de sensores

Las pruebas que sometimos a la solución tecnológica son básicamente en la trasmisión y recepción de los datos, con la finalidad de detectar algún punto en que se pierda la comunicación o se llegué a saturar el procesador de la minicomputadora Raspberry Pi. Para la prueba se utilizó 2 sensores Xbee que funcionaron al mismo tiempo. Ambos sensores enviaban datos al receptor con dos segundos de diferencia, ocasionando pérdidas de tramas en algunos instantes.

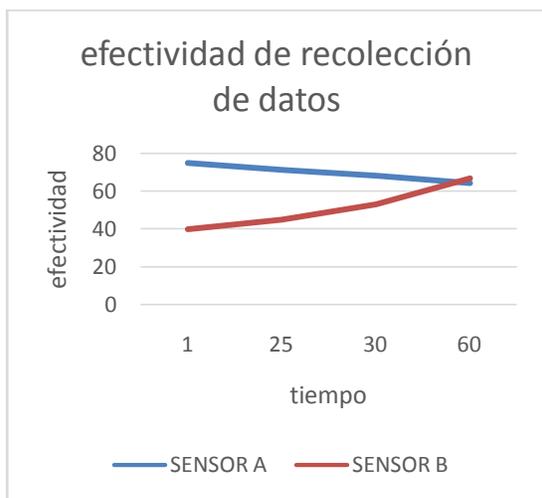
### 10.1. Análisis de resultados

Se puede apreciar que conforme el tiempo transcurre, hay un incremento en la perdida de datos, pero la comunicación con los servicios en la nube continua de forma eficiente.

**Tabla 1.** Análisis General de efectividad transcurrido 1 hora en tiempo

SENSOR	FRAMES x min (ENAVIADOS)	RECIBIDOS	PERDIDOS	% DE PERDIDA DE FRAMES	% DE EFECTIVIDAD	TIEMPO
SENSOR A	600	387	213	35,5	64,5	1H
SENSOR B	480	321	159	33,125	66,875	1H

Una vez obtenida la información procedemos a mostrar las gráficas de Efectividad con respecto al tiempo



**Figura 8.** Efectividad de recolección de datos

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los datos ya expuestos podemos concluir lo siguiente:

1. Al momento de iniciar el proceso de recolección de datos, los recursos de la minicomputadora Raspberry Pi llegan a su máxima capacidad.
2. Debido a la capacidad de nuestro Raspberry Pi, la comunicación con los Xbee es muy limitada, así mismo si se conecta más de 3 sensores en el Raspberry PI este puede llegar a colapsar o enviar información errónea debido a los problemas antes mencionados.
3. Los procesos que realizan un consumo significativo de memoria y CPU son del servidor web APACHE y del motor de la Base de datos MySQL.
4. Con todos los beneficios que se encuentra implícitos en el concepto de computación en la nube, podemos considerar que nuestra propuesta, tendría éxito a gran escala únicamente mejorando la capacidad de procesamiento y memoria de nuestro Raspberry Pi.
5. Cabe recalcar y destacar que hemos utilizado la tecnología ZigBee para mejorar la arquitectura de comunicación entre dispositivo y dispositivos, ayudando a tener un éxito rotundo al momento del envío, captura, y almacenamiento de datos.

En este proyecto se han abierto una gama de posibilidades de ampliación en temas de investigación, que se deberían tener en cuenta y que consideramos que son muy importantes. Nuestras recomendaciones con respecto a nuestro proyecto son las siguientes:

1. Realizar pruebas con dispositivos de mayor capacidad de procesamiento como es el caso de la minicomputadora Raspberry Pi 2.
2. Plantear nuevos escenarios de pruebas, donde los sensores puedan estar a distintas distancias con respecto al enrutador con la finalidad de medir el porcentaje de efectividad en la comunicación entre ellos.
3. Realizar pruebas con otros tipos de módulos Xbee en el lado del enrutador con la finalidad de medir el porcentaje de efectividad en la recolección de los datos emitidos por los sensores de la red Zigbee.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANTONIO y J. M. R. C. MOLINA MARTÍNEZ, Automatización y telecontrol
- [2] libelium, «libelium,» libelium, 01 01 2006. [En línea]. sitio web: <http://www.libelium.com/libelium-images/generico/wsn-475.png>. [Último acceso: 25 04 2015].

- [3] de sistemas de riego, Murcia-España: marcombo ediciones técnicas, 2010, p. 371.
- [4] M. R. a. S. Wallace, Getting Started with Raspberry Pi, United States of America.: O'Reilly Media, Inc., 2013.
- [5] D. C. J. d. Parga, Cloud computing: retos y oportunidades, Madrid: Fundación Ideas, 2011.
- [6] siteground, «siteground,» [En línea]. sitio web: <https://www.siteground.com/>.
- [7] sqlmaestro.com, «sql maestro,» 2014. [En línea]. sitio web: [https://www.sqlmaestro.com/products/mysql/php generator/](https://www.sqlmaestro.com/products/mysql/php-generator/)
- [8] R. Barra, «placer digital,» 18 10 2011. [En línea]. sitio web: <http://placerdigital.net/que-es-ubuntu-por-que-usarlo-y-como-probarlo/>.