



Sistema de monitoreo remoto de parámetros de generación de un sistema híbrido: desarrollo e implementación en la 1ra División de Caballería - Gral Bernardino Caballero, Chaco Paraguayo

**Alejandro Kennedy, Enrique Flecha, Clara Almirón, Jorge Arrúa, Juan Mallorquín, Raj
Kumar, Tamatiá Colmán.**

Fundación Parque Tecnológico Itaipu

Paraguay

RESUMEN

La utilización de WSNs (Red de sensores inalámbricos, por sus siglas en inglés) para la adquisición de datos meteorológicos surge como una opción viable y sin la restricción de un costo elevado requerido para otros tipos de soluciones ofrecidas en el mercado. Escalabilidad, versatilidad a la hora de adicionar nuevos sensores, autonomía energética, bajo costo y relativa fácil instalación de los nodos sensores son algunas de las ventajas que podemos asociar al uso de las WSNs para sistemas de monitoreo. Dependiendo del equipo y marca seleccionada para el desarrollo de los nodos sensores, se pueden obtener distintos resultados con respecto a robustez de encapsulados, confiabilidad en la transmisión de datos y alcance de transmisión inalámbrica lograda. Sin embargo, la posibilidad de localizar el nodo sensor en cualquier ubicación donde se logre alcance de radio para la transmisión de los datos implica una ventaja considerable con respecto a sistemas cableados tradicionales

En este trabajo se presenta la experiencia en el desarrollo e implementación de un sistema de adquisición, gestión y transmisión de datos de una estación de monitoreo instalada en la planta de generación híbrida eólica/solar con respaldo de un grupo electrógeno diesel situada en una localidad aislada en el Chaco Paraguayo, hasta el Centro de Datos del PTI ubicado en la ciudad de Hernandarias.

PALABRAS CLAVES

WSN, ZigBee, SBC, monitoreo remoto, Daemon, PostgreSQL, Java.



1. INTRODUCCIÓN

En la localidad de Joel Estigarribia del Departamento Boquerón - Chaco Paraguayo, se encuentra instalada la primera planta de generación de energía Híbrida Solar/Eólica/Diesel del Paraguay, proyecto denominado SELAC (Seguridad Energética en Localidades Aisladas del Chaco Paraguayo) llevado a cabo por el Centro de Innovación en Automatización y Control (CIAC) de la Fundación Parque Tecnológico Itaipu – Paraguay (FPTI-Py) y el apoyo de la Asesoría de Energías Renovables (ER.GP) de la Itaipu Binacional. A fin de monitorear el correcto funcionamiento de la planta, fue desarrollado un sistema de monitoreo online que permite, tanto la adquisición de los datos de producción de la planta, como también, la medición de ciertas variables meteorológicas mediante el uso de tecnologías de red inalámbrica de sensores. Los datos meteorológicos son obtenidos por los nodos Sensores, luego enviados y almacenados a un nodo de la red de sensores, denominado nodo Administrador.

La planta de generación híbrida posee un sistema gestor de la generación híbrida (SGH), que entre una de sus funciones es registrar las variables correspondientes a la generación y suministro de energía eléctrica. Dichos datos son almacenados y disponibilizados mediante un servicio integrado en el SGH.

Con el fin de visualizar los datos tanto de la red de sensores inalámbricos como del sistema de generación híbrida, se desarrolló un sistema capaz de adquirir los datos de ambas fuentes y transmitirlos vía internet al Data Center del Parque Tecnológico Itaipu – Paraguay, situado en la ciudad de Hernandarias, en donde se posee una interfaz web para la visualización de los mismos.

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA

El sistema de Monitoreo desarrollado para el proyecto SELAC cuenta con dos módulos:

- a- El primer módulo encargado de la adquisición de los parámetros eléctricos de energía, esto mediante la sincronización de los datos directamente del SGH, equipo encargado de gestionar y controlar la producción/distribución de la Usina híbrida Eólica/Solar/Diesel.
- b- El segundo módulo encargado de gestionar una red inalámbrica de sensores que miden variables meteorológicas mediante el uso de la tecnología de comunicación inalámbrica llamada ZigBee, basada en el estándar IEEE 802.15.4

Para concentrar localmente toda la información adquirida, son utilizados dos dispositivos SBC (Single Board Computer) denominados RP-SGH Y RP-WSN, para tanto la recepción de los datos de los distintos nodos sensores y su posterior sincronización de todos los datos a un servidor remoto que está ubicado en el DATA CENTER del PTI-Paraguay. Cabe destacar que ésta sincronización entre los SBC y el servidor remoto utiliza un servicio de Internet Satelital disponible en el destacamento, con un ancho de banda no dedicado de 256kbps.

Para la comunicación con el Sistema de Redes de Sensores Inalámbricos (WSN siglas en inglés Wireless Sensor Network) fue utilizado la tecnología ZigBee (basado en el estándar IEEE 802.15.4), la cual aprovecha el conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrico a para su utilización con radiodifusión digital. Además para la adquisición de los datos de producción del SGH fue instalado un enlace microondas entre el centro de comunicación y el centro de generación híbrida.

Estos enlaces son conectados a un ruteador, el cual es conectado a un sistema de comunicación satelital por el cual los datos adquiridos de los diferentes equipos son sincronizados con el servidor vía internet. (Figura. 1).

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

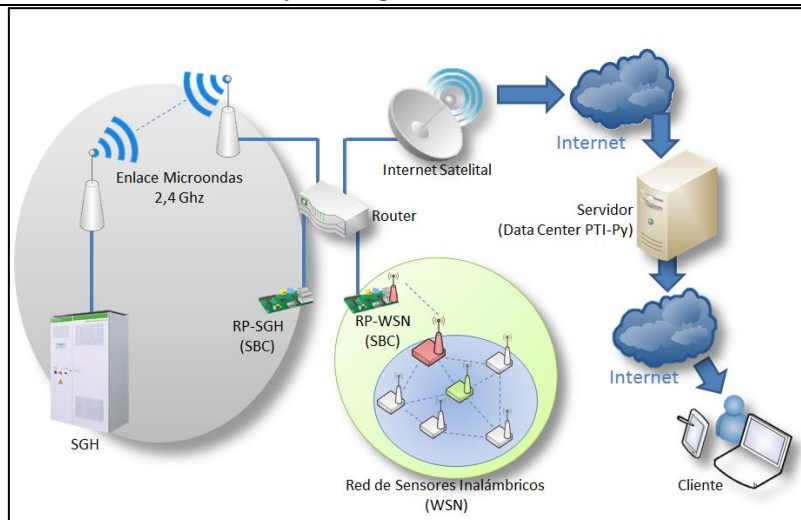


Figura. 1 - Arquitectura general del sistema de Monitoreo del SELAC

En la Figura. 2 se presenta un gráfico de bloques simplificado del sistema y los equipos encargados de la adquisición de todos los sensores instalados para el sistema de monitoreo.

Como mencionado los **datos de producción** de la planta de generación híbrida son adquiridos desde el centro de la generación híbrida (SGH), tales datos son adquiridos y almacenados por el **concentrador RP-SGH**, compuesto básicamente por un ordenador de placa reducida (SBC). El protocolo de red utilizado para la transferencia de tales datos es el **FTP** (Protocolo de Transferencia de Archivos, por sus siglas en inglés).

Para la adquisición de los datos del sistema de **redes de sensores inalámbricos (WSN)**, existe un **concentrador de datos (RP-WSN)**, encargado de comunicarse con el coordinador de red WSN mediante el uso de un **protocolo de comunicación desarrollado por el CIAC**. Cabe destacar que tal protocolo fue desarrollado teniendo en cuenta las siguientes especificaciones: auto-sincronización, robustez, bajo consumo.

Posterior a la adquisición de datos pertenecientes a los sistemas WSN y SGH, los concentradores de datos (RP-WSN y RP-SGH), realizan la sincronización de la información vía internet con el servidor del sistema.

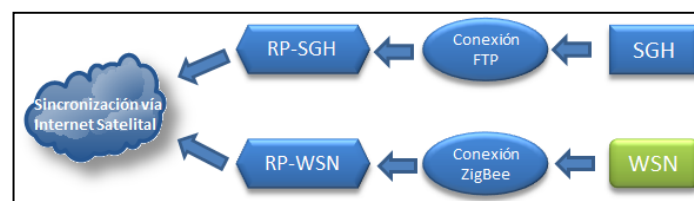


Figura. 2 – Diagrama de bloques simplificado del Sistema de Adquisición y Sincronización de Datos

2.1. Descripción de la Red de Sensores Inalámbricos

2.1.1. Estructura general de la Red de Sensores Inalámbricos

La red de sensores inalámbricos está compuesta por cinco nodos distribuidos en varios puntos de la planta de generación de energía híbrida, cada uno de estos nodos son autónomos a través de un sistema de alimentación solar compuesto por paneles solares, reguladores de carga y baterías.

En la Figura 3 se observa la localización de cada uno de los nodos sensores.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

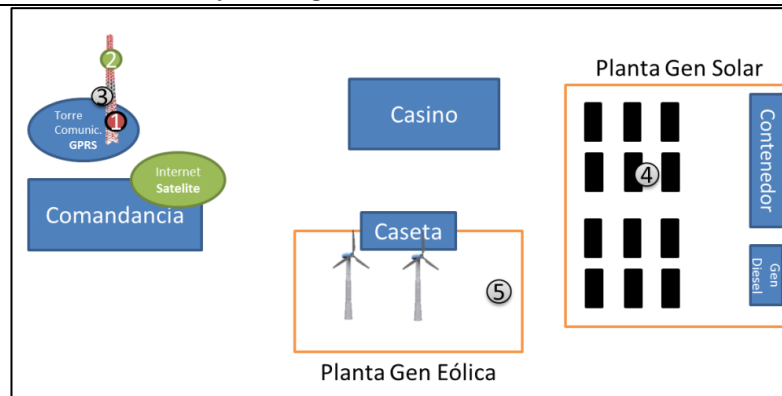


Figura. 3 – Localización de los nodos del WSN

2.1.2. Descripción de los nodos sensores

A continuación se describen cada nodo del WSN:

Nodo 1: denominado nodo concentrador, es el nodo que recibe las mediciones de todos los otros nodos mediante transmisión RF utilizando el estándar ZigBee. Además, transmite los datos a la SBC que posee conexión a internet y envía los datos a la base de datos remota.

Nodo 2: denominado nodo repetidor, se encuentra instalado en la torre de comunicaciones, a una altura de 30 metros del suelo. Su función es extender al máximo el alcance de los nodos que se distribuyan en el Destacamento, logrando línea de vista con los mismos en la mayor cantidad de casos posibles.

Nodo 3: denominado nodo MET-1, este nodo se encuentra instalado a 10 metros de altura del suelo en la torre de comunicaciones del Destacamento. Tiene conectado un sensor para medir la dirección y velocidad del viento (anemómetro). La unidad de medida es Km/h.

Nodo 4: denominado PIR-1, en éste nodo es conectado un sensor de radiación solar global (piranómetro). Este sensor se encuentra instalado con la misma inclinación que los paneles solares de la Planta y en su misma ubicación. La unidad de medida de las mediciones es en W/m².

Nodo 5: denominado MET-2, se encuentra instalado en el interior del parque eólico a una altura de 1.5 metros del suelo y toma mediciones de humedad relativa (Unidad de medida: %RH), presión atmosférica (kPa), temperatura ambiente (°C) y precipitación (mm/h).

2.2. Subsistema de Adquisición de Datos

Son procesos desarrollados para la adquisición de datos tanto de la red de sensores inalámbricos como también del equipo concentrador SGH. Estos procesos son totalmente autónomos y están instalados en las SBC.

2.2.1. Daemon SGHD

Es el proceso encargado de obtener los datos de producción de energía generados por el equipo de SGH que genera una serie de archivos que contienen los datos de gestión de producción de energía. El equipo de SGH tiene integrado un servidor de FTP el cual permite transferir los archivos. Entonces el daemon SGHD por medio del protocolo FTP obtiene los datos y los almacena en su unidad de almacenamiento.

El daemon SGHD posee una serie de parámetros utilizados para su funcionamiento que se cita a continuación:

- IP, Puerto, Usuario y Contraseña del servidor FTP
- Timeout de la conexión al servidor FTP
- Intervalo de ejecución del daemon
- Activación de un log del sistema
- Directorio de almacenamiento de los archivos obtenidos
- Directorio de almacenamiento del Log del sistema

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

- Expresión regular de los archivos a ser descargados
- Tamaño máximo del LOG del sistema

Todos estos parámetros son configurables, también cabe destacar que el log generado por el sistema registra los eventos más relevantes y cualquier error eventual que ocurra en el sistema.

2.2.2. Daemon WSND

El daemon WSND es encargado de adquirir los datos de la red inalámbrica de sensores. La red inalámbrica de sensores cuenta con varios nodos sensores, los datos obtenidos por los sensores son enviados vía conexión Zigbee al nodo concentrador, este concentrador envía a la SBC RP-WSN los datos obtenidos por los sensores en formato de tramas, el daemon WSND es el encargado de leer esas tramas y almacenar en un archivo para su posterior sincronización.

Los parámetros de configuración aplicados al WSND son los siguientes:

- Velocidad de baudios
- Bits de paridad
- Bits de datos
- Bits de stop
- Timeout de la conexión serial
- Directorio de almacenamiento de archivos
- Activación del LOG del sistema
- Directorio del LOG del sistema
- Tamaño máximo del LOG del sistema

Estos parámetros pueden ser configurados según las necesidades que se requieran.

2.3. Subsistema de sincronización de datos

2.3.1. Daemon dropsyncd

Es el proceso encargado de la sincronización de los datos por medio de la implementación de un servicio en la nube. Este daemon se encuentra instalado en las dos SBC RP-SGH y RP-WSN, este lista los archivos almacenados en las SBC y por medio del hashMD5 determina cuanto el archivo es actualizado y lo sincroniza.

El dropsyncd posee una función que bloquea la sincronización de un archivo mientras está siendo escrito por los daemons de adquisición de datos correspondientes, asegurando así que se tenga el archivo completo antes de sincronizar, ya que estos procesos funcionan en simultáneo.

Los parámetros configurables que posee el dropsyncd son los siguientes:

- Directorio de archivos en la nube
- Token de acceso a la plataforma
- Directorio del LOG del sistema
- Activación del LOG del sistema
- Directorio del archivo de seguridad para la sincronización
- Directorio local de archivos
- Intervalo de proceso
- Delay de la primera ejecución
- Directorio del archivo que contiene el hashMD5 de los archivos

2.4. Subsistema de lectura y persistencia de datos

2.4.1. Daemon zserverd

El daemon zserverd se ejecuta en el servidor del Data Center del Parque tecnológico Itaipu - Paraguay, este se encarga de la lectura, interpretación y persistencia de los archivos sincronizados.

Posee procesos de control de archivos para identificar cuáles son los archivos nuevos o actualizados a ser procesados. Para los archivos que son actualizados se cuenta con un proceso de verificación de tramas para determinar las tramas nuevas a ser procesadas.

El proceso lee el archivo trama por trama e identifica las variables medidas por medio de expresiones regulares, luego de que se hayan leídos todos los archivos, los datos son insertados a la base de datos.

2.5. Interfaz web para consulta de datos

El como parte del sistema se desarrolló una interfaz web para la visualización de los datos obtenidos mediante gráficos posibilitando al usuario la selección del rango deseado.

Dicha interfaz consulta directamente la base de datos en donde persisten los datos almacenado por el subsistema de lectura y persistencia de datos.

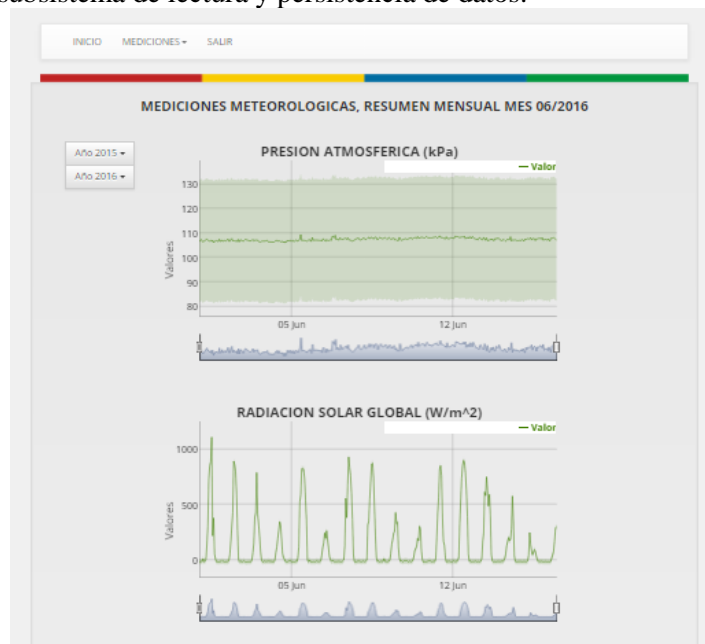


Figura 4 – Sistema de web para consulta de datos

3. CONCLUSIÓN

El sistema de monitoreo proporciona un soporte que permite al personal técnico visualizar de forma remota por medio de una interfaz web, las condiciones meteorológicas en la cual se encuentra operando la planta híbrida de generación de energía eléctrica, además de permitir el monitoreo de los parámetros de producción de energía, a modo de cuantificar la energía generada por cada uno de los componentes de la planta.

También proporciona una base de datos en donde quedan almacenados todo el historial de medición que puede servir de base para futuros estudios.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Zennaro, "Introducción a las Redes de Sensores Inalámbricos", ed, 2010.
- [2] P. Hyde, "Java Thread Programming", 1991.
- [3] E. R. Harold, "Java Network Programming". O' RELLY, 2013.
- [4] R. Faludi, "Building Wireless Sensor Networks". O' RELLY, 2010.
- [5] A. Milani, "PostgreSQL – Guia do Programador", Novatec, 2008.