

DISEÑO DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN WIRELESS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS DE OPERACIÓN DE UNA TURBINA EÓLICA DE 400W

Marriaga Barroso, Angie Paola (1), Rangel Hernández, Victor Hugo (2)

¹ [Ingeniería Electrónica, Universidad de la Costa - CUC, Barranquilla, Colombia] | Dirección de correo electrónico: [angiemarriagabarroso@gmail.com]

² [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de ingenierías, Campus Irapuato - Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [vrangel@ugto.mx]

Resumen

La energía eólica alcanza un porcentaje significativo en la generación de energía eléctrica en el mundo, por tanto, se hacen necesarias acciones que lleven a mejorar la eficiencia y prever el buen funcionamiento de los equipos que la generan. Una de las acciones consiste realizar monitoreo de las variables que influyen en la energía de una turbina eólica y la cantidad de energía que esta genera, para así posteriormente analizar el funcionamiento de estos equipos y prever posibles fallas y mejoras. En este artículo se realiza un análisis de la tecnología más viable para realizar monitoreo de variables ambientales y físicas en turbinas eólicas basando en la ubicación de la turbina adquirida y el espacio donde se encuentra ubicada, además del diseño de la red con materiales de fácil adquisición y usados para el monitoreo y por último la manera de visualización de estos datos de forma remota.

Abstract

Wind energy reaches a significant percentage in the generation of electricity in the world, so necessary actions leading to improve efficiency and provide for the proper functioning of equipment that generate true. One of the actions is to perform monitoring of the variables that influence the energy of a wind turbine and the amount of power it generates. So then analyze the operation of this equipment and anticipate potential failures and improvements. This article presents an analysis of the most viable for monitoring environmental and physical in wind turbines variables technology basing on the location of the turbine acquired and space where it is located, also to the network design with materials readily available is made and used for monitoring and finally ways to display these data remotely.

Palabras Clave

Energía Eólica; Monitoreo remoto; Variables ambientales;

INTRODUCCIÓN

La energía Eólica juega un papel importante dentro de las energías amigables con el ambiente, según el reporte anual de la situación actual de este tipo de energías dado en el año 2015 por la REN21 (Red mundial de políticas en Energías Renovables) termino el año con una capacidad energética de 370GW, un aumento considerable con respecto al año anterior. Esta energía abastece el 20% de las necesidades en países como España, Nicaragua, Portugal y Dinamarca. En el mercado de las energías eólicas tanto en producción como en inversión destacan países como China, Alemania, USA, Brasil, India y España que han visto en esta tecnología la opción menos costosa para capacidades nuevas en la generación de energía [1]. En la actualidad México por su ubicación geográfica, abundantes recursos naturales y potencial para la fabricación de equipos (bajos costos y mano de obra calificada) está siendo uno de los pioneros en el uso de energías renovables en América Latina [2]. Con el aumento considerable de energías eólicas, se introducen métodos para mejorar los sistemas y aprovechar al máximo su capacidad energética, Entre los que están: Estudios con software y equipo actualizado para la instalación de turbinas y parques eólicos; sistemas de monitoreo para obtener información de las turbinas para realizar investigaciones, análisis y estimación de mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos; sistemas de control on/off, orientación de la turbina y posición de las palas; Entre otros.

Algunos trabajos realizados anteriormente en los casos de monitoreo ha hecho uso de tecnología inalámbrica, como es el caso del realizado por Duran y Garcia de la Universidad de Pamplona en Colombia [3], donde se supervisa y controla un aerogenerador, adquiriendo datos como temperatura, humedad, dirección del viento y posición de la turbina, luego esta información es enviada de manera inalámbrica por medio de Arduino y Xbee para ser visualizada en una interfaz gráfica desarrolla en LabView, con base a estos datos el usuario puede modificar la posición

de la turbina con respeto al eje vertical. Onur, Ismet, Haktan, Alpaslna y Zeki, de la universidad de Dokuz Eylul en Turquía [4], implementaron una red de sensores inalámbricos (WNS) que monitorea temperatura, humedad, velocidad del viento y potencia de una turbina eólica, estos datos son enviados por medio de Arduino y Xbee a una computadora que funciona como servidor web y pueden ser consultados desde cualquier dispositivo que se encuentre conectado a internet. Este tipo de diseño se desarrolla con el fin de monitorear varias turbinas eólicas (diseño beneficioso para parques eólicos). Otras investigaciones como es el caso de la realizada por Gaurav, Mittal, Vaiday y Mathew de la Universidad VIT en India [5], en la cual se realizan un sistema de monitoreo para un sistema de energía solar y eólica basado en el estándar GSM. Se compone de sensor de luz, humedad, temperatura y velocidad del viento, los datos generados por estos son adquiridos y procesados por medio de un Microcontrolador 8051 y se realiza el envío de la información a un teléfono ubicado en la estación de monitoreo usando un Módulo GSM.

A continuación, se presenta una breve conceptualización de las tecnologías inalámbricas en general, aplicaciones en las que suelen usarse y descripción de la tecnología utilizada. Luego se presentan los materiales usados y diseño de la estructura de la red. Después se describe el diseño de la aplicación web y desarrollo de la base de datos para el registro de la información.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para facilitar el desarrollo del proyecto, se dividió en 3 etapas: Análisis de los sistemas wireless usados en el mercado, Diseño del sistema de monitoreo wireless con tecnología WiFi, Desarrollo del aplicativo web y base de datos.

Análisis de los sistemas Wireless usados en el mercado

Para realizar el monitoreo remoto de aplicaciones en distintos campos como: energías renovables, telemedicina, automatización entre otros, se puede hacer uso de tecnologías tanto cableadas como inalámbricas. Pero específicamente en la energía eólica resulta más viable el uso de un sistema

inalámbrico, debido a que las turbinas usadas generalmente se encuentran ubicadas a alturas considerables y lugares distantes de un centro de control.

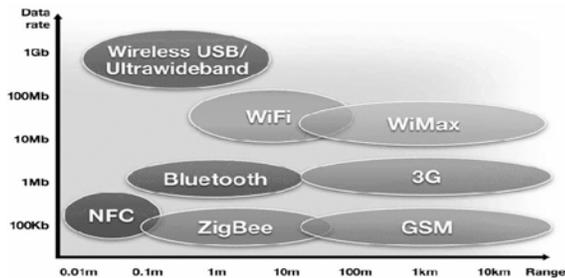


Imagen 1. Comparación tecnologías inalámbricas con respecto a su rango de cobertura y velocidad de datos [6]

En la imagen 1 muestra los tipos de tecnologías inalámbricas comparadas entre velocidad de transmisión y rango de cobertura. De las tecnologías ilustradas no se tuvo en cuenta: NFC por ser de corto alcance y usada generalmente para identificación de usuarios [7], ni Wireless USB por no usarse para este tipo de aplicaciones, este tipo de tecnologías está siendo usadas para interconectar periféricos de cómputo.

Tabla 1. Comparación entre tecnologías inalámbricas [8]

Tecnología	Bluetooth	ZigBee	WiFi	WiMax	GSM
Estándar	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11	IEEE 802.16	GSM
Tipo de red	WPAN	WPAN	WLAN	WMAN	WWAN
Rango de alcance	10mts	100mts	100mts	1 - 15 Km	5 - 50 Km
Frecuencia	2,4Ghz	915Mhz y 2,4Ghz	2,4Ghz	2,3Ghz y 5Ghz	850-900-1800-1900 Mhz
Tasa de transmisión	1Mbits/s	250Kbits/s	54Mbits/s	100Mbits/s	115Kbits/s
Modulación	GFSK	BSPK, O-QPSK	BPSK, QPSK	OFDM	GSMK
Licenciada	No	No	No	Si	Si

Se tomaron parámetros básicos y relevantes en el diseño para comparar las tecnologías inalámbricas de posible uso. Se escoge la tecnología WiFi para realizar el diseño de la red de monitoreo ya que cumple con las características de: extensión de área geográfica, buen rango de alcance, tasa de transmisión necesaria para el envío de datos y el campus cuenta con acceso a red WiFi de manera constante y fiable. En la tabla 1 se observan los datos obtenidos de la investigación de cada parámetro según el tipo de tecnología.

Diseño del sistema de monitoreo wireless con tecnología WiFi

En el diseño de una red de monitoreo de una turbina eólica, es fundamental partir de la selección de: Tipo de turbina a monitorear, protocolo de comunicación, la plataforma del microcontrolador, los sensores para la adquisición de variables y la interfaz para visualización de datos [4].

La turbina eólica para este diseño corresponde a la AIR30 fabricada por Primus Wind Power, esta turbina tiene un peso de 6kg, una velocidad de encendido de 8mph, una generación aproximada de 30kWh/mes con vientos de 12mph, soporta una velocidad de viento hasta de 110mph y posee una potencia de 400W. Esta turbina funciona a 12V y posee un banco de baterías que proveen su encendido y almacenamiento de la energía.

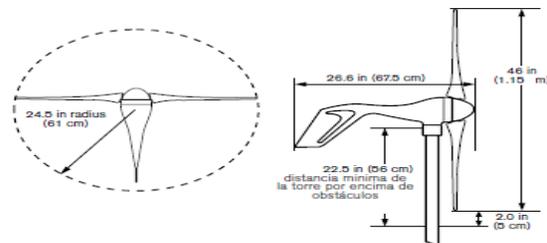


Imagen 2. Medidas de turbina eólica AIR30 [9]

El protocolo de comunicación fue escogido en la sección anterior con base a las necesidades y análisis de tecnologías existentes en el mercado. El módulo inalámbrico WiFi para este diseño es el ESP8266 fabricado por sparkfun, es un chip integrado (SoC) que contiene la pila de protocolo TCP/IP y puede dar acceso a cualquier microcontrolador a una red WiFi. Funciona a 3.3V y necesita una corriente de arranque de

aproximadamente 215mA (Se debe utilizar un regulador de voltaje que prevea la corriente y voltaje necesarios, se utiliza el AMS1117). [10]

Se utiliza como plataforma del microcontrolador la placa Arduino que permite la creación de prototipos con código abierto basado en el fácil uso del software y hardware. Las placas permiten realizar lecturas de entradas, procesar estas lecturas y realizar acciones que se ven reflejadas a sus salidas, por la cantidad de entradas y conexiones que se deben realizar. Se utiliza la placa Arduino Mega2560 como microcontrolador central del sistema, que se encarga de procesar la información de los sensores, encapsularla y enviarla a internet por medio del módulo. [11]

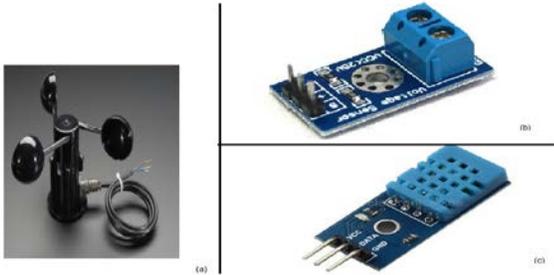


Imagen 3. (a) Anemómetro, (b) sensor de voltaje para Arduino, (c) DHT11 Sensor de Humedad y temperatura.

Los sensores para el diseño se utilizan con base a las necesidades y con bajos consumos de energía para prever auto sostenibilidad del sistema y su supervivencia. Un sensor de velocidad de viento o anemómetro se muestra en la Imagen 3(a), trabaja a 15V y posee una salida analógica (0.4V – 2.0V) lo cual cubre un rango de medición de 0 m/s – 50 m/s. Un sensor de voltaje imagen 3(b) el cual trabaja entre 3.3V y 5V y permite lecturas de hasta 25V. Para la temperatura promedio y humedad relativa se utiliza un sensor combinado con salida digital. DHT11 imagen 3(c) posee un rango de 0 – 100% de humedad relativa y temperatura de - 40°C a +125°C y voltaje de trabajo 3.3V – 5V.



Imagen 4. Diseño de arquitectura para monitoreo de turbina eólica UG

Se procedió a realizar el diseño de la red basado en la arquitectura Cliente - Servidor. El sistema de adquisición y envío de datos formado por: el grupo de sensores de variables físicas y ambientales (Temperatura, Humedad, Corriente, Voltaje y Velocidad del viento), El Arduino Mega 2560 y el módulo de comunicación. Este sistema actúan como cliente en la arquitectura y poseen una conexión a internet que permite el acceso al servidor Web, donde se almacena en una base de datos la información proveniente del sistema, esta información es procesada para su posterior visualización. De manera remota los usuarios por medio de una URL y conexión a internet puedan acceder a la información en tiempo real y a históricos de gráficos. En la imagen 4 se observa la arquitectura de red del diseño general.

Desarrollo del aplicativo web y base de datos

Se utiliza la plataforma Heroku para desarrollar la base de datos y aplicación web, esta plataforma es un servicio de computación en la nube con la capacidad de soportar distintos lenguajes de programación web y base de datos. Se usa el lenguaje PHP para web (adecuado para el desarrollo de web ya que puede ser embebido en HTML) y MySQL como gestor de la base de datos que se reciben por parte del Arduino. Al crear una aplicación en Heroku se genera una URL donde se pueden consultar en tiempo real los avances que

se realizan en el aplicativo.



Imagen 5. Pestaña para consulta en línea de medidas de sensores actuales

Existen tres pestañas principales dentro de la página web: la inicial, donde se encuentra una breve descripción sobre el proyecto y funcionamiento de este, la pestaña acerca del proyecto donde se describe el motivo de la investigación realizada y la pestaña de consulta de Turbina UG en imagen 5, en esta pestaña se puede observar las mediciones actuales de los sensores, del último mes o un periodo personalizado, además de generar un archivo en Excel o gráficos para el análisis

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se definió la tecnología WiFi como una alternativa para el monitoreo remoto de variables ambientales y físicas de una turbina eólica, con base a los puntos expuestos en la sección anterior. Además de diseñar la red en relación con los materiales de fácil adquisición y uso de software libre, desarrollando el código de programación inicial. Se implementó la plataforma heroku como servidor web, donde se ubica la base de datos y aplicación, puede ser consultada en <http://turbinaeolica-ug.herokuapp.com/>. Esta plataforma permite fácilmente a migrar otros lenguajes de programación.

CONCLUSIONES

Para el campus Salamanca – Irapuato la solución tecnológica más viable para realizar el monitoreo remoto de la turbina eólica es la tecnología WiFi, ya que el campus posee una fiable conexión para WiFi para dispositivos dentro del área de cobertura. Otras tecnologías como Bluetooth y

ZigBee serían una opción viable para menor extensión y que requiera menos tasas de transmisión, para estas tecnologías se necesita una conexión punto a punto para la transmisión lo que agregaría más dispositivos y mayores costo. ZigBee es una alternativa para redes de sensores (una turbina necesitara conexión con otra). WiMax es un sistema licenciado lo que conllevaría a mayores costos en el diseño e implementación. GSM sería la alternativa de mayor cobertura y de fácil configuración, pero por la ubicación del campus no existen repetidoras de telefonía móvil que den servicio a todas las zonas del campus.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guanajuato por permitirme vivir una experiencia de investigación internacional y por su apoyo económico y asesoría durante todo el proceso.

Al Ph.D Victor Rangel quien asesoro el desarrollo de esta investigación y me permitió trabajar en conjunto con su equipo de investigación en este verano.

REFERENCIAS

- [1] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. (2015). Reporte de la situación mundial de las energías renovables 2015, REN21, 10. . [citado 21 Junio 2015], Recuperado de http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/GSR2015_Key-Findings_SPANISH.pdf
- [2] Pro México, Inversiones y Comercio. (2015). Sector de energías renovables en México. [citado 19 Junio 2015], Recuperado de http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector
- [3] Durán Acevedo, C. M & Garía Sierra, H.L. (2013). Desarrollo de un sistema inalámbrico para la supervisión y control de un aerogenerador. Tecno.Lógicas, Edición especial, 395-409.
- [4] Onur, K., Ismet, A., Haktan, K., Alpaslan, T & Zeki Kiral. (2012). Monitoring and determination of wind energy potential by web based wireless network. 11th International conference on machine learning and applications – IEEE Computer Society, 526-530.
- [5] Gaurav, D., Mittal, D., Vaidya, B., Mathew, J. (2014). A GSM Based low cost weather monitoring system for solar and wind energy generation. Applications of Digital Information and Web Technologies (ICADIWT), 2014 Fifth International Conference on the – IEEE, 1-7.
- [6] Crespo, G. (2011). Análisis de gráficas. [citado 9 Julio 2015], Recuperado de: <http://abain11gcl.blogspot.mx/2011/03/analisis-de-graficas.html>

- [7] Bueno Delgado, M. V., Pavón Mariño, P & De Gea García, A. (2011). La tecnología NFC y sus aplicaciones en el entorno universitario. ETSIT-UPCT, 2, 11-20.
- [8] Viloría Nuñez, C., Cardona Peña, J & Lozano Garzón, C. (2009). Analisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina. Ingeniería y Desarrollo, 25, 201-217.
- [9] Primus Wind Power, Inc. (2013). Air Manual de usuario. [citado 19 Julio 2015], Recuperado de: http://primuswindpower.com/files/2213/8972/7061/Primus_Air_Manual_Spanish.pdf
- [10] Sparkfun. (2015). Wifi Module – ESP8826. [citado 14 Julio 2015], Recuperado de: <https://www.sparkfun.com/products/13678>
- [11] Arduino. (2015). Arduino Mega 2560 & Arduino Genuino Mega 2560. [citado 14 Julio 2015], Recuperado de: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>