

Nodo sensor inalámbrico autoalimentado por cosecha de energía aplicado a domótica.

Trabajo Terminal No. 2019-A020

Alumnos: González Hinojosa Emiliano, Rosillo Enciso Axel.

Directores: M. en C. García Ortega Víctor Hugo, Dr. Ortega González Rubén.

Turno para la presentación del TT: MATUTINO

*e-mail: *metalica.el.01@gmail.com, novoide@hotmail.com*

Resumen – Este trabajo tiene como objetivo elaborar un nodo sensor inalámbrico que aplique el concepto de cosecha de energía (Energy Harvesting por sus términos en inglés) para alimentar un sistema de bajo consumo que nos permita monitorear una casa habitación de forma remota por medio de una aplicación de prueba. La creación del nodo sensor consistirá en analizar, diseñar e implementar un módulo que nos permita captar y convertir energía solar en energía eléctrica para alimentar de forma autónoma el sistema de bajo consumo que estará censando las diferentes variables analógicas.

Palabras clave – Academia de sistemas digitales, Sistema embebido, Redes de sensores, Cosecha de energía, Domótica.

1. Introducción

Sentirse seguro es la ausencia de peligro o riesgo y no solo personalmente sino también con respecto a nuestros bienes como lo son nuestros autos, casas, documentos, etc. Cuando existe la necesidad de salir de casa, por un tiempo determinado, surge la inquietud o preocupación de dejar nuestro patrimonio sin las medidas de protección necesarias o de interés para cada persona. Hablando en términos cuantitativos, el tema de inseguridad en México es el que mayor preocupación genera (58%) en una población acotada de los 18 años en adelante, así lo revelan datos de la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) realizada en marzo y abril de 2015 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), así mismo es importante mencionar que las medidas de seguridad empleadas por los hogares consisten en el cambiar o colocar cerraduras y/o candados (62.1%), y colocar rejas y bardas (39.9%) principalmente [12]. Como se muestra en las cifras anteriores, las personas ponen atención en asegurar la casa por medio de métodos tradicionales, pero dejan de lado que es de suma importancia el monitoreo remoto en tiempo real de cualquier cosa ya que estos datos nos proporcionan mucha más información de lo realmente está pasando en un momento determinado. El monitoreo remoto está acotado a una casa habitación, dado que, de acuerdo con datos de la Encuesta Nacional de Hogares (ENH) 2014 de INEGI, del total de hogares, 93.4% habita en casa independiente y 5.0% en departamento, principalmente [12]. Con base en esto nos podemos dar cuenta de que la zona de oportunidad es en hogares independientes.

Ahora bien, el propósito del proyecto es mitigar parte de esta necesidad que se identificó con relación a la inseguridad de nuestros bienes por medio del monitoreo remoto. Para lograr el monitoreo remoto de la casa habitación se implementará un nodo sensor inalámbrico que se alimente de forma autónoma por medio de la captación de energía solar aplicando el concepto de “energy harvesting”, dicho nodo sensor además de cubrir la parte del monitoreo remoto nos brindará una excelente ventaja en cuanto al consumo autónomo de energía ya que no necesitará fuentes de alimentación externas que dañen al medio ambiente. Para la parte de la comunicación de la información recolectada por el nodo sensor y el usuario, se usará un servidor para guardar la información y una aplicación de prueba nos brindará la información en cuanto el usuario lo requiera.

Uno de los retos al cual nos estaremos enfrentando al desarrollar este proyecto es el desajuste entre la energía generada por los recolectores y la energía exigida por el nodo sensor ya que la energía ambiental es limitada y varía con el tiempo [1], pero la parte que nos es de gran fortificación es que dichos nodos sensores tienen una larga vida útil a tal forma que se le puede llamar vida infinita [2] pero tomando en cuenta la selección de anclaje consciente de toda la vida de la red para sensores inalámbricos [10]. Un punto que es importante mencionar (para que se acote el alcance de nuestro proyecto) es que existen algoritmos para la optimización de la gestión de la energía [3] [6] sin embargo no vamos a hacer uso de ellos ya que lo que se va a censar no es tan demandante en ese aspecto y las variables que se van a procesar no requieren de algún algoritmo en específico. De la misma forma, es de suma importancia aclarar que el nodo sensor y el nodo base deben estar a una distancia determinada ya que por ser nodos inalámbricos la comunicación, entre más lejos se encuentren los nodos, más tiempo y recursos de energía requieren [4].

Cabe mencionar que existen algunos proyectos que van desde la cosecha de energía por medio de radiofrecuencia [5], otros que utilizan antenas de célula solar [4], otros que son aplicados a zonas un poco más grandes como lo son edificios (gestión de su energía) [8], incluso una de las propuestas, a futuro, que se quiere implementar es que el nodo sensor sea un sistema portable pero aplicando el mismo concepto de cosecha de energía [9] pero ninguno de estos proyectos involucra algo con respecto al monitoreo remoto de un lugar (casa-habitación) y, el punto extra que desarrollaremos es la aplicación de prueba que nos permitirá ver la información en un momento determinado.

2. Objetivo

Objetivo general

Desarrollar un nodo sensor que nos permita recolectar energía (aplicando el concepto de “energy harvesting”) para alimentar, de forma autónoma, un circuito de bajo consumo que nos provea la monitorización de una casa-habitación por medio de una aplicación de prueba.

Objetivo particular

- a) Diseñar e implementar el nodo sensor.
- b) Diseñar e implementar la aplicación de prueba.
- c) Monitorear una casa habitación por medio de un sistema de bajo consumo.

3. Justificación

A menudo las personas, con tiempo limitado o con muchas tareas por realizar, en algún momento determinado tienen la necesidad de monitorear un espacio (casa, auto, lugar, etc.) de importancia para ellas, dado que hoy en día la tecnología para llevar a cabo el monitoreo remoto, de cualquier cosa, no es accesible fácilmente, en este trabajo se implementará una solución de bajos recursos y bajo consumo que nos permita monitorear una casa-habitación de forma remota.

La solución que este trabajo propone es el diseño, análisis e implementación de un nodo sensor que consta de cuatro módulos internos, dentro de esos módulos el más importante es el módulo de “energy harvesting” ya que por medio de este módulo la alimentación total del nodo sensor será autónoma, gratuita y no contaminante, eso significa básicamente que no necesitará alguna batería le provea suministro de energía y que dicha batería se tenga que cargar repetidamente afectando al medio ambiente.

Hemos observado que muchos desarrollos de monitoreo se hacen por medio de plataformas que ya cuentan con las librerías de los algoritmos y códigos para el procesamiento de la información (variables a censar), lo cual lejos de hacerlo original, propio y eficiente nos dice todo lo contrario, es por esta razón que el desarrollo del nodo sensor tiene la finalidad de ser bajo en consumo, bajo en recursos, autónomo, portátil y eficiente. Para aumentar la eficiencia y rapidez, el módulo de procesamiento (microcontrolador) se programará a nivel ensamblador para que la información se procese muy rápido (lo cual nos acerca más a la característica de tiempo real que se necesita para el monitoreo remoto) implementando un algoritmo propio lo cual en conjunto con lo ya descrito anteriormente nos demanda una complejidad alta para el diseño, análisis e implementación de nodo sensor.

4. Productos o Resultados esperados

Como resultado final del desarrollo del proyecto se espera que se concluya con un sistema compuesto por diferentes módulos como se muestra en la Figura 1. Los módulos, de forma general, son tres; las entradas, el sistema y la salida.

Como parte de las entradas tendremos dos, una fuente natural de energía (energía solar) y las variables analógicas a censar, cabe mencionar que las dos entradas son captadas por el nodo sensor pero a diferentes módulos internos (módulo de sensores y modulo de “energy harvesting” respectivamente).

Para la parte del sistema tenemos dos nodos sensor y el nodo base, cada nodo sensor consta de cuatro módulos internos (de forma general) los cuales son:

- Módulo de sensores.
- Módulo de procesamiento.

- Módulo de “energy harvesting”.
- Módulo de comunicación.

El módulo de sensores se encarga de censar las variables analógicas de interés, el módulo de procesamiento hace uso de un microcontrolador que se encarga de obtener la información de las variables y procesarla para posteriormente mandarla al módulo de comunicación, por su parte el módulo de comunicación básicamente nos permite transferir la información al nodo base (servidor) y por último tenemos el módulo de “energy harvesting” que será el encargado de proporcionar la energía necesaria para que el nodo sensor funcione de forma correcta. De igual manera para la parte del sistema tenemos un nodo base que funciona como servidor y se encarga de almacenar la información que es mandada por parte de los dos nodos sensores descritos anteriormente. Por último, está la salida del sistema la cual representa la aplicación de prueba que será la encargada de proporcionar la información al usuario.

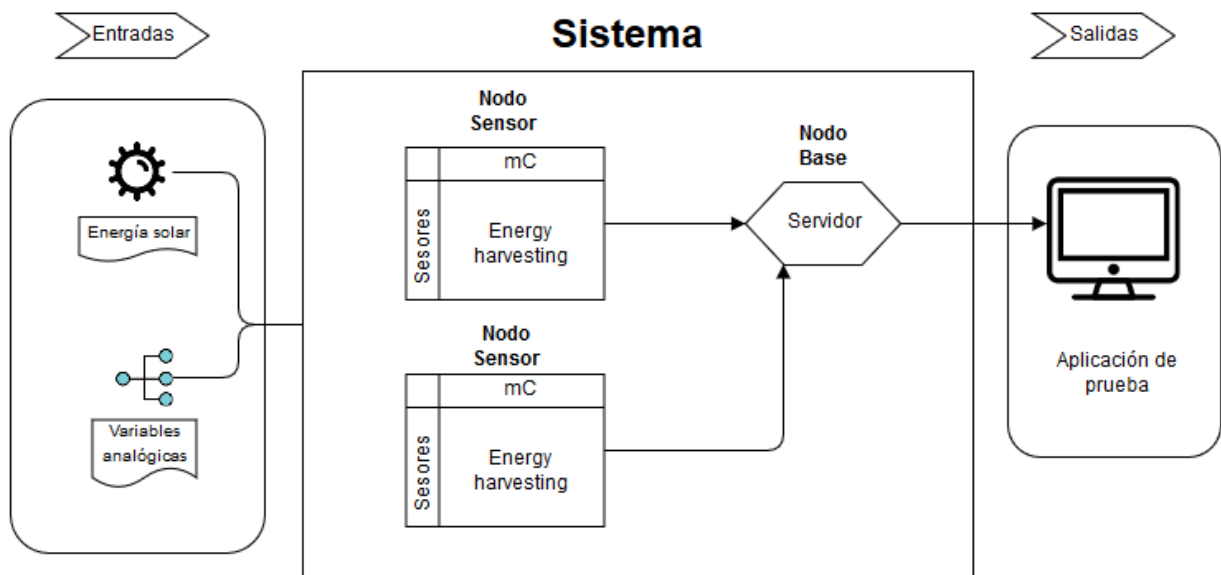


Figura 1. Arquitectura general del sistema.

Los productos esperados del TT son los siguientes:

1. Nodo sensor usando el concepto de “energy harvesting”.
2. El código del microcontrolador que se programará.
3. Aplicación de prueba.
4. La documentación técnica.
5. El manual de usuario.

5. Metodología

Para la implementación de este prototipo se tomó en cuenta una adaptación del modelo en V para el desarrollo de sistemas embebidos, la cual consta de 7 etapas, en las cuales se parte de un análisis y diseño, siguiendo una implementación y por último una depuración e integración final [11]. Las etapas que tiene este modelo se muestran en la Figura 2.

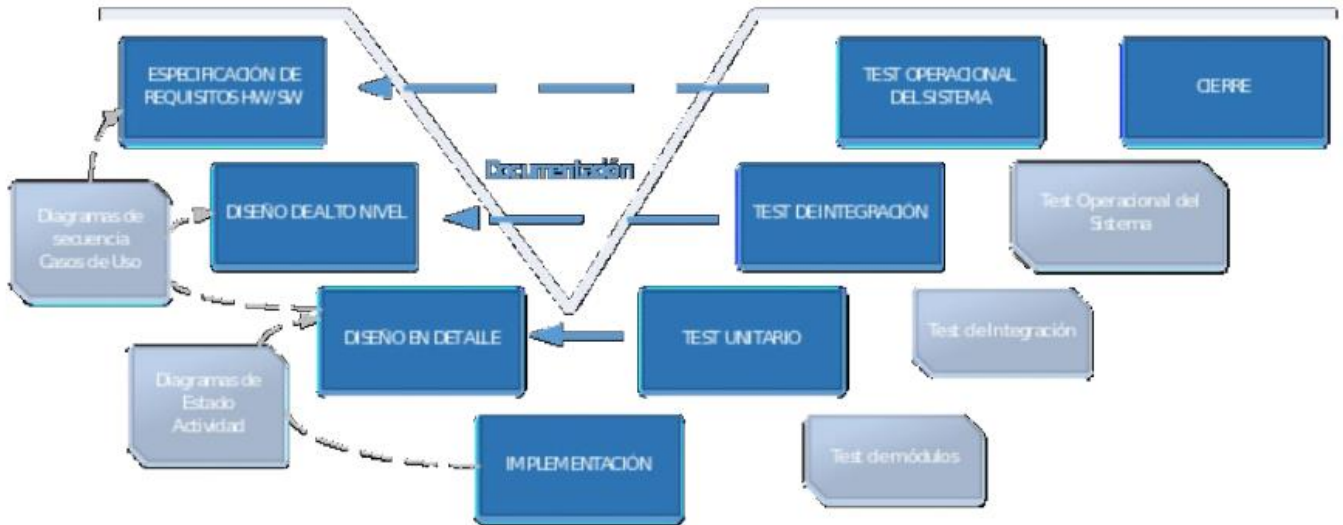


Figura 2. Modelo en V

Partiendo de la especificación de requisitos, se pretende definir y documentar los diferentes requerimientos del sistema a implementar siguiendo un diseño global el cual tiene como objetivo obtener una visión general del sistema. El diseño en detalle consiste en detallar cada bloque de la fase anterior, aquí se pretende especificar el diseño del sistema embebido, el receptor y la aplicación móvil, seguida de la implementación de cada uno de estos. El test unitario verifica cada módulo de HW y SW de manera individual, en donde se depurará cada uno de los módulos hasta obtener el resultado deseado. La fase de integración acopla los diferentes módulos del sistema siguiendo el test operacional, en donde se realizan las últimas pruebas sobre un escenario real.

6. Cronograma

Nombre del alumno: Emiliano González Hinojosa

TT No.: 2019-A020

Título del TT: Nodo sensor inalámbrico autoalimentado por cosecha de energía aplicado a domótica.

Actividad	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Investigación de nodos sensores.										
Análisis y selección del módulo de procesamiento (microcontrolador) y el módulo de los sensores.										
Diseño del programa de configuración del módulo de los sensores.										
Diseño de la aplicación de prueba.										
Evaluación de TTI.										
Implementación del nodo sensor.										
Implementación de los módulos de configuración.										
Implementación de la aplicación de prueba.										
Documentación técnica.										
Evaluación de TTII.										

Nombre del alumno: Rosillo Enciso Axel

TT No.: 2019-A020

Título del TT: Nodo sensor inalámbrico autoalimentado por cosecha de energía aplicado a domótica.

Actividad	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Investigación de nodos sensores.										
Análisis y selección del módulo de cosecha de energía y módulo de comunicación.										
Diseño del nodo sensor.										
Diseño del programa de configuración del módulo de comunicación.										
Evaluación de TTI.										
Implementación del nodo sensor.										
Implementación de los módulos de comunicación y cosecha de energía.										
Documentación técnica.										
Evaluación de TTII.										

7. Referencias

- [1] Tingwen Ruan, Zheng Jun Chew y Meiling Zhu, “Energy-Aware Approaches for Energy Harvesting Powered Wireless Sensor Nodes”, IEEE Sensors Journal, vol. 17, No. 7, pp. 2165-2173, abril 2017.
- [2] R.Balakumar, V.Vaidehi y P.Balamuralidhar, “Solar Energy Harvesting For Wireless Sensor Networks” en First International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks, 2009.
- [3] Kai Geissdoerfer, Raja Jurdak y Brano Kusy, “Long-term Energy-neutral Operation of Solar Energy-harvesting Sensor Nodes under Time-varying Utility” en 17th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks, 2018.
- [4] Mina Danesh y John R. Long, “An Autonomous Wireless Sensor Node using a Solar Cell Antenna for Solar Energy Harvesting”, Tesis, Delft University of Technology, ERL/DIMES, 2628 CD, Delft, Netherlands,
- [5] Christian Merz, Gerald Kupris y Maximilian Niedernhuber, “Design and Optimization of a Radio Frequency Energy Harvesting System for Energizing Low Power Devices” en International Conference on Applied Electronics , 2014, pp. 209-212.
- [6] Remun Koirala, Stefano Severi, Jhanak Parajuli y Giuseppe Abreu, “Transmission Power Optimization for Energy Harvesting Wireless Nodes” en 49th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 2015, pp. 823 – 827.
- [7] A. Elefsiniotis, N. Kokorakis, Th. Becker y U. Schmid, “Performance of a low temperature energy harvesting device for powering wireless sensor nodes in aircrafts applications” en Transducers & Eurosensors XXVII: The 17th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS & EUROSensors XXVII), 2013, pp. 2276 – 2279.
- [8] Masanobu Honda, Takayasu Sakurai, y Makoto Takamiya, “Wireless Temperature and Illuminance Sensor Nodes With Energy Harvesting from Insulating Cover of Power Cords for Building Energy Management System” en IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), Japan, Tokio, 2015, pp. 1-5.
- [9] Taiyang Wu, Md Shamsul Arefin, Jean-Michel Redout'e, y Mehmet Rasit Yuce, “Flexible Wearable Sensor Nodes with Solar Energy Harvesting” en 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2017, pp. 3273 – 3276.
- [10] Ariful Amin, Abdur Rouf, Nusrat Mehajabin y Md. Abdur Razzaque, “Network Lifetime Aware Anchor Selection for Energy Harvesting Wireless Sensor Networks” en IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 2017, pp. 569 – 572.
- [11] PEREZ, A; et al. “Una metodología para el desarrollo de hardware y software embebidos en sistemas críticos de seguridad”. Systemics, Cybernetics and Informatics Journal, vol 3, Num. 2, 2006, pp. 70-75
- [12] Alma Beade Ruelas y Carlos Enrique García Soto (26 de febrero 2016), Sistema de alarma con monitoreo. Mejora la seguridad en casa [Online], Disponible: https://www.profeco.gob.mx/encuesta/bruja/bruja_2016/bol323_sis_alarma.asp

8. Alumno y Directores

Emiliano González Hinojosa. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM-IPN, Boleta: 2016630155, Tel. 722-655-1322, E-mail: metalica.el.01@gmail.com

Firma: _____



Rosillo Enciso Axel. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM-IPN, Boleta: 2016630349, Tel. 55-701-030-42, E-mail: novoide@hotmail.com

Firma: _____



M. en C. Víctor Hugo García Ortega. - Ing. En Sistemas Computacionales, egresado de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico (IPN-1999). Maestría en Ingeniería de Cómputo con especialidad en Sistemas Digitales en el Centro de Investigación y Computación del IPN (2006). Actualmente es profesor Titular en la Escuela Superior de Cómputo del IPN trabajando en el área de Sistemas embebidos, Arquitectura de computadoras y Procesamiento Digital de Imágenes y Señales. Email: vgarciaortega@yahoo.com.mx

Firma: _____



Dr. Rubén Ortega González. - Licenciatura en ingeniería eléctrica por el Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México, 1999, el grado en M.Sc. en ingeniería en sistemas en el Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, el de M.Sc. en ingeniería eléctrica, electrónica de computadoras y de sistemas en la Universidad de Oviedo, Oviedo, España, en 2009. El grado de Ph.D con mención honorífica en ingeniería electrónica por la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, en 2012. Ha sido profesor en la Escuela Superior de Cómputo, Instituto Politécnico Nacional desde 1995. Sus campos principales campos de investigación son en el modelado y control de convertidores de potencia aplicados en la generación de energía en el ámbito de las microrredes, smart grids y energías renovables, así como procesamiento digital de señales. Email: rortegag@ipn.mx

Firma: _____



CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Art. 3, fracc. II, Art. 18, fracc. II y Art. 21, lineamiento 32, fracc. XVII de la L.F.T.A.I.P.G.
PARTES CONFIDENCIALES: No. de boleta y Teléfono.

TURNO PARA LA PRESENTACIÓN DEL
TRABAJO TERMINAL:

MATUTINO