

**Información General**

Facultad: CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA			
Programa Académico: INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES		Grupo(s) de Investigación: GNET	
Nombre del semillero /Sigla: Semillero en sistemas de Telecomunicaciones/ SISTEL		Fecha creación: 12 febrero de 2015	
		Regional: Bucaramanga	
Líneas de Investigación: Internet de las cosas y Dispositivos Programables			
Áreas del saber *			
1. Ciencias Naturales		2. Ingeniería y Tecnologías	
3. Ciencias Médicas y de la Salud		4. Ciencias Agrícolas	
5. Ciencias sociales		6. Humanidades	

**Información del Director del Proyecto**

Nombre: Johan Leandro Tellez Garzon	No. de identificación: 1101753049	Lugar de expedición: Velez
Nivel de Formación Académica (Pregrado / Postgrado / Link de CvLAC): Ingeniero en Telecomunicaciones / Maestría en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones / Doctorado en Ingeniería Eléctrica / <a href="https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000812790">https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000812790</a>		
Celular 3017023213	Correo Electrónico: <a href="mailto:jtellez@correo.uts.edu.co">jtellez@correo.uts.edu.co</a>	

**Información de los autores**

Nombre	No. de Identificación y lugar de expedición		Celular	Correo Electrónico
Daryl Johana Ardila Diaz	1095906672	B/manga	3008042840	darylardila0414@gmail.com
Jhon Alexander Betava	1098640772	B/manga	3115329938	jhon.betava.reyes@hotmail.es

**Proyecto**

1. Título del Proyecto: Selección adaptativa de potencia de transmisión considerando el LQI para un enlace inalámbrico formado por dos nodos sensores	Modalidad del Proyecto **				
	PA	PI	TG	RE	Otra. ¿Cuál?

## 2. Resumen del trabajo:

El control de potencia en las redes de sensores inalámbricos es uno de los aspectos más importantes ya que puede permitir un mayor tiempo de funcionamiento, por lo cual este trabajo investigativo tiene como propósito el diseño de un componente de software en C++ que permita adicionar la funcionalidad de adaptar la potencia de transmisión de un enlace inalámbrico de dos nodos sensores de acuerdo al indicador de calidad del enlace (LQI). Como nodos sensores se utilizarán dispositivos Nanimote operando con el estándar IEEE 802.15.4. Este trabajo pretende definir un conjunto de reglas en el componente de software que permita disminuir al máximo posible el nivel de potencia de transmisión de dos nodos sensores que comparten un enlace inalámbrico común, al tiempo que mantienen un nivel adecuado de LQI. Como consecuencia se puede alcanzar un ahorro energético, tema fundamental para conseguir implementar redes inalámbricas de sensores más eficientes y durables. Los entregables de este trabajo son: un informe final en formato con todos los detalles del trabajo desarrollado y un componente de software debidamente documentado y con sus códigos fuente. Además, se realizará una presentación para discutir, sustentar y divulgar el trabajo desarrollado.

## 3. Objetivo General y Objetivos específicos:

Implementar un componente de código C++ en el firmware de dos nodos sensores que permita disminuir la potencia de transmisión manteniendo un nivel adecuado en el indicador de calidad del enlace (LQI) inalámbrico.

- Revisar el estado del arte de los sistemas de redes de sensores inalámbricos Nanimote enfocando en el control de la potencia de transmisión y ahorro energético.
- Implementar en los nodos sensores un componente de código en C++ basado en reglas para disminuir la potencia de transmisión al máximo conservando un nivel adecuado de LQI.
- Definir un estudio de caso, que permita generar interferencias controladas en la banda ISM de 2.4ghz para evaluar el funcionamiento del método propuesto, analizando los datos obtenidos en cuanto a cobertura, niveles potencia y LQI.

## 4. Análisis de resultados:

Revisado el estado del arte en la aplicación del control de potencia de sensores inalámbricos Nanimote, se desarrollo un complemento de código capaz de realizar un control de potencia para el funcionamiento de los sensores, tomando como referencia y garantizando una calidad del enlace optima desde -55 y -65 que permita un porcentaje de entrega de paquetes entre el 80% y 100%.

Después de conocer el funcionamiento de los sensores Nanimote y su programación inicial, se realizan las siguientes pruebas y se obtienen los respectivos resultados, llevándolo a cabo el primero en un ambiente cerrado y luego en un ambiente abierto libre, en los cuales se compruebe el funcionamiento de la conexión del par de nodos de sensores Nanimotes, con su respectiva implementación de la configuración para el control de potencia manteniendo un LQI adecuado que va de -55 a -65 que permita la tasa de entrega de mensajes de un 80% a 100% en los nodos Nanimote.

## 5. Conclusiones:

El segmento de código implementado en el control de potencia del par de nodos de sensores, al principio fue algo compleja su implementación ya que se trabajó sobre una configuración existente para el funcionamiento de los sensores, lo que llevo a que se tenía que entender muy bien su lógica, funcionamiento, características y etapas de ejecución del código.

Al implementarse el código por primera vez no se obtiene los resultados adecuados, ya que no se había percatado actualizar la variable del nivel de potencia, la cual era llamada al principio del programa en general, y fue allí donde el segmento de código tomo valor, mostrando que si se podía mantener un rango de calidad del enlace definido.

A pesar de las dificultades en encontrar un espacio libre de interferencias magnéticas y eléctricas se logró llegar a comprobar el adecuado funcionamiento de la red del par de sensores inalámbricos.

En un ambiente ideal, libre de interferencia se podría llegar a una mejor comprobación del control de potencia en los sensores, al igual que se puede llegar un desarrollo mayor en la optimización del nivel energético de los mismos.

Debido la calamidad sanitaria que vive el país en este tiempo se hace imposible ahondar más en el control de potencia, ya que no se puede salir de casa a realizar las diferentes pruebas necesarias para el desarrollo de este objetivo.

## 6. Recomendaciones:

Es importante realizar pruebas en diferentes ambientes y a diferentes distancias en lo posible, largas distancias y con línea de vista, para así poder observar el funcionamiento real de los sensores y su comportamiento, ya que las pruebas realizadas no superaron los 200 metros.

En las pruebas realizadas a cortas distancias se presentaron obstáculos e interferencias como los microondas, antenas y equipos electrónicos que generaron interferencia. Por tanto, si fuera posible encontrar un ambiente libre de esto, sería ideal.

## 7. Bibliografía:

- \_Capítulo4.pdf. (s. f.). Recuperado 24 de octubre de 2019, de [http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11899/fichero/6\\_Cap%C3%ADtulo4.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11899/fichero/6_Cap%C3%ADtulo4.pdf)
- Acciona. (s. f.). Energía solar fotovoltaica y su contribución | ACCIONA. Recuperado 24 de septiembre de 2019, de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- Bello, J. I. M. (2011). IMPLEMENTADO POR MEDIO DE REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS (WSN). 98. Capítulo3.pdf. (s. f.).
- CARACTERIZACIÓN DE DISPOSITIVOS DE REDES DE SENSORES-UIS.pdf. (s. f.).
- Córdoba, D. M. A., & Buitrago, F. A. S. (2013). ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICOS. 2(1), 23.
- Da Silva et al. - 2016—Contactless battery charger controller for wireles.pdf. (s. f.). Recuperado 25 de octubre de 2019, de <http://www.datadrivencontrol.com/wp-content/papercite-data/pdf/silva-eckhard-muller-winter-pereira-netto-2016.pdf>
- Decreto 195 de 2005—Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (s. f.). Recuperado 25 de octubre de 2019, de <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/3569:Decreto-195-de-2005>
- Descripción del producto MATLAB - MATLAB & Simulink—MathWorks España. (s. f.). Recuperado 12 de abril de 2020, de [https://es.mathworks.com/help/matlab/learn\\_matlab/product-description.html](https://es.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html)

Díaz-Ibarra, M. A., Campos-Delgado, D. U., Gutiérrez, C. A., & Luna-Rivera, J. M. (s. f.). Evaluación experimental de algoritmos de control de potencia distribuidos en redes de sensores inalámbricos móviles. 6.

IAR C-RUN Runtime analysis. (s. f.). Recuperado 12 de abril de 2020, de <https://www.iar.com/iar-embedded-workbench/add-ons-and-integrations/runtime-analysis/>

IAR C-STAT Static analysis. (s. f.). Recuperado 12 de abril de 2020, de <https://www.iar.com/iar-embedded-workbench/add-ons-and-integrations/c-stat-static-analysis/>

J LINK. (s. f.). Recuperado 13 de abril de 2020, de [https://www.nskelectronics.com/j\\_link.html](https://www.nskelectronics.com/j_link.html)

jjtorres. (2014a, octubre 20). ¿Qué es y cómo funciona el Internet de las cosas? Hipertextual. <https://hipertextual.com/archivo/2014/10/internet-cosas/>

jjtorres. (2014b, octubre 20). ¿Qué es y cómo funciona el Internet de las cosas? <https://hipertextual.com/archivo/2014/10/internet-cosas/>

Juan David Meza. (2019). Curso para programar C++; fácil, rápido y paso a paso. <https://www.programarya.com/Cursos/C++>

Khemapech, I., Miller, A. D., & Duncan, I. (2007). A Survey of Transmission Power Control in Wireless Sensor Networks.

Lajara Vizcaíno, J. R. (2014). Modelado y optimización de energía en redes de sensores inalámbricas para la medida de parámetros medioambientales. [Universitat Politècnica de València]. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/39371>

Lajara Vizcaíno—2014—Modelado y optimización de energía en redes de sen.pdf. (s. f.). Recuperado 18 de septiembre de 2019, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39371/Lajara%20-%20Modelado%20y%20optimizaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20en%20redes%20de%20sensores%20inal%C3%A1mbricas%20para%20la%20medida%20de%20p...pdf?sequence=1>

Leyes desde 1992—Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY\_0099\_1993]. (s. f.). Recuperado 25 de octubre de 2019, de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0099\\_1993.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html)

Müller, I., de Freitas, E. P., Susin, A. A., & Pereira, C. E. (2012). Namimote: A Low-Cost Sensor Node for Wireless Sensor Networks. En S. Andreev, S. Balandin, & Y. Koucheryavy (Eds.), *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking* (Vol. 7469, pp. 391-400). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-32686-8\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-642-32686-8_36)

Müller, I., Pereira, C., Netto, J., Fabris, E., & Allgayer, R. (2010). Development of a WirelessHART compatible field device. 1430-1434. <https://doi.org/10.1109/IMTC.2010.5488129>

Müller, I., Pignaton de Freitas, E., Susin, A., & Pereira, C. (2012). Namimote: A Low-Cost Sensor Node for Wireless Sensor Networks. *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking*, 391-400. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-32686-8\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-642-32686-8_36)

Ortiz, J. C. O. (2014). DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS DE LECHUGA, MEDIANTE UNA RED DE SENSORES, UTILIZANDO UN SISTEMA EMBEBIDO. 160.

Paul Roseroa, Santiago Núñez, Stalin Realpea, Vanessa Alveara, Luis Beltrán, & Christian Rosado. (2017, marzo). (PDF) INTERNET DE LAS COSAS Y REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS: REVIEW. [https://www.researchgate.net/publication/316438631\\_INTERNET\\_DE\\_LAS\\_COSAS\\_Y\\_REDES\\_DE\\_SENSORES\\_INALAMBRICOS\\_REVIEW](https://www.researchgate.net/publication/316438631_INTERNET_DE_LAS_COSAS_Y_REDES_DE_SENSORES_INALAMBRICOS_REVIEW)

Quiroz, S. A. A. (s. f.). REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS UTILIZANDO ZIGBEE/802.15.4. 6.

Redes de Sensores Inalámbricos WSN. (s. f.). Recuperado 18 de septiembre de 2019, de <http://informaticaredes2012.blogspot.com/Redes-de-sensores-inalc3a1mbricos-wsn-soledad-escobar-diaz.pdf>. (s. f.).

Snapshot. (s. f.). Recuperado 25 de octubre de 2019, de <https://fddocuments.in/document/design-of-embedded-remote-monitoring-terminal-based-on-3g-network.html>

Tapia, F. O. (s. f.). REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS. 15.

Topologías de red—Apuntesjulio Redes. (2020, abril 13). [apuntesjulio. https://apuntesjulio.com/topologias-de-red/](https://apuntesjulio.com/topologias-de-red/)

Zapata, G. A. (s. f.). PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA –PAI PROURE 2017—2022. 157.

ZigBee and WiFi Coexistence—MetaGeek. (s. f.). Recuperado 24 de mayo de 2020, de <https://www.metageek.com/training/resources/zigbee-wifi-coexistence.html>

8. Anexos: Corresponde a las evidencias de realización y resultados de proyecto y a las herramientas desarrolladas y/o utilizadas en su ejecución.

\* Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)

\*\* PA: Plan de Aula, PI: Proyecto integrador, TG: Trabajo de Grado, RE:Reda