

Sistema de detección de incendios forestales mediante redes sensoriales inalámbricas (Zigbee)

Jennyfer K. Erazo P., Carlos A. Hervas P.

Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba, Ecuador, Código Postal: EC060155.

Autores para correspondencia: jerazo@esPOCH.edu.ec, hervasc@esPOCH.edu.ec

Fecha de recepción: 21 de septiembre 2014 - Fecha de aceptación: 20 de octubre 2014

RESUMEN

Este documento describe el uso de la tecnología Zigbee por medio de Arduino. Dichas tecnologías han permitido crear un sistema que denominaremos Natura Sys que está conformado por motas sensoriales receptoras de información ambiental tal como temperatura, humedad y presencia de humo; así como una base central encargada de recolectar toda la información de forma inalámbrica enviada por los dispositivos sensoriales, ésta información será visualizada en una aplicación de escritorio y en donde se podrá detectar una posible alerta de incendio forestal bajo los parámetros programados en ésta; y como un plus se ha diseñado una página web en la cual se muestran reportes estadísticos acerca del área forestal monitoreada.

Palabras clave: Incendio forestal, prevención, tecnología, solución, sistema.

ABSTRACT

This document describes the use of Zigbee via Arduino technology. These technologies have enabled the development of a system called Natura Sys. The system consisting of sensor motes is able of receiving environmental information such as temperature, humidity and presence of smoke. All information is centralized by a central base connected wireless with the sensors. The information is visualized by a desktop application providing a warning if in a given area of the forest there is a fire. The desktop application contains also a website in which statistical reports of the monitored parameters in the forest area are visualized.

Keywords: Forest fire, prevention, technology, solution, system.

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo se queman al año 350 millones de hectáreas de bosque, así como cada año se pierden 14,2 millones de hectáreas a causa de la deforestación. Según estudios realizados por la NASA y Greenpeace International el 70% de desastres naturales son atribuidos a incendios y tala de bosques; cada dos segundos, un área de bosque del tamaño de un campo de futbol se pierde debido a incendios u otras prácticas destructivas.

En el Ecuador, los Incendios Forestales han sido y son una de las principales causas de deterioro ambiental, teniendo varios efectos negativos sobre plantas, masas forestales, microclima, suelo, agua, fauna y sobre los valores recreativos. En definitiva, los incendios forestales influyen significativamente en la alteración y degradación de la vida. Según la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos el año 2012 se perdió 17.600 hectáreas de bosques, páramos y cultivos. Los cuales han causado pérdidas de vidas humanas, de flora, fauna y económicas, bajo éstas referencias debemos indicar que las causas de los incendios forestales en nuestro país son en tan solo un 5% provocados por factores ambientales apropiados para desatar un incendio, mientras que en un 95% son de origen

antrópico; debido a negligencias, desconocimiento o situaciones intencionales; de hecho, la actividad humana ha disparado la frecuencia de los incendios de modo que, incluso la vegetación mejor adaptada a sobrevivir al fuego llega a ver comprometida su regeneración, y muchos ecosistemas sucumben de forma definitiva ante el poder devastador de las llamas.

Los efectos de un incendio forestal se dan a grandes proporciones debido a que no existe un componente preventivo para atender este tipo de desastres, tan solo existen mecanismos que tratan estos problemas, cuando un incendio forestal ya ha causado un impacto ambiental significativo; por citar un ejemplo, las labores para tratar de apagar un incendio forestal se dificultan mucho más cuando ya se encuentra en una fase avanzada y se han maximizado las pérdidas del área forestal.

Actualmente el avance tecnológico y la creación de nuevos estándares hacen que problemas ambientales, como un incendio forestal tengan nuevas y mejores alternativas de solución. La utilización del estándar IEEE 802.15.4 mediante la implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN - Wireless Sensor Network, por sus siglas en inglés), nos ha permitido generar Natura Sys como método de prevención, monitoreo y detección de incendios forestales de bajo consumo energético y sin desperdiciar recursos.

A diferencia con otras redes inalámbricas como Wifi donde sus recursos son enfocados a la conectividad de usuarios y velocidad de transmisión, en las Redes Sensoriales Inalámbricas (WSN) la principal prioridad es la energía, el tiempo de funcionamiento de cada nodo es un elemento fundamental en base a la duración de su batería, tomando en cuenta variables de análisis como la cobertura, tráfico y eficiencia energética. El estándar 802.15.4 utilizado en las WSN permite acoplar en el diseño características muy importantes como son su flexibilidad de red, bajos costos, y bajo consumo de energía; esta tecnología se puede utilizar para muchas aplicaciones de uso doméstico, comercial e industrial; que requieren una tasa baja en la transmisión de datos.

Hoy en día el uso de las WSN como solución a este tipo de problemas se considera como una gran opción dado que esta tecnología promueve la creación de una amplia variedad de aplicaciones en ingeniería debido a su fácil instalación, operación y mantenimiento; la obtención y manejo de datos es de manera rápida y autónoma para una aplicación específica sin desperdiciar recursos.

Los dispositivos sensoriales se comunican mediante tecnología Zigbee, la que se caracteriza por un bajo costo de implementación, capacidad de funcionamiento en tiempo real y principalmente bajo consumo de energía lo que hace que Natura Sys pueda funcionar sin suministro eléctrico por un largo periodo de tiempo, además Zigbee cuenta con una arquitectura flexible lo que ha permitido articular esta tecnología con plataformas de desarrollo de hardware libre como es Arduino para el desarrollo de este tipo de redes inalámbricas de sensores.

2. HIPOTESIS

Mediante la implementación de una red de dispositivos sensoriales de bajo costo y mínimo consumo de energía en un área forestal, se obtendrá datos de variables ambientales como temperatura, humedad, luz y lluvia que permitirá determinar el estado climático del área monitoreada en diferentes periodos del año, para de esta forma captar los cambios bruscos de temperatura, presencia de humo, lo que permitirá disponer de una alerta temprana de un posible incendio forestal.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Cuando inicia un incendio forestal la primera parte afectada es su superficie, ya que ahí se encuentran elementos de rápida combustión como hojas secas, paja, plantas pequeñas, ramas, etc.; Natura Sys actuará al ocurrir esto, es decir el sistema detectará los inicios de un incendio en la superficie de un bosque antes de que este se propague con mayor fuerza consumiendo toda el área forestal y dificultando su control.

Para la prevención de incendios forestales, la WSN consta de dispositivos electrónicos (ver Fig. 1), que mediante tecnologías Zigbee y Arduino que haciendo uso de un conjunto de sensores proporcionarán la información necesaria en tiempo real sobre la temperatura, humedad, cantidad de luz, presencia de lluvia y de humo desde diferentes puntos estratégicos ubicados dentro del área forestal, éstos dispositivos enviarán de forma inalámbrica los datos tomados hasta una base de control central (ver Figs. 2.1 y 2.2), ésta base se encargara de recolectar, agrupar y enviar toda la información que ha proporcionado cada dispositivo dentro del área hacia una aplicación de escritorio, para el tratamiento adecuado de la información.

La aplicación gestiona la información recibida por cada nodo sensorial para su visualización y manejo de eventos ocurridos en cada nodo de la red. Esta aplicación está construida mediante Visual Estudio con lenguaje de programación Visual Basic el cual está dirigido por eventos basado en .NET Framework; también se usa una base de datos, desde la que efectuamos reportes del área forestal monitoreada para posteriormente realizar estudios de predicción, dichos reportes podrán ser visualizados mediante una página web (Fig. 3) diseñada también por los autores del proyecto.



Figura 1. Prototipo de dispositivo (Fuente propia).

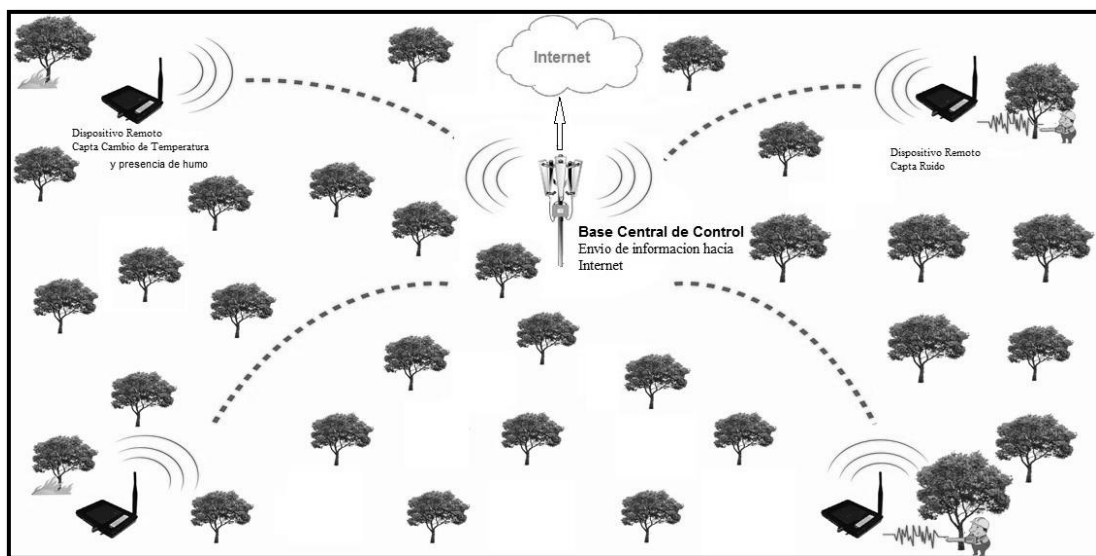


Figura 2.1. Funcionamiento de la red.

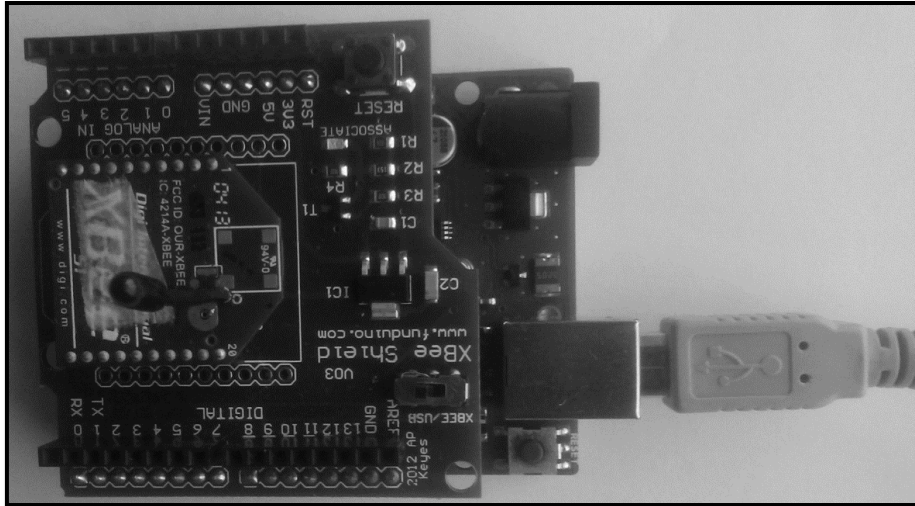


Figura 2.2. Base central receptora de datos.

En caso de producirse un cambio drástico e inesperado sea elevación de temperatura o presencia de humo el dispositivo captará esa información y la enviará hacia la aplicación de escritorio y base de datos, la aplicación de escritorio se emitirá alertas de posibles incendios forestales, mostrando el lugar exacto del posible incidente y puedan ser atendidos de forma inmediata.



Figura 3. Página Web.

3.1. *Natura App - Aplicación de escritorio*

Natura App (ver Fig. 4) está diseñada por dos módulos, el primer módulo es el de recepción de datos de los nodos sensoriales de la red para la visualización de los valores de temperatura, humedad, cantidad de luz y si existe o no presencia de humo que son enviados por cada nodo sensorial en un intervalo de tiempo definido, y el segundo módulo es el de comunicación con la red en el cual se lleva un control sobre la transmisión de la información que llega a la aplicación y el estado de funcionamiento en el que se encuentra cada nodo. Finalmente Natura App posee un conjunto de acciones como la sincronización de la información recibida hacia un servidor web, también se puede determinar, habilitar o deshabilitar la conexión con la red, además de la opción de acceder hacia otra

interfaz gráfica en la cual mediante mapas virtuales se puede obtener la ubicación de algún nodo en específico. (Fig. 5).

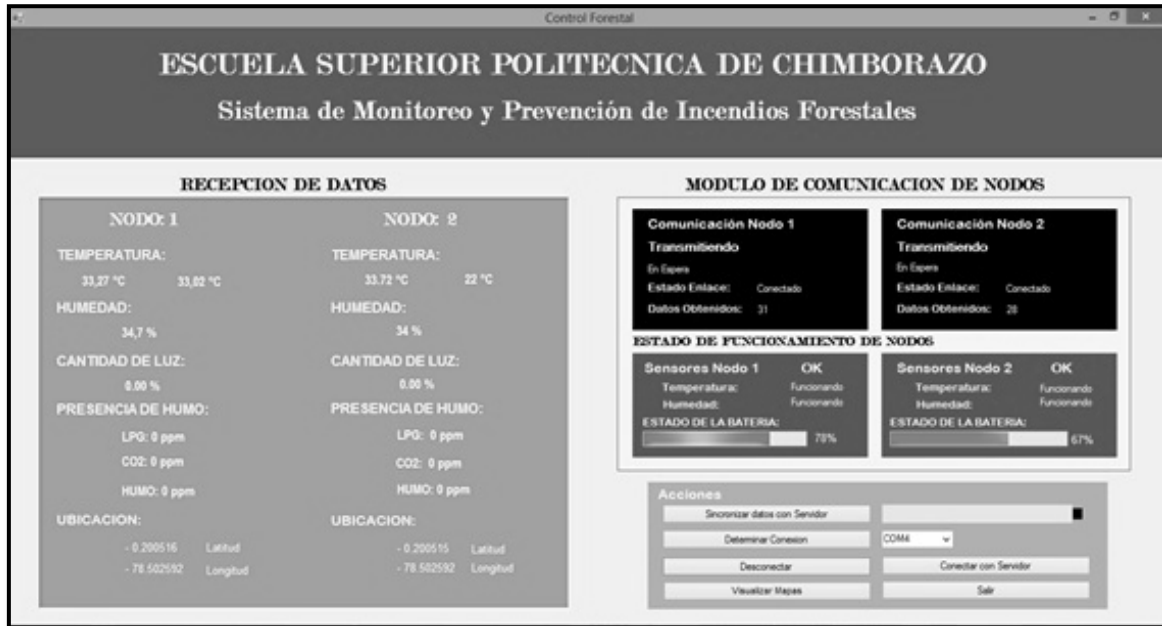


Figura 4. Aplicación de escritorio (Fuente propia).

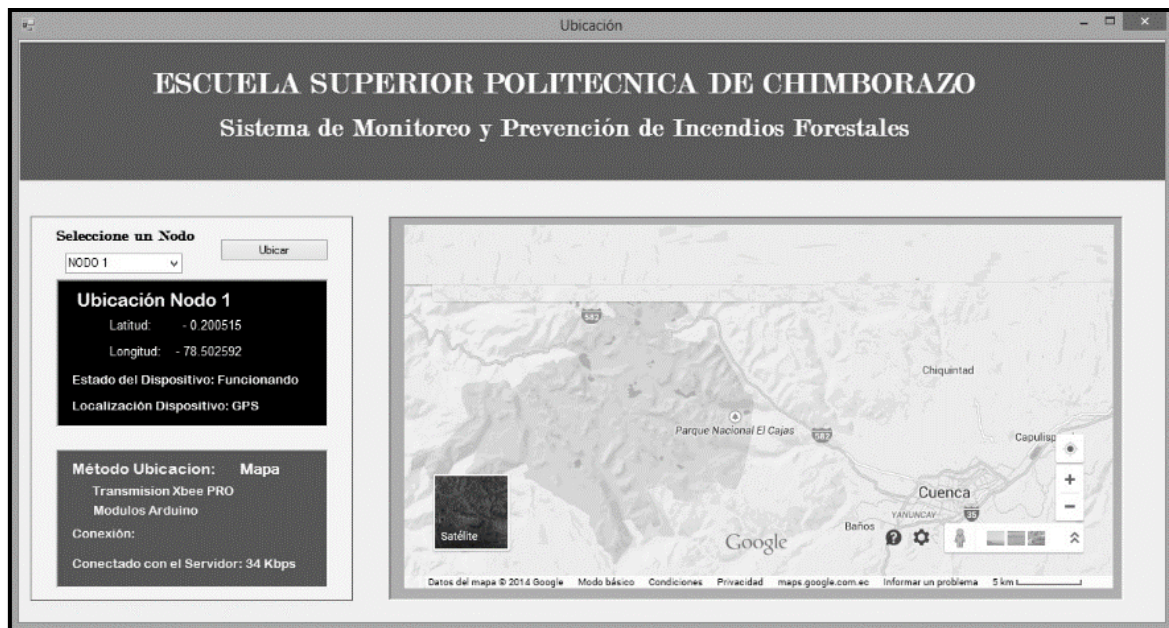


Figura 5. Mapas mostrados en la aplicación.

Módulo de recepción de datos

En el módulo de recepción de datos se especifica que nodos están conectados a la red y se muestra en tiempo real los valores de las variables que están transmitiendo, en este caso cada nodo sensorial transmite la información acerca de la temperatura, humedad, cantidad de luz, y si existe la presencia de humo mediante la entrega de valores de gases como son LPG y CO₂, además muestra la ubicación en la que se encuentra el nodo sensorial mediante la visualización de sus coordenadas tanto de latitud como de longitud.

Cada nodo tiene su visualización de valores en Natura App, así tenemos que: en el recuadro de temperatura se visualizan dos valores, el primero es el valor entregado por el sensor digital de temperatura DHT11, y el segundo valor es entregado por el sensor analógico de temperatura LM35, los dos sensores envían valores que son interpretados en grados centígrados, estos valores nos sirven como referencia para generar posibles alertas dentro de la aplicación, en el caso de generarse cambios bruscos de temperatura o la presencia de valores altos de temperatura.

En el recuadro de humedad y cantidad de luz, se visualizan tanto el valor que es entregado por el sensor digital DHT11 sobre la humedad del ambiente como el valor obtenido por el Sensor de Luz del Nodo, en este caso la humedad relativa y la cantidad de luz son representados en forma de porcentaje (%), con respecto al ambiente, y este valor nos sirve como referencia para ver el estado de humedad y la cantidad de luz que hay en un área forestal.

En el recuadro de Presencia de Humo, se visualizan los valores obtenidos del sensor de gas MQ-2 del Nodo sensorial, el cual entrega valores de presencia de gases en el ambiente como son el LPG (Gas Licuado del Petróleo) y el CO₂ los cuales son medidos en ppm (partículas por millón), en el caso de existir la presencia de partículas en el ambiente de estos gases Natura App es capaz de generar la alerta ante un posible incendio forestal.

Finalmente en el recuadro de ubicación, Natura App visualiza el valor recibido del nodo sensorial sobre su ubicación mediante coordenadas geográficas que indican el valor en decimal de la Latitud y Longitud, estos valores son insertados en cada nodo sensorial dependiendo del punto exacto en el cual se ha ubicado de esta manera el nodo en las tramas que enviara hacia la base central incluirá información sobre su ubicación; este dato es muy importante para que Natura App mediante mapas virtuales pueda visualizar la ubicación de cada nodo.

Módulo de comunicación de los nodos

En este módulo (Fig. 6) Natura App muestra todo sobre el proceso de transmisión de la información de la red hacia la aplicación, es decir se visualiza las tramas de información que llegan en cada intervalo de tiempo, si los datos fueron recibidos correctamente, el número de datos obtenidos y el estado de conexión de cada nodo. Natura App también revela el estado de funcionamiento de cada nodo, es decir comprueba que los sensores de cada nodo se encuentren funcionando correctamente y lleva también un control sobre el estado de la batería de alimentación del mismo.



Figura 6. Módulo de Comunicación de Nodos.

Natura Sys es una herramienta funcional de monitoreo y prevención de desastres forestales, ya que ayuda a la conservación de hábitats y ecosistemas, al ser un servicio asequible desde la Internet puede ser usado desde cualquier lugar, así como también la aplicación será utilizada por los entes encargados de la conservación de este tipo de hábitats. El uso de tecnología para obtener datos de las condiciones ambientales de un área, generando alertas y reportes, permitiendo monitorear e informar alteraciones que ocurren en áreas forestales, ya sea por causas naturales o provocadas, permitiendo actuar de una manera más oportuna y tomar acciones inmediatas que puedan evitar un desastre ambiental.

3.2. Arquitectura del dispositivo

Consideramos que Natura Sys. es totalmente innovador ya que consta de la creación de un dispositivo electrónico que mediante un sistema embebido compuesto tanto por software y hardware libre así como de una aplicación de escritorio y una página web que sirve para el monitoreo, detección, red inalámbrica para el manejo de su información. Bajo los parámetros antes mencionados se implementará un dispositivo electrónico de adquisición de datos compuesto por dos módulos principales (ver Fig. 7):

Módulo de entrada: en donde se encuentran los sensores de temperatura, humedad, luz, lluvia, presencia de humo, los cuales reciben datos de las condiciones ambientales de un área forestal.

Módulo de comunicación: que con una interfaz inalámbrica hecha mediante la tecnología Zigbee, resaltando de ésta su largo alcance y bajo consumo de energía (Duración de batería hasta por 2 años).

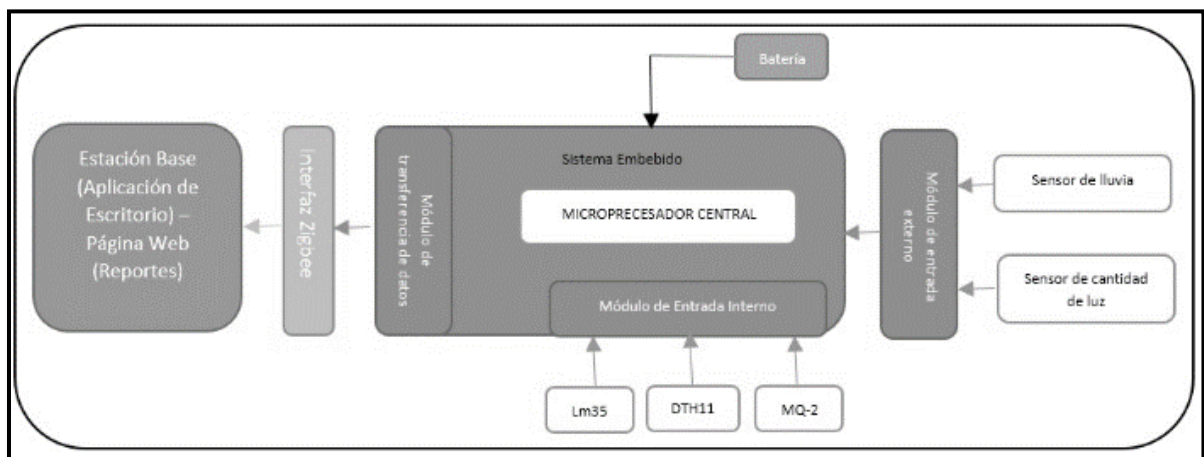


Figura 7. Arquitectura del dispositivo.

Los sensores han sido configurados mediante su acoplamiento a la Plataforma de Hardware Libre Arduino, tecnologías que han permitido desarrollar un prototipo de una manera mucho más óptima, gracias que la unión de la Plataforma Arduino a una serie de sensores los cuales serán los encargados de recibir información del área forestal. Se detalla a continuación los elementos necesarios para llevar a cabo una exitosa configuración del módulo sensorial del prototipo.

Descripción de sensores

Sensor DTH11: Es un módulo sensorial (Fig. 8) de temperatura y humedad, muy útil debido a su baja complejidad, su bajo costo así como a una precisión promedio; recalando que el sensor nos proveerá de una salida digital por lo que nos da una de las ventajas frente a los sensores de tipo analógico que presentan fluctuaciones de voltaje que posibilitan errores en la lectura de los datos medioambientales.



Figura 8. Sensor DHT-11.

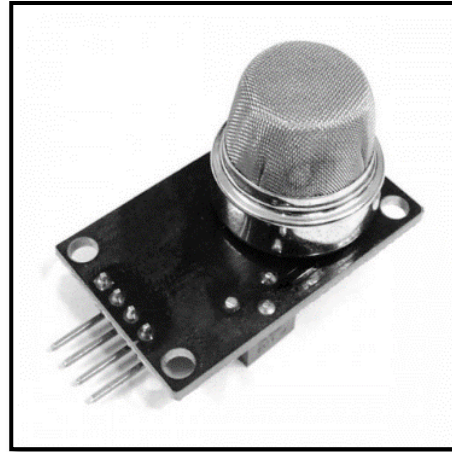


Figura 9. Sensor MQ-2.

Sensor MQ-2: Este sensor (Fig. 9) es el encargado obtener datos sobre la presencia de humo en el área forestal, parámetro que a criterio nuestro es uno de los imprescindibles para la detección de un incendio forestal, motivo por el cual al hallar medidas en las que se puede tener una confiabilidad ya que este dispositivo es muy sensible a partículas de humo, LPG, así como al CO_2 ; al presentarse una catástrofe forestal dicho dispositivo estará en la capacidad de actuar de rápidamente.

3.3. Disposición de motes en el área forestal

Natura Sys. se ha diseñado para su funcionamiento bajo una topología malla (Fig. 10) cada dispositivo está dispuesto para cubrir un área que tendrá 178,5 m de radio, aunque el alcance de cobertura del dispositivo utilizado *Xbee Pro* idealmente manifiesta que este tendría una cobertura de aproximadamente 1 milla; consideramos que al ser una área forestal la presencia de árboles contribuyen a tener una atenuación representativa por lo que el *Xbee Pro* tendrá una cobertura de 178,5 m a la redonda. Es así que citando un ejemplo en donde se podría implementar nuestro sistema hemos tomado en cuenta el Parque Metropolitano Guanguiltagua que tiene una extensión de 557 hectáreas para esto realizaremos un cálculo de lo que será la disposición de las motas en el área forestal.

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(178,5)[m]^2$$

$$A = 100098,21[m]^2$$

Según el área de cobertura que abarca una sola mota, se procedió a la división del área total para el área de cobertura de una sola mota, como sigue:

$$A = \frac{5570000[m]^2}{100098,21[m]^2}$$

Como se muestra en estos cálculos para 557 hectáreas se necesitaría aproximadamente 56 motas del tipo que proponemos.

3.4. Modo de respuesta ante posible incendio forestal

Para lograr una extinción del fuego rápida y eficaz tomamos en cuenta varios factores que determinaran el desarrollo de un incendio forestal, entre los más importantes consideramos las condiciones meteorológicas, la topografía y los elementos que pueden generar combustión; haciendo que cada una de ellas ejerza influencia sobre las otras. Es así que se pretende realizar una base de datos que contenga el lugar exacto donde está ubicada la mota, el tipo de terreno en el que se encuentra, las referencias en cuanto a estado atmosférico que presenta, y el tipo de vegetación de la zona.

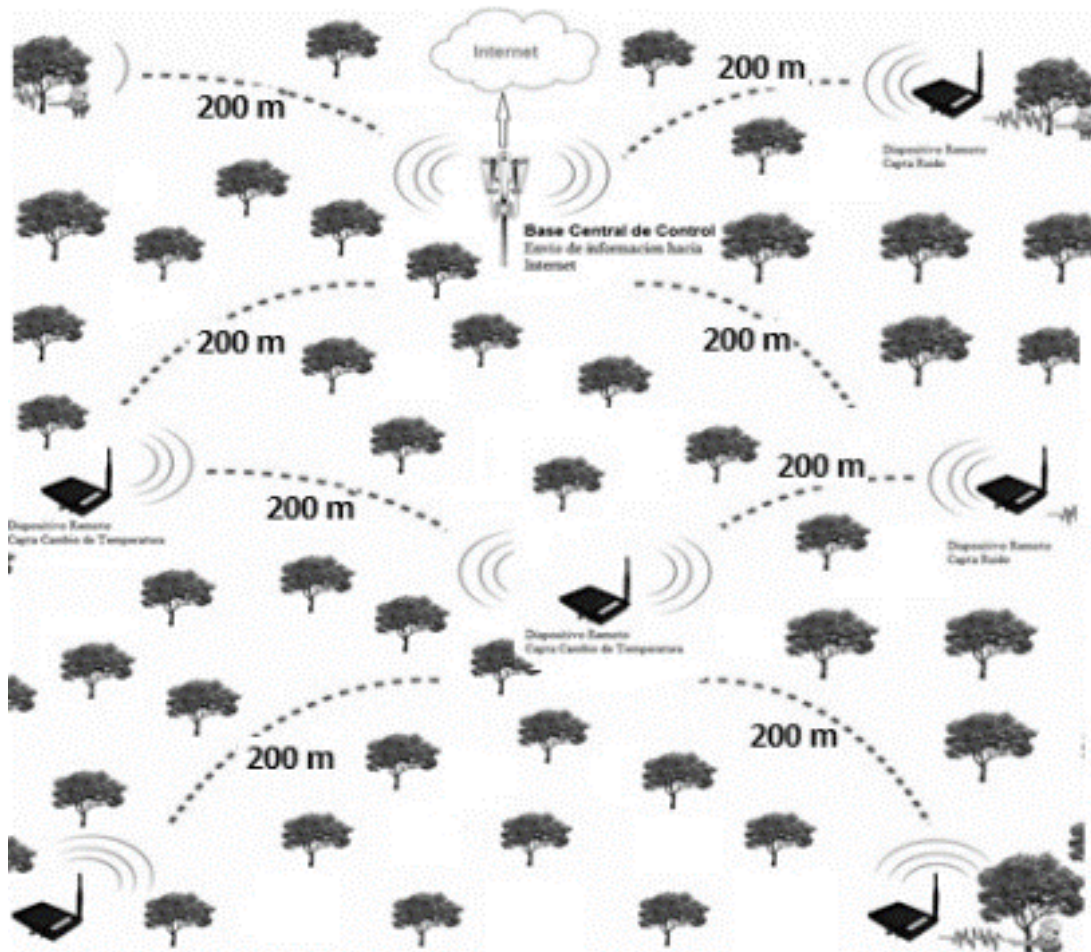


Figura 10. Topología utilizada.

Obteniendo las características ambientales en el momento del incendio, el combustible que hay en la zona y las características orográficas del terreno que está afectado por el suelo podemos intentar “predecir” el comportamiento del fuego y con ello llevar un ataque más efectivo. Con los datos obtenidos se deben decidir cuáles son las acciones básicas que se necesitan hacer en primer lugar, así como el método de extinción más adecuado para que el incendio sea sofocado con la mayor rapidez posible. Dentro de los beneficios que muestra el sistema está que mediante la aplicación se podrá visualizar mediante mapas la entidad que puede brindar una pronta respuesta en caso de desatarse un incendio forestal.

4. BENEFICIARIOS

Entre los principales beneficiarios del proyecto tenemos:

Beneficiarios Directos

- Áreas forestales y en general el medio ambiente, razón por la cual mediante a implementación de Natura Sys evitará el desequilibrio del ecosistema.

Beneficiarios Indirectos

- Los organismos encargados de la preservación del medio ambiente entre ellos: entidades gubernamentales, ministerios, gobiernos provinciales y municipales; ya que el hecho de tener estos tipos de siniestros de gran magnitud conlleva al estado destinar fondos tanto para atender el siniestro como cubrir los daños producidos a partir desastre ambiental.

- Organismos encargados de la atención del desastre ambiental, entre ellos cuerpo de bomberos y policía nacional, siendo estos los encargados de la atención primaria de la emergencia. La población, mediante el sistemas implementado se custodiar á de mejor manera las vidas humanas y así aportar al Buen Vivir de nuestra sociedad.

5. CONCLUSIONES

- Se implementó Natura Sys, prototipo que permite utilizar la tecnología actual para de alguna manera dar solución a un problema ambiental, social y económico no solo de nuestra localidad sino mundial y con esto se mejorará la capacidad de actuación ante un incendio forestal, haciendo que los organismos encargados del control de áreas forestales y tala ilegal cuente con un mecanismo de actuación preventivo y fiable.
- La tecnología 802.15.4 permite acoplar en el diseño de redes inalámbricas características muy importantes como son su flexibilidad de red, bajos costos, y bajo consumo de energía; esta tecnología se puede utilizar para muchas aplicaciones de su doméstico, comercial e industrial que requieren una tasa baja en la transmisión de datos, de manera que se exploten los recursos al máximo y no haya desperdicio de infraestructura en el sistema que se crea, y sean la mejor opción para la creación de estos tipos de sistemas, en este caso orientados a la protección del medio ambiente.
- Las Redes de Sensores Inalámbricas implican un gran intercambio de información con un mínimo de esfuerzo de instalación y que brinden mejor movilidad a un sistema. Esta tendencia es impulsada por la gran capacidad de integrar componentes inalámbricos de una forma más barata y el éxito que tienen otros sistemas de comunicación inalámbrica como los celulares. Varias aplicaciones dentro del hogar, empresas o sistemas industriales están vislumbrando la necesidad de comunicación con sistemas como: redes de audio y video, automatización del hogar, ahorro de energía y seguridad. Cada uno de ellos tiene diferentes necesidades de ancho de banda, costos y procedimientos de instalación, las redes con 802.15.4 pueden ser diseñadas para satisfacer las necesidades exactas para un sistema específico.
- Se contribuye de esta manera al Plan Nacional del Buen Vivir, mejorando la calidad de vida de la población, garantizando los derechos de la naturaleza y aportan a una sostenibilidad ambiental territorial y global; así como una participación activa del cambio de la matriz productiva de nuestro país.

REFERENCIAS

- Ciencia Popular, 2007. Deforestación mundial. Descargado de <http://www.cienciapopular.com/ecologia/deforestacionmundial> el 21 de abril de 2014.
- Diario LA HORA, 2012. Agua ayuda a controlar incendios. Disponible en <http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101397929#.U4JzdPI5OSo>.
- IEEE 802.15.4A-2003, 2003. Wireless medium access control and physical layer specifications for low rate wireless personal area network wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY). Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), ISBN 0-7381-3677-5, 1-679. Disponible en <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractAuthors.jsp?tp&arnumber=5755074&queryText%>.
- IEEE. 802.15.4A-2006, 2006. Wireless medium access control and physical layer specifications for low rate wireless personal area networks. Disponible en http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1700009.
- IEEE. 802.15 IEEE. 802.15 WPAN Low rate alternative PHY Task Group 4a (TG4a).Disponible en <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4a.html>.

- Los incendios forestales, 2014. Disponible en <http://www.bomberos.gob.ec/informacion-tecnica>.
- Medina, G., L. Cueva, R. González, E. Torres, 2009. Software para la detección y extinción de incendios forestales. Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009): Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice, June 2-5, 2009, San Cristóbal, Venezuela. Disponible en <http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/p106.pdf>.
- Mura, M., F. Fabbri, M. Sami, 2008. Modelización del costo de la energía de la seguridad en Redes Inalámbricas de Sensores: El caso de 802.15.4. TIC Conferencia Internacional Telecomunicaciones, San Petersburgo. ISBN 978-1-4244-2036-0. Disponible en <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4652616&navigation=1>.
- Northoff, E., 2003. Los incendios devastan cada vez más los bosques de todo el mundo. Disponible en <http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2003/21962-es.html>.
- Suárez Páez, J., G. Llano Ramírez, 2010. Revisión del estado del arte de IR-Ultra-Wideband y simulación de la respuesta impulsiva del canal IEEE 802.15.4a. (Spanish). Ingeniería y Ciencia, 2010/6/11:105-127. Disponible en *Academic Search Complete, EBSCOhost, www.ebscohost.com*.
- Zigbee Alliance, Tecnología Zigbee. Disponible en <http://www.zigbee.org/>.