

Num.7-2016-Art.3 | Red Inalámbrica de Sensores basados en IPv6 para el monitoreo remoto de cultivos

Red Inalámbrica de Sensores basados en IPv6 para el monitoreo remoto de cultivos

Edison Tambaco-Suarez¹, Edgar Maya-Olalla^{1*}, Diego Peluffo-Ordoñez¹, Hernán Domínguez-Limaico¹, Jaime Michilena-Calderon¹

¹Universidad Técnica del Norte, FICA, Ibarra, Ecuador.

*Correspondiente: eamaya@utn.edu.ec

Una red inalámbrica de sensores o WSN (por sus siglas en inglés: Wireless Sensor Network) es una red inalámbrica de dispositivos de censado. Las WSN son sistemas distribuidos constituidos por dispositivos de bajo consumo de energía, con capacidades de censado y comunicación. A los dispositivos que conforman dichas redes se les denominan nodos sensores o motas (motes) y están limitados en su capacidad computacional y de comunicación. Sin embargo, trabajan de forma colaborativa para llevar la información de un punto a otro de la red transmitiendo mensajes (Molina, 2010)

IPv6 es una versión actual del protocolo IP del modelo TCP/IP, diseñado para reemplazar a la versión 4 que tiene problemas con la cantidad de direcciones que posee (232 direcciones IPv4), lo que limita el crecimiento y uso del internet. Por otro lado, la versión 6 del protocolo IP posee una cantidad de direcciones inmensa (2128 direcciones IPv6), esto quiere decir que hay alrededor de $6,7 \times 10^{17}$ (670 mil billones) direcciones por milímetro cuadrado de la superficie de la Tierra.

Las características del nuevo protocolo en su versión 6, son la capacidad de direccionamiento extendido, simplificación de formato de cabecera y soporte mejorado para las extensiones y opciones.

La arquitectura del sistema propuesto, se subdivide en dos etapas principales que son:

La WSN: comprende de una topología de red mallada; los nodos sensores, nodo servidor y el sistema operativo embebido Contiki, un protocolo de enrutamiento RPL y una transmisión de datos a través del estándar IEEE 802.15.4.

La Nube (Cloud): comprende al gateway y la plataforma PAAS, específicamente la plataforma Openshift que tiene integrado un servidor web apache, una base de datos MySQL, un gestor de bases de datos phpMyAdmin y un lenguaje de programación PHP-HTML para el desarrollo de aplicaciones.



Fig. 1 Arquitectura del sistema

En la topología de red de la Fig. 1 se muestra la Arquitectura del sistema, la cual consta de 3 nodos sensores, un nodo servidor, un Gateway y fuentes de alimentación a través de paneles solares; el esquema de conexión de energía DC del sistema se presenta en la Fig. 2



Fig. 2 Esquema de conexión de la fuente de energía DC al nodo sensor

Los dispositivos de hardware implantados son: ARDUINO UNO que opera con un voltaje de 12V (pudiendo operar con voltajes entre 6V y 20V), y a través de un SHIELD HOST USB acoplado al Arduino, se conectan y se alimentan los nodos sensores TelosB que operan con voltajes entre 2.1 V y 3.6 V.

Nodos Sensores: permiten la recolección y transmisión de los parámetros ambientales mediante el uso de sensores internos y externos, trabajando conjuntamente con un Arduino UNO, su shield USB y la fuente de energía solar (panel solar + regulador de voltaje + batería recargable).

Todos estos dispositivos están ubicados a 1.5 metros de altura y a una distancia promedio entre nodos de 50 metros, con el objetivo de mantener un nivel de comunicación óptimo entre nodos, en una área de monitoreo de 4700 metros cuadrados, como se aprecia en la Fig. 3; además, a los nodos sensores se los ha instalado dentro de una caja de protección con sus respectivas adecuaciones para que no sufran daños al colocarlos a la intemperie, tal como se muestra en la Fig. 4.



Fig. 3 Nodos sensores instalados



Fig. 4 Componentes de un nodo sensor debidamente conectados

En la Fig. 5 se muestra el hardware de un nodo donde se identifica el sensor de temperatura, así como los sensores de radiación solar.



Fig. 5 Identificación del sensor de temperatura y radiación solar en un nodo sensor instalado

La Fig. 6 presenta un sensor externo de humedad de suelo utilizado como nodo sensor, dentro para la arquitectura del sistema de monitoreo.

Nodo Servidor: el Servidor, a diferencia de los nodos sensores

estará ubicado dentro de un espacio físico cubierto, protegido e interactuando directamente con el gateway para entregar los datos recibidos de sus nodos sensores., como se aprecia en la Fig. 7.



Fig. 6 Sensor externo de humedad del suelo



Fig. 7 Nodo Servidor conectado al Gateway

En la Fig. 8 se muestra la pantalla de gestión del nodo servidor donde se observa paquetes de datos receptados por dicho nodo.



Fig. 8 Paquetes receptados por el Nodo Servidor

Gateway: El Gateway, al igual que el nodo servidor estará ubicado como se observa en la Fig. 9, en un espacio físico cubierto, protegido, adherido a un monitor de visualización del sistema de monitoreo y funcionando como interfaz de comunicación entre la WSN/6LoWPAN y los servidores del sistema. Su fuente de energía será proporcionada por la red eléctrica AC a 110 V que posee la granja y una conexión inalámbrica a internet a través del AP CISCO con autenticación WPA2 que cubre el área de oficinas y ciertas aulas de la granja.



Fig. 9 Gateway instalado

Sistema de monitoreo: El sistema está montado en el gateway para el monitoreo local y replicado en una plataforma PAAS para el monitoreo remoto. El sistema siempre estará operativo, en espera de datos suministrados por la WSN/6LoWPAN para procesarlos y hacerlos visibles en su interfaz web.

En la arquitectura del sistema, se desarrolla un software que permite el monitoreo de las variables ambientales de los cultivos, la cual consta de un servidor web y una base de datos alojados en una plataforma PAAS, a la que los usuarios acceden bajo peticiones de autenticación para visualizar las mediciones



Fig. 10 Arquitectura del sistema de monitoreo

En la Fig. 10 se muestra la lógica para acceder al sistema de monitoreo ya sea de forma local o remota requiere:

- Contar con un dispositivo Smart (Smartphone, Tablet, Laptop, PC, etc.) que posea cualquier tipo de navegador web (Firefox, Chrome, Safari, Opera, etc.), si se desea un monitoreo local se deberá estar conectado a la red interna de la granja y para un monitoreo remoto se deberá tener conexión a internet.
- Tener actualizado los complementos adobe flash player del navegador web a usar y cualquier otro complemento gráfico para poder visualizar la interfaz gráfica del software sin ningún inconveniente.
- Ingresar mediante un navegador web a la siguiente dirección web
<http://6lowpan.donweb-homeip.net:8080/6lowpan/> donde se desplegará una pantalla similar a la que se muestra en la Fig. 11.



Fig. 11 Interfaz de autenticación

Una vez autenticados se abre la interfaz de monitoreo de los nodos sensores, visualizando mediante gráficos representativos (desarrollados con plugins) de los diferentes valores monitoreados por cada nodo y extraídos de la base de datos del sistema, como se aprecia en la Fig. 12.



Fig. 12 Interfaz de monitoreo

El sistema permite realizar consultas en la base de datos y presentar informes del historial de las mediciones de los sensores, para una interpretación técnica por los administradores de los cultivos, de tal manera que les permita futuras toma de decisiones. Los reportes se los puede filtrar y exportar en un archivo de tipo PDF. En la Fig. 13 se muestra un ejemplo de consulta de historial de monitoreo.



Fig. 13 Consulta de historial de monitoreo

Las alarmas son las encargadas de enviar notificaciones de advertencia a él/los administradores por medio de correos electrónicos, identificando a que tipo corresponde y como se ha producido en las lecturas de la WSN/6LoWPAN de acuerdo a los valores límites de factores ambientales establecidos de acuerdo a lo que se desea monitorear.

El resultado de una consulta de alarmas, y las notificaciones se envía por correo electrónico.

Análisis costo – beneficio

Desde un punto de vista económico y social. Este análisis se realiza en base a los costos de inversión y beneficios obtenidos al desarrollar un proyecto.

El costo es la cantidad de inversión que requiere el proyecto, tanto en equipos, infraestructura e ingeniería.

Respecto a equipos se toma en cuenta todo el hardware que interviene en la WSN/6LoWPAN y el gateway, referenciando costos reales a nivel de consumidor final, los cuales se presentan en la Tabla 1.



Como costos de infraestructura se incluyen, el consumo de energía eléctrica por parte del gateway, las cajas y soportes de los nodos sensores y el costo de servicio de internet; los cuales se presentan en la Tabla 2. Cabe señalar que los ítems de consumo eléctrico y servicio de internet se excluyen por ser financiados por la universidad.



Los costos de ingeniería se consideran los honorarios de la persona encargada del diseño del sistema y el estudio de campo, trabajo que es valorado de acuerdo a la dificultad de acceso y condiciones climáticas donde se ejecutará el proyecto.

En este caso, el costo de diseño se valora en 500 dólares mensuales, tomando en cuenta que será realizado por un egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, asimismo se considera el proceso de documentación del proyecto, lo cual es descrito en la Tabla 3



El beneficio en términos económicos, se entendería como ingresos monetarios directos que produciría el proyecto como tal; pero en este caso se interpretará a los beneficios en términos relacionales entre lo económico, social, educativo y

ambiental, puesto que el proyecto influirá en la optimización de producción y cuidado de cultivos de ciclo corto, toma de decisiones oportunas en base a los datos de monitoreo (cálculo de la evapotranspiración de las plantas y programación de riego), ahorro de presupuesto (mantenimiento de cultivos solo cuando realmente se requiera), mejora de la calidad de cultivos y vinculación de los estudiantes y administradores de la granja con la tecnología y aplicarla a la agricultura (uso de las TICs en la educación).

En la Tabla 4 se detalla los beneficios estimados que se tendrá con la Red Inalámbrica de Sensores, basados en IPv6 para el monitoreo remoto de cultivos en la granja La Pradera de la Universidad Técnica del Norte.



Conclusiones

- El uso de redes inalámbricas de sensores en términos de monitoreo, no solo tienen impacto en la agricultura, sino también en ámbitos industriales, médicos, ambientales, etc. y aprovechando sus características como son el bajo consumo de energía, escalabilidad, alta durabilidad, alimentación por paneles solares, hacen de estas redes una alternativa ecológica, sin casi ningún impacto ambiental y costo accesible al momento de elegir las como solución a un determinado problema.
- Las herramientas de hardware que intervienen en el diseño del proyecto son orientadas a entornos libres, permitiendo una configuración y montaje flexible al momento de satisfacer las necesidades y cumplir con los

objetivos del proyecto.

- Las herramientas de software utilizadas en el proyecto como las principales que son: Arduino IDE, Contiki, Apache, PHP y MySQL, son multiplataforma y permiten el desarrollo del proyecto en diferentes sistemas operativos.
- El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) permite modelar y documentar un sistema mediante la metodología que el desarrollador vea conveniente, lo que otorga una flexibilidad de elección y conveniencia en la metodología a usar para el modelado.
- La implementación de una red WSN/6LoWPAN para el monitoreo de cultivos, permite relacionar la agricultura con la electrónica y redes de comunicaciones de datos; incursionando así en una agricultura inteligente (smart agriculture).
- Al diseñar la WSN/6LoWPAN se han preestablecido variables necesarias y suficientes para el monitoreo de cultivos de ciclo corto, pero si fuese el caso de agregar más variables de monitoreo, tanto el hardware como software son escalables y capaces de soportar mayor número de nodos y sensores.
- El uso de plantillas adaptativas en el diseño del software, se traduce en una ventaja para el usuario; así podrá visualizar los datos entregados por la WSN/6LoWPAN

desde cualquier dispositivo inteligente que posea y tenga conexión a Internet.

Recomendaciones

- Instalar nodos sensores dentro del área de cobertura (menor a 120m) y aplicado a cultivos de ciclo corto de pequeño y mediano tamaño para evitar interferencia en la línea de vista entre nodos.
- Mantener un tiempo de monitoreo entre los 10 a 20 minutos, con el fin de incrementar el tiempo de vida de la batería en los nodos sensores y a su vez tener un menor número de datos almacenados en la base de datos.
- En el diseño de software, se recomienda usar la plataforma del tipo PAAS (Plataforma como servicio), ya que se necesita tener acceso a internet para realizar cualquier modificación a la aplicación.
- Para optimizar el desempeño del proyecto, es necesario orientarlo a entornos protegidos y con factores ambientales alterables.
- Las WSN/6LoWPAN abarcan un estudio extenso por ello se sugiere revisar la bibliografía para profundizar la información.