

# Red Inalámbrica de Sensores Aplicada a la Predicción del Comportamiento de Incendios Forestales

Rodrigo Atilio Elgueta<sup>1</sup>, Miguel Méndez-Garabetti<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Mendoza, Dirección de Posgrado, Facultad de Ingeniería  
rodrigo.elgueta@um.edu.ar, miguel.mendez@um.edu.ar

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

## RESUMEN

Las Redes Inalámbricas de Sensores poseen diversos campos de acción, uno de ellos está íntimamente vinculado con el seguimiento y prevención de catástrofes naturales. Los incendios forestales, como parte de éstas, generan grandes pérdidas y daños alrededor del mundo. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar y planificar el despliegue de una Red Inalámbrica de Sensores para la cuantificación de ciertas variables ambientales, permitiendo detectar la ocurrencia y propagación de incendios forestales. Se espera que las mismas puedan ser incorporadas como entradas en un sistema de predicción del comportamiento de incendios forestales, el cual, estará compuesto por el método de reducción de incertidumbre denominado ESS-IM (Sistema Estadístico Evolutivo con Modelo de Islas). Esta propuesta pretende servir como plataforma para el

de comportamiento del fuego, con el objeto de resultar una herramienta útil para minimizar los daños causados por este tipo de fenómenos.

**Palabras clave:** Red Inalámbrica de Sensores, Teledetección de Incendios

*Forestales, WSN. Predicción de Incendios Forestales*

## CONTEXTO

El presente trabajo de I+D se desarrolla como proyecto de tesis de posgrado de la Maestría en Teleinformática, Dirección de Posgrado, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Mendoza, (Ciudad, Mendoza). El presente proyecto será presentado como propuesta de tesis.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las causas que dan lugar a los incendios forestales pueden ser tanto de tipo estructural como inmediatas, dentro de estas últimas, las mismas pueden clasificarse en aquellas que derivan de comportamiento antrópico o de agentes naturales [1], siendo la primera, la que agrupa la mayor probabilidad de ocurrencias.

Los incendios forestales transitan tres etapas: propagación y etapa de extinción, finalizando por causas naturales (lluvia o falta de vegetación) o por acción humana (labores de extinción) [2][3].

Durante muchos años se ha trabajado en el desarrollo de diferentes herramientas para la prevención, detección y predicción de incendios forestales. Cada una de éstas

corresponde a distintas fases del proceso de lucha contra incendios [4][5][6][7].

La prevención tiene como objetivo lograr que los incendios no alcancen a materializarse; la detección se concentra en determinar la ubicación de los focos de incendio antes de que éstos adquieran una magnitud tal que lleve a perder el control sobre ellos; y por último la predicción, que tiene dos acepciones: predicción de incendios forestales y predicción del comportamiento de incendios forestales. La primera de ellas intenta predecir la ocurrencia de incendios antes de que estos sucedan, mientras que la segunda, busca determinar el posible comportamiento de un incendio forestal una vez que éste ya se ha iniciado, permitiendo tomar decisiones acertadas en el plan de acción a tomar [8].

Uno de los retos más importantes que enfrenta un modelo de predicción de incendios forestales es el de disminuir los efectos de la incertidumbre i.e., intentar conocer con el mayor grado de precisión posible los valores de los parámetros de entrada que determinan el comportamiento del modelo.

Las implementaciones computacionales de dichos modelos suelen realizarse con simuladores de comportamiento de incendios. Éstos suelen requerir el uso de grandes capacidades de cálculo, debido que generalmente se realiza un gran número de simulaciones por cada incendio en consideración. Debido al tamaño del conjunto de datos y la complejidad de las operaciones que deben efectuarse sobre los mismos, puede requerirse la utilización de sistemas de alto rendimiento (HPC, High performance Computing) para resolver el problema en el menor tiempo posible [9].

Las redes inalámbricas de sensores, además de utilizarse como sistema de detección de incendios en tiempo real, pueden ser un

complemento importante para reducir significativamente el tiempo de procesamiento necesario de los sistemas de predicción actuales. A fin de reducir la brecha de incertidumbre del modelo, podría alimentar al simulador con información real de un determinado parámetro, el cual, anteriormente era desconocido y calculado en base a estimaciones indirectas.

Las Redes Inalámbricas de Sensores (WSN, Wireless Sensor Networks) también se encuadran dentro de la llamada “Inteligencia Ambiental” y se encuentra ligada a los últimos avances en computación ubicua y los nuevos conceptos de interacción inteligente entre usuario y máquina. Desde el punto de vista práctico, consiste en la creación de una serie de objetos de uso cotidiano con cualidades interactivas suaves y no invasivas [10], siendo su objetivo fundamental, dotar a objetos de capacidades de adquisición de información, procesamiento y comunicación para ofrecer nuevos servicios a los usuarios.

Por lo tanto, las WSN se basan en dispositivos de bajo coste y consumo llamados nodos (motes), capaces de obtener información de su entorno, procesarla localmente, y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación.

Los nodos actúan como elementos de la infraestructura de comunicaciones al reenviar los mensajes transmitidos por nodos más lejanos hacia al centro de coordinación.

La red de sensores inalámbricos está formada por numerosos dispositivos distribuidos espacialmente, que utilizan sensores para controlar diversas condiciones en distintos puntos, como temperatura, humedad y presión entre otras. Los dispositivos son unidades autónomas que constan de un microcontrolador, una fuente de energía, un radio-transceptor y un elemento sensor [11].

Las capacidades de autodiagnóstico, auto-configuración, auto-organización, auto-restauración y reparación, son propiedades que se han desarrollado para este tipo de redes para solventar problemas que no eran posibles con otras tecnologías.

Se caracterizan por ser redes desatendidas, con alta probabilidad de fallo en cada componente, habitualmente construidas ad-hoc para resolver un problema muy concreto, es decir, para ejecutar una única aplicación.

Existen diversas áreas de aplicación para las WSN, entre las que se destacan: monitoreo de energía, condiciones estructurales, transporte, monitoreo industrial y monitoreo ambiental [12]. Enmarcado en esta última, el presente trabajo desarrolla un proyecto de utilización de una WSN con componentes de bajo costo para la detección de incendios forestales y su conexión con modelos de predicción.

## 2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

### **Definición de esquemas y despliegue:**

El presente trabajo, considera un diseño con patrones en disposición de cuadrícula regulares de igual distribución con consumo energético [13]. Se ha establecido de esta manera en función de que además de facilitar la comunicación, proporcionaría la localización de los elementos, realizando una cuadrícula en el terreno evitando el uso de sensores GPS por nodo [14].

### **Definición de equipamiento a utilizar:**

Debido a la existencia de variables mínimas que deben ser monitoreadas, el trabajo de tesis, cuenta con sistema de adquisición de datos mediante la utilización de sensores específicos. Un ejemplo de ello, es el sensor DHT11, utilizado en el anteproyecto de tesis

para obtener valores en tiempo real de temperatura y humedad de un lugar específico. Los sensores estarán conectados a un nodo que tendrá interfaces de Entrada/Salida para sensores, memoria y un procesador. Si bien existe una diversidad de componentes que poseen soluciones integradas entre este punto y el que viene a continuación, como el chip esp8266 o bien el mrf24j40ma que poseen placas de red incorporadas, se optó para este trabajo utilizar como mote placas “arduino nano”.

### **Protocolos y Primitivas de Conexión**

Este punto se está estudiando cuidadosamente, ya que está en proceso de decisión basado en pruebas de laboratorio y costes, la utilización de diferentes tecnologías, entre ellas las más importantes son: IEEE 802.15.4, ZigBee eIEEE 802.11 b/g/n. Si bien ZigBee [15] [16] [17] está basada en IEEE

802.15.4 y por lo tanto posee un bajo consumo, acepta topologías tipo mesh y es de fácil integración, aún es una tecnología de alto costo para aplicaciones como la del presente trabajo, por lo que se está investigando alternativas para la utilización de componentes con el estándar IEEE 802.11 b/g/n de bajo consumo.

A pesar de la disposición de cuadrícula vista anteriormente, la topología lógica a utilizar será jerárquica ya que se designarían a algunos nodos como “cluster-head” con mayor responsabilidad para controlar a otros nodos. Se espera que esta característica, posea ventajas para la detección de incendios debido a que, ante cambios de condiciones, existiría un control que reaccionaría ante amenazas de fuego a fin de cambiar parámetros de: energía, ancho de banda, tiempos de recolección de datos, etc.

Por ello, se utilizará el modelo de ruteo de protocolos basados en clúster [16]. El despliegue del mismo en el escenario que se estudia, permitiría el balance de consumo energético y el envío de mensajes críticos lo más rápidamente posible mediante la utilización de protocolos de comunicación de entornos consistentes intra-clusters e inter-clusters.

### **Integración con método de predicción:**

Se realizará una evaluación detallada por cada uno de los parámetros de entrada que el método ESS-IM utiliza para realizar los cálculos predictivos. Dicho análisis se realizará con el objetivo de garantizar el mayor grado de compatibilidad entre las variables medidas y la información que el método necesita para el cálculo de propagación del frente de fuego a fin de encontrar las que son de utilidad en las tareas de predicción.

### **3. RESULTADOS ESPERADOS**

Actualmente, el trabajo en desarrollo, parte desde el enfoque de integración de todos los dispositivos de red, control, energía, etc., que formarán un nodo, para la implementación de una WSN para recolectar datos de los sensores y diseñada para poder ser utilizada como entrada del método ESS-IM.

Como objetivo de dicha WSN, se busca: poseer eficiencia energética ya que en grandes extensiones con un gran número de sensores puede ser costoso e incluso imposible su reemplazo, por consiguiente, también se busca que sea auto regenerativa para que continúe funcionando ante el fallo de algún nodo. También se necesita que la misma posea la capacidad de adaptarse a ambientes hostiles y que a su vez permita optimizar los

recursos y la vida útil de los sensores mediante la definición de una arquitectura y protocolo de comunicación que lo permitan.

De esta forma, la incorporación de WSN para la lucha contra el fuego mediante la captura de parámetros medidos en tiempo real, podría detectar la ocurrencia de incendios forestales, colaborar en su prevención y alimentar modelos de predicción de su comportamiento en función de las variables de entrada del método ESS-IM.

## **4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

La línea de I+D presentada está vinculada con el desarrollo de una tesis de posgrado por parte del Ing. Rodrigo Atilio Elgueta, quien es estudiante de la Maestría en Teleinformática de la Universidad de Mendoza.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

1. Comisión Nacional Forestal (2010). Guía práctica para comunicadores - Incendios Forestales. San Juan de Ocatán. Guadalajara. México
2. Pausas, J. G. 2012. Incendios forestales. Ed Catarata-CSIC
3. Molina, DM; Grillo-Delgado, F; Garcia-Marco, D, (2006). Uso del fuego prescrito para la creación de rodales cortafuegos: estudio del caso "Las Mesas de Ana López", Vega de San Mateo, Gran Canaria, España. InvestAgrar: SistRecurFor (2006) 15(3), 271-276, Madrid
4. P.N. (2005) Omni, ForestFires: A Reference Handbook. ContemporaryWorldIssues.
5. E.A. Johnson, K. Miyanishi (2001), Forest Fires: Behavior and Ecological Effects. Academic Press.
6. J.D. Lowe (2000). Wildland Firefighting Practices. Delmar Thomson Learning.

7. Frausto, Juan Manuel y Landa, Rossana (2005) Incendios forestales. Definiendo el problema, ecología y manejo, participación social, fortalecimiento de capacidades. Educación y divulgación. Mundi Prensa.
8. Méndez-Garabetti Miguel, Tardivo María Laura, Bianchini Germán, y Caymes-Scutari Paola (2014). Predicción del Comportamiento de Incendios Forestales mediante un Método de Reducción de Incertidumbre basado en HPC y Evolución Diferencial. XVI WICC 2014.
9. Méndez-Garabetti Miguel, Bianchini Germán, Caymes-Scutari Paola, y Tardivo María Laura (2016). Increase in the quality of the prediction of a computational wildfire behavior method through improvement of the internal metaheuristic. *Fire Safety Journal*, 82 (2016), 49-62.
10. Waqas Ali, Abdullah, y Ishfaq-ur-rashid. (2016). A Survey on WSN-based Forest Fire Detection Techniques. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. 1(1), 60-65.
11. Fernandez Barcell Manuel (2015). Wireless Sensor Network. Recuperado de: <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>
12. Ni.com. (2017). Innovations - National Instruments. [online] Recuperado de: <http://www.ni.com/wsn/applications/esa>
13. Yunus Emre Aslan, Ibrahim Korpeoglu, y Özgür Ulusoy (2012). A framework for use of wireless sensor networks in forestfire detection and monitoring. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36 (2012) 614–625.
14. Serna M Ángeles, Bermúdez Aurelio, y Casado Rafael (septiembre de 2012). Modelado de incendios forestales con WSNs mediante múltiples envolventes. En Manzoni (moderador). Jornadas de la Sociedad de Arquitectura y Tecnología de Computadores (SARTECO). Sesión 3C de las Jornadas SartecoElx, llevada a cabo en Elche, Valencia, España.
15. Solobera Javier. (2010). Libelium: Detecting Forest Fires using Wireless Sensor Networks. Libelium. Zaragoza, España.
16. Garbarino Jimena (2011). Tesis: Protocolos para redes inalámbricas de sensores. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
17. Erazo Jennifer. Hervas Carlos (2014). Sistema de detección de incendios forestales mediante redes sensoriales inalámbricas (Zigbee). MASKANA, I+D+ingeniería 2014 Ecuador.