

# Evaluación de los protocolos AODV y AOMDV en Aplicaciones de Detección de Fuego y Gas para Redes de Sensores

Jazmín A. Jimenez\*, Alan Bonino\*, Arnoldo Díaz-Ramírez\*, Heber S. Hernández\*, Félix F. Díaz\*

{jjimenez, abonino, adiaz}@itmexicali.edu.mx, {heberht, ffdiaz1010}@gmail.com

**Resumen**—Las Redes de Sensores Inalámbricas (*Wireless Sensor Networks* o WSN) están compuestas por nodos con uno o más sensores. Estos nodos son capaces de procesar los datos medidos por los sensores y de enviar tan solo la información requerida a una estación base, utilizando para esto a los nodos intermedios como encaminadores (routers) en caso de ser necesario. Las WSN han recibido una gran atención en los últimos años. Una de las áreas de aplicación que mayor interés ha generado recientemente es el del uso de las WSN en la detección de eventos, tales como fuego, gas e intrusos. En estos escenarios, los nodos deben enviar la información medida por los sensores lo mas pronto posible, de tal manera que puedan llevarse a cabo las acciones necesarias. Sin embargo, se ha hecho muy poca investigación relacionada con el desempeño de los protocolos de comunicación para WSNs en aplicaciones de detección de eventos. En este artículo presentamos un comparativo del desempeño de los protocolos AODV y AOMDV, en aplicaciones de WSNs para la detección de eventos de fuego y gas. El comparativo en el desempeño de estos protocolos se llevó a cabo a través de simulaciones, definiendo escenarios con diferentes distancias entre los nodos. Se midió el tiempo de respuesta por considerarse un parámetro crítico, ya que en estos casos la información debe llegar lo antes posible y completa.

**Index Terms**—Redes Ad Hoc, Redes de Sensores Inalámbricas, Protocolos de Encaminamiento

## I. INTRODUCCIÓN

Una red móvil *ad hoc* (*Mobile Ad hoc Network* o MANET) es una red que puede formarse sin necesidad de alguna administración central o de infraestructura fija. En una MANET no existe un nodo principal que se encargue del envío de datos, sino que consta de nodos móviles que pueden auto-organizarse utilizando diversas topologías de red [5].

Una red de sensores inalámbrica (*Wireless Sensor Network* o WSN), es una red MANET formada por un conjunto de nodos inalámbricos que contienen uno o mas sensores. Los nodos tienen la capacidad de procesar los datos medidos por los sensores y de enviar (y recibir) datos hacia una estación base. Existen una gran cantidad de sensores que pueden utilizar las WSN, tales como para medir temperatura, presión, sonido, movimiento, vibración, por mencionar algunos.

Las WSNs pueden ser desplegadas sobre o debajo de la superficie de la tierra, así como también es posible desplegar-

las bajo el agua. Dependiendo del entorno en el que se encuentre, una WSN afronta desafíos y restricciones diferentes. Por esto se distinguen cinco tipos de WSNs como son: terrestres, subterráneas, submarinas, multimedia y móviles [14].

- WSN Terrestre: Los nodos se encuentran sobre la superficie terrestre y pueden ser distribuidos aleatoriamente o específicamente en el área requerida. Para la distribución de nodos de manera específica es necesario llevar a cabo un análisis previo sobre el entorno, la distancia entre nodos, ubicación de cada nodo, etc. En el caso aleatorio, los nodos pueden ser distribuidos por medio de un avión en el área deseada.
- WSN Subterránea: Los nodos son colocados debajo de la superficie de la tierra, ya sea una cueva o una mina, estos nodos por lo general son más caros que los terrestres debido a que su equipamiento debe ser el adecuado para asegurar una comunicación a través del suelo, rocas, agua, entre otros problemas que puedan interferir.
- WSN Submarina: Los nodos se encuentran bajo el agua, los cuales son vigilados por vehículos submarinos<sup>1</sup>. Estos vehículos tienen la función de recolectar los datos de los nodos [14]. Este tipo de redes consta de pocos nodos ya que el paso de la información es más complicado y más caro que los dos anteriores.
- WSN Multimedia: Permiten la monitorización y detección de eventos en forma multimedia como el vídeo, audio e imagen. Estos nodos están generalmente equipados con cámaras y micrófonos.
- WSN Móvil: Los nodos tienen la capacidad de moverse a diferentes sitios y organizarse en la red. Estas redes pueden comenzar con algún despliegue inicial y a partir de éste los nodos tienen la posibilidad de extenderse para reunir la información deseada. Esta información puede ser comunicada entre nodos únicamente cuando estén dentro del rango de cobertura [14].

Las aplicaciones en WSNs se pueden clasificar de muy diversas formas. Una manera de clasificarlas se muestra en la Fig. 1, en la cual podemos observar que las aplicaciones pueden dividirse en dos categorías: monitorización y rastreo (tracking) [14].

\*Instituto Tecnológico de Mexicali  
Departamento de Sistemas y Computación  
Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles  
Mexicali, B.C. CP: 21376  
Tel. (686) 580-4980

<sup>1</sup>Vehículos submarinos: Es un robot que se desplaza bajo el agua sin necesidad de un operador.

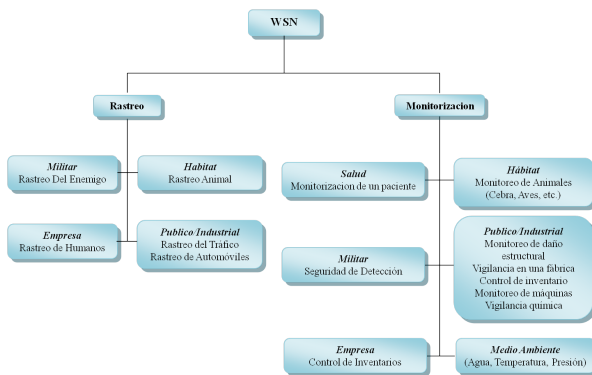


Figura 1: Clasificación de las Aplicaciones para WSN

Como puede observarse en la Fig. 1, en las aplicaciones de monitorización se consideran la monitorización ambiental, monitorización de la salud y bienestar de los pacientes, el control de inventarios en una empresa, así como la monitorización sísmica y estructural. Por otro lado, en las aplicaciones de rastreo se encuentran el rastreo o seguimiento de objetos, animales, personas y vehículos.

En el desarrollo de aplicaciones para redes de sensores existen varios aspectos que son importantes a considerar, y que se muestran en la Fig. 2 [14]. Para poder aprovechar de manera óptima los recursos limitados de los componentes de una WSN, es necesario elegir un buen sistema de soporte, conformado por el sistema operativo, compiladores y esquemas de almacenamiento. La conservación de la energía en una WSN puede incrementar su vida útil. Aspectos tales como la optimización de la comunicación, un diseño inteligente de despliegue de los nodos o un buen soporte del sistema operativo influyen en el uso de la energía de la red.

Tomando en consideración que los nodos utilizan generalmente baterías como fuente primaria de energía, y que las operaciones que mas energía consumen son las de envío de datos a través de la red inalámbrica, es importante que los protocolos de comunicación utilizados hagan un uso eficiente de la energía disponible. Sin embargo, los protocolos tradicionales de redes de computadoras no funcionan bien en las WSN ya que no fueron diseñados para satisfacer estos requerimientos. Por esta razón se han propuesto una buena cantidad de protocolos para todas las capas de la pila de protocolos de las WSN y que hacen uso eficiente de la energía.

Por otra parte, además del uso eficiente de la energía, en algunas aplicaciones es también importante que la información se envíe a la estación base lo mas pronto posible, ya que el evento que se mide puede destruir los nodos o dejarlos inservibles. Ejemplos de estos son las aplicaciones para la detección de incendios o intrusos.

En este artículo comparamos el desempeño de los protocolos AODV y AOMDV en ambientes donde el tiempo de respuesta es crítico, específicamente en eventos de fuego y gas. La evaluación del desempeño de estos protocolos se llevó a cabo a través de experimentos de simulación. Para los experimentos se utilizó el simulador de redes NS-2 [1], y una herramienta generadora de eventos desarrollada por el Grupo de Redes de Computadores de la Universidad Politécnica de

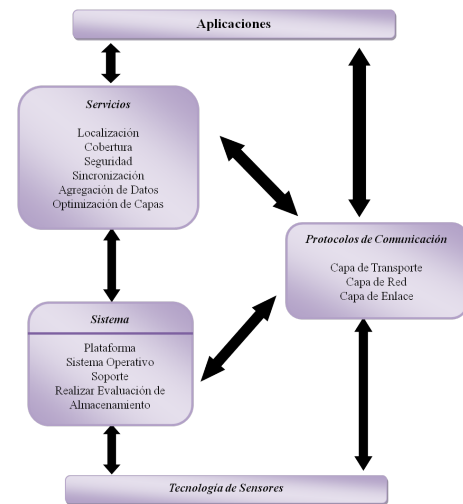


Figura 2: Principales componentes de una WSN

Valencia (UPV) [4].

El resto del documento se encuentra organizado de la siguiente manera: en la sección II se describe la clasificación de protocolos de encaminamiento y se explica brevemente el funcionamiento de algunos de los protocolos existentes, tales como DSR, DSDV y OLSR. En la sección III se explican los protocolos evaluados en este artículo, los cuales son el AODV y AOMDV. Posteriormente, en la sección IV se describe brevemente el uso del simulador NS-2. La sección V muestra los resultados obtenidos de los experimentos de simulación en los que se midió el desempeño de los protocolos AODV y AOMDV en eventos de fuego y gas. Finalmente la sección VI concluye el artículo y propone trabajo futuro.

## II. CLASIFICACIÓN DE PROTOCOLOS DE ENCAMINAMIENTO

Como se mencionó anteriormente, los protocolos de encaminamiento utilizados en redes MANET han sido diseñados para hacer uso eficiente de la energía de los nodos. A la fecha una buena cantidad de ellos han sido propuestos [3], y que pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- **Proactivos:** Estos protocolos envían constantemente información acerca de las rutas existentes, de tal manera que cada nodo pueda mantener actualizadas su tabla de encaminamiento. La ventaja de esta clase de protocolos consiste en que cuando un nodo requiere enviar información no pierde tiempo estableciendo una ruta hacia el nodo destino. Una desventaja es que en algunas ocasiones pueden provocar sobrecarga de mensajes y bloqueos en los nodos, impidiendo temporalmente el envío de datos.
- **Reactivos:** Los nodos en este caso solo crean rutas cuando es necesario, sin necesidad de enviar previamente mensajes a los nodos vecinos. Generan poca sobrecarga de mensajes en la red. Sin embargo, el nodo emisor debe encontrar una ruta antes de enviar un mensaje, lo que introduce un tiempo de espera.
- **Jerárquico:** En estos protocolos, los nodos pertenecen a diferentes niveles y su función en la retransmisión

depende del nivel en el que se encuentre. Normalmente las redes se dividen en grupos de nodos llamados clúster [3].

- Geográfico: La posición geográfica exacta de los nodos se conoce por medio de un GPS<sup>2</sup> incluido en cada uno de ellos. De esta manera, los nodos pueden ser rastreados desde ciertos satélites para conocer su ubicación y definir nuevas rutas.
- Encaminamiento en el origen: Este protocolo se basa en que los paquetes enviados por los nodos llevan incorporado el camino a seguir hasta el destino. La ventaja de este tipo de protocolos consiste en que el procesamiento requerido por los nodos intermedios es nulo.
- Encaminamiento salto a salto: Por medio de este protocolo, en cada nodo se decide cuál será el siguiente nodo al que debe enviarse el paquete.
- *Singlepath*: En este tipo de protocolos, los nodos tan sólo mantienen una ruta única hacia cada destino, en cambio, los *Multipath* mantienen varias [3].

Algunos de los mas importantes son los protocolos DSR, DSDV, OLSR, AODV, AOMDV, entre otros. A continuación se explican brevemente algunos de ellos.

**DSR:** *Dynamic Source Routing* [7]. Este protocolo determina la ruta que deberá seguir el paquete cuando se requiere su envío. Además, los paquetes enviados de un nodo a otro deben incluir una cabecera de información con los nodos que deben intervenir en la ruta. El protocolo DSR no requiere del envío constante de mensajes, disminuyendo considerablemente la sobrecarga en la red. El protocolo DSR pertenece al grupo reactivo y con encaminamiento en el origen.

**DSDV:** *Destination-Sequenced Distance Vector* [13]. En este algoritmo los nodos vecinos intercambian constantemente sus tablas de encaminamiento, para estimar la distancia a la que se encuentran los demás nodos no vecinos. Para evitar que un error en la red genere rutas cíclicas (*routing loop problem*) [6], el protocolo utiliza un número de secuencia en cada registro de la tabla de encaminamiento, para informar si el enlace aún existe [3].

**OLSR:** *Optimized Link-State Routing Algorithm* [2]. Con este protocolo todos los nodos se intercambian mensajes para tener una visión consistente de toda la red y así poder decidir el encaminamiento de paquetes. Al igual que el protocolo DSDV, introduce sobrecarga por los mensajes enviados periódicamente, ya que pertenecen al grupo de protocolos proactivos.

### III. PROTOCOLOS DE ENCAMINAMIENTO AODV Y AOMDV

Dos de los protocolos de encaminamiento más importantes para MANETs son los protocolos *Ad hoc On-demand Distance*

*Vector (AODV)* y *Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector (AOMDV)*.

#### III-A. AODV (*Ad hoc On-demand Distance Vector*)

En el protocolo AODV [12] los nodos mantienen una tabla de encaminamiento para los destinos conocidos. Inicialmente, esta tabla está formada por los nodos vecinos y solamente se le añaden destinos nuevos cuando sea necesario; esto es, cuando un nodo necesite comunicarse con otro que no está en su tabla. En este caso se inicia un proceso de descubrimiento de ruta hacia el nodo destino. El AODV pertenece al grupo de protocolos reactivos, ya que requieren descubrir las rutas bajo demanda. Con este protocolo cada nodo se encarga de mantener su propio contador o número de secuencia. Este número no es mas que un valor entero que cada nodo incrementa monótonamente antes de generar un mensaje de control, para copiarlo en éste antes de enviarlo. Una entrada consta típicamente de los siguientes datos:

- Dirección IP del destino
- Número de secuencia del nodo destino
- Número de secuencia asociado al nodo destino (cuyo valor se obtiene de los mensajes de control)
- Indicador de validez del número de secuencia del nodo destino. Si se requiere alcanzar un nodo destino y ha fallado uno de los enlaces implicados, o la ruta ha expirado, el número de secuencia asociado a ese nodo destino se marca como inválido.
- Interfaz de red
- Número de saltos
- Número de saltos necesarios para alcanzar el destino desde este nodo
- Siguierte salto (nodo adyacente al que se debe enviar el paquete para llegar al destino deseado)

#### III-B. AOMDV (*Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector*)

El protocolo AOMDV [10] es una extensión del protocolo AODV, pues a diferencia de éste último, es capaz de descubrir y mantener varias rutas hacia el nodo destino, y no tan solo una. Existen dos mecanismos para el descubrimiento de rutas por parte de AOMDV:

1. Las rutas alternas *loop-free* se forman en los nodos intermedios, y los nodos destinos utilizan la información de encaminamiento que obtienen a través de copias duplicadas por los nodos vecinos [10].
2. El nodo destino genera varias respuestas para las rutas, cuyas respuestas son enviadas a lo largo del recorrido *loop-free*, invirtiendo caminos hacia el nodo de origen, los cuales se establecieron durante la petición de múltiples caminos *loop-free* desde el nodo inicial hacia el nodo destino [10].

<sup>2</sup>GPS (Global Positioning System): Es un Sistema de Posicionamiento Global que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto con una precisión hasta de centímetros.

Tabla 1: Parámetros de las simulaciones

Numero de nodos	200
Tipo de trafico	CBR
Tiempo de simulación	500s
Distancia entre nodos	1 - 10m
Topología	Cuadrícula
Protocolo de encaminamiento	AODV/AOMDV
Tamaño de los paquetes	50 bytes

Para evitar la creación de rutas cíclicas (*loop-freedom*), el AOMDV utiliza números de secuencia al igual que el protocolo AODV. Cada nodo mantiene una o más rutas hacia un nodo destino, utilizando tan sólo el mayor número de secuencia conocido para cada destino. Para mantener varias rutas para el mismo número de secuencia, AOMDV utiliza un número de saltos ya anunciado. Cada nodo mantiene un número de saltos publicado para cada nodo destino, junto con el número de secuencia. El número de saltos se establece del camino más largo disponible en el momento; es decir, en que un primer nodo anuncia una ruta para el destino. El número de saltos ya una vez anunciado permanece fijo hasta que exista un cambio en el número de secuencia. La publicación del número de saltos evita que un nodo que forma parte de una ruta alternativa hacia el destino reciba mensajes de un nodo superior con respecto al destino; esto es, que un nodo no reciba mensajes por varias rutas y evitar contar con información repetida, garantizando de esta manera que la ruta sea *loop-free* [10].

Para redes de sensores inalámbricas, el sentido común indica que es mas conveniente la utilización de protocolos reactivos ya que minimizan el envío de mensajes, extendiendo de esa manera la vida de la red. Los protocolos reactivos AODV y AOMDV han mostrado en algunos casos un desempeño superior al resto de protocolos reactivos [11] [10].

#### IV. NS-2 Y HERRAMIENTA GENERADORA DE EVENTOS DE LA UPV

*Network Simulator* [1] es una herramienta muy utilizada para simular eventos discretos en redes. Es comúnmente conocida como NS-2 debido a que la versión 2 ha sido ampliamente utilizada. Se distribuye como software libre, lo que ha motivado su desarrollo y la integración de módulos para simular una gran cantidad de aplicaciones, protocolos de las capas de aplicación, transporte, protocolos de encaminamiento, tipos de redes, tipo de tráfico entre redes, así como otros elementos. NS-2 funciona tanto para redes cableadas como para redes inalámbricas. Estas pueden utilizar topologías complejas y contar con un gran número de tipos de tráfico. NS-2 fue construido en C++, aunque los parámetros de la simulaciones y las simulaciones se definen utilizando en lenguaje Otcl, que es un lenguaje interpretado orientado a objetos. Entre los usos más habituales de este simulador se encuentran:

- Simular estructuras y protocolos de redes de todo tipo (satélite, inalámbricas, cableadas, etc.)
- Desarrollar nuevos protocolos y algoritmos.
- Evaluar el desempeño de distintos protocolos.

*GRC WSN Event Manager* [4] es una herramienta desarrollada por el Grupo de Redes de Computadores de la UPV. Esta herramienta permite la generación de eventos de fuego, gas

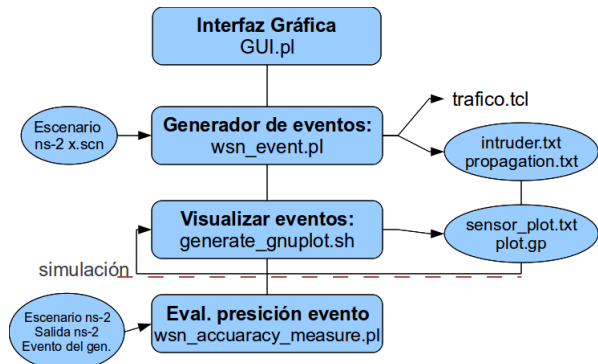


Figura 3: Herramienta generadora de eventos

e intrusos en una red de sensores inalámbrica. Como puede observarse en la Fig. 3 el funcionamiento de esta herramienta consta de 4 elementos principales:

- Una interfaz gráfica
- Generador de eventos. Los parámetros de los eventos se almacenan en diversos archivos, que son utilizados por el NS-2 para llevar a cabo los experimentos de simulación.
- Visualizador de eventos, que permite visualizar gráficamente la posición de los nodos y el evento generado a un tiempo específico.
- Evaluación de precisión del evento posterior a la simulación.

Cabe mencionar que la simulación con el NS-2 es independiente de la herramienta. Sin embargo, la simulación se debe de llevar a cabo después de generar el evento, ya que el módulo de visualización es opcional.

#### V. EVALUACIÓN DE LOS PROTOCOLOS

Las aplicaciones para WSN de detección de eventos de fuego y gas requieren de protocolos de comunicación que optimicen los recursos de la red (por ejemplo, la energía de los nodos), y que respondan lo mas pronto posible ante la detección del evento. En esta sección se presentan los resultados obtenidos de los experimentos de simulación llevados a cabo para medir el desempeño de los protocolos AODV y AOMDV, al ser utilizados en aplicaciones de detección de eventos de fuego y gas.

Los experimentos de simulación se llevaron a cabo utilizando el simulador NS-2, así como la herramienta generadora de eventos *GRC WSN Event Manager*. Se hicieron distintos experimentos de simulación utilizando los parámetros definidos en la Tabla 1. Puede observarse que se utilizaron redes conformadas de 200 nodos. La distancia entre los nodos se varió de 1 hasta 10 metros, con incrementos de un metro. Este rango de distancia entre los nodos se definió considerando que la distancia máxima de transmisión definida en el estándar IEEE 802.15.4 es de 10 mts. Es importante destacar que se utilizó este protocolo en los experimentos.

En la Fig. 4 se muestra los resultados obtenidos del porcentaje de paquetes recibidos en función de la distancia entre los nodos, de los protocolos AODV y AOMDV en aplicaciones de detección de eventos de fuego. Puede observarse que prácticamente no existe diferencia en el desempeño de

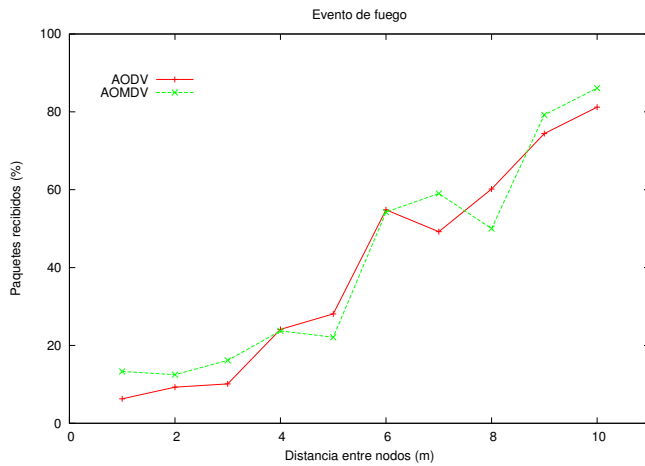


Figura 4: Comparativa entre AODV y AOMDV en eventos de fuego

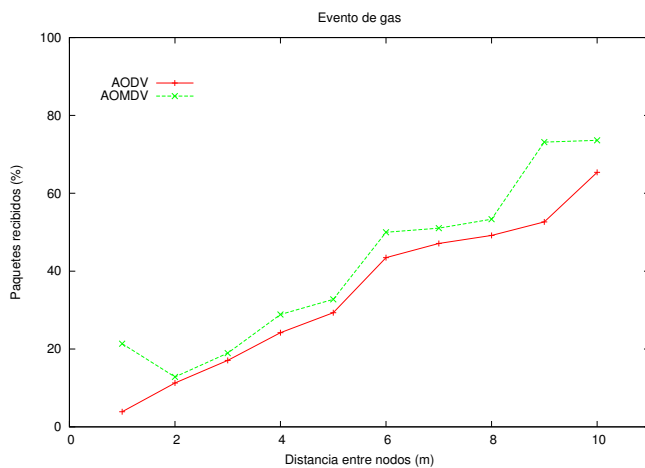


Figura 5: Comparativa entre AODV y AOMDV en eventos de gas

ambos protocolos. Sin embargo, es importante señalar que el porcentaje de paquetes recibidos se decrementa en la medida en que la distancia entre los nodos es menor. Esto se explica por el hecho de que al ser menor la distancia entre los nodos, la propagación del fuego destruye una mayor cantidad de ellos a mayor velocidad. Además, el que los nodos estén tan cercanos entre sí puede provocar congestión en la red debido a que muchos nodos detectarán el mismo evento e intentarán enviar información a la estación base.

La Fig. 5 muestra los resultados obtenidos del porcentaje de paquetes recibidos en función de la distancia entre los nodos, de los protocolos AODV y AOMDV en aplicaciones de detección de eventos de gas. Como puede observarse en la Fig. 5, en este experimento el protocolo AOMDV muestra un desempeño ligeramente superior al del AODV, que sin embargo es mucho menor al reportado en [10]. Esto puede explicarse con el hecho de que en los eventos de detección de gas es mucho menor el número de nodos destruidos, lo que permite que la información pueda enviarse por diversas rutas al detectarse el evento. Sin embargo, al igual que en el experimento de fuego, el porcentaje de paquetes recibidos disminuye en la medida en que la distancia entre los nodos se reduce, debido a la congestión generada por la detección del

evento.

## VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las redes de sensores inalámbricas han mostrado ser útiles en una gran cantidad de aplicaciones. La detección de eventos, tales como intrusos en aplicaciones militares de vigilancia, así como la detección de incendios en bosques, son ejemplos que ilustran las ventajas del uso de esta tecnología emergente.

Debido a las características de las WSN, y en particular a las limitaciones energéticas de los nodos, es necesario la utilización de un conjunto de elementos que optimicen los recursos existentes. Además de un sistema operativo adecuado, es importante la elección de los protocolos de comunicación que hagan uso eficiente de la energía disponible. Sin embargo, no es posible utilizar en las WSN los protocolos de comunicación propuestos para las redes tradicionales, ya que no han sido desarrollados tomando en consideración estos aspectos. Por esta razón se han propuesto muchos algoritmos para WSN.

En este artículo se explicaron algunos de los protocolos de encaminamiento propuestos para WSN, y se mostró un comparativo en el desempeño de dos de ellos: AODV y AOMDV, cuando son utilizados en aplicaciones de detección de eventos de fuego y gas. La evaluación de los protocolos se llevó a cabo a través de experimentos de simulación, en los que se midió el porcentaje de paquetes recibidos en función de la distancia entre los nodos. Para los experimentos se utilizó el simulador NS-2 y la herramienta generadora de eventos *GRC WSN Event Manager*.

Los experimentos realizados no mostraron diferencia significativa en el desempeño de estos protocolos. Además, su desempeño fue peor en la medida en que la distancia entre los nodos se redujo.

Como resultado de los experimentos puede concluirse que es necesario la definición de algoritmos de encaminamiento específicos para la detección de eventos, que tienen requerimientos de tiempo-real ya que deben permitir el envío de la información tan pronto como sea posible y de manera correcta.

Como trabajo futuro, nos proponemos evaluar el desempeño de protocolos que trabajen en tiempo-real no estricto, tales como el protocolo MRLG (*Mobile-sink Routing for Large Grids*) [8] y el protocolo DABR (*Drain Announcement Based Routing scheme*) [9]. Estos protocolos han sido propuestos recientemente para este tipo de eventos, y a la fecha no se conoce si han sido evaluados con respecto a otros protocolos existentes en aplicaciones de detección de eventos de fuego y gas.

## REFERENCIAS

- [1] Ns-2: the network simulator. Available at: <http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php>.
- [2] *Optimized link state routing protocol for ad hoc networks*, August 2002.
- [3] Mehran Abolhasan, Tadeusz Wysocki, and Eryk Dutkiewicz. A review of routing protocols for mobile ad hoc networks. *Ad Hoc Networks* 2, 2(4):1–22, January 2004.
- [4] C. Calafate, C. Lino, J. Cano, and P. Manzoni. Modeling emergency events to evaluate the performance of time-critical wsn. In *Proceedings of the The IEEE symposium on Computers and Communications, ISCC '10*, pages 222–228, Washington, DC, USA, 2010. IEEE Computer Society.

- [5] I. Chlamtac, M. Conti, and J.Liu. Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges. *Ad Hoc Networks*, 1(1):13–64, July 2003.
- [6] Allan Johnson. *Routing Protocols and Concepts, CCNA Exploration Labs and Study Guide*. Cisco Press, December 2007.
- [7] D. Johnson, Y. Hu, and D. Maltz. The dynamic source routing protocol (dsr) for mobile ad hoc networks for ipv4, February 2007 2007. Internet Draft, rfc4728.txt.
- [8] Carlos Lino, Carlos T. Calafate, Arnolito Diaz-Ramirez, Pietro Manzoni, and Juan-Carlos Cano. An efficient solution offering sink mobility support in wireless sensor networks. page 10, X.
- [9] Carlos Lino, Carlos T. Calafate, Arnolito DÁaz, Pietro Manzoni, and Juan-Carlos Cano. Evaluating the performance of the ieee 802.15.4 standard in supporting time-critical wireless sensor networks. page 19, X.
- [10] Mahesh K. Marina and Samir R. Das. Ad hoc on-demand multipath distance vector routing. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, 6:92–93, June 2002.
- [11] Shaily Mittal and Prabhjot Kaur. Performance comparison of aodv, dsr and zrp routing protocols in manet’s. pages 165–168, 2009.
- [12] C. Perkins, E. Royer, and S. Das. Ad hoc on-demand distance vector (aodv) routing, June 2002. draft-ietf-manet-aodv-11.txt.
- [13] Charles E. Perkins and Pravin Bhagwat. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (dsdv) for mobile computers. *SIG-COMM Comput. Commun. Rev.*, 24(4):234–244, October 1994.
- [14] Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, and Dipak Ghosal. Wireless sensor network survey. *Comput. Netw.*, 52:2292–2330, August 2008.