

*En este artículo se estudian comportamientos de las redes ad hoc utilizando el protocolo de enrutamiento AODV y cuatro modelos de movilidad, que simulan movimientos realistas de los nodos; se evalúan parámetros para cada aplicación y se muestra una comparativa del desempeño del protocolo en los escenarios propuestos.*

# Simulación de redes AD-HOC utilizando AODV

Daniel M. Ramírez S.

## A. Redes Ad hoc

### introducción

**Las redes inalámbricas** desde su aparición hace ya más de veinte años [5], han sido tema de gran interés e investigación hasta nuestros días. Pero, generalmente, siempre que se piensa en una red inalámbrica, es común que se entienda como sinónimo de wifi. Esto se debe a que son las redes más difundidas y en las que más investigación se ha desarrollado actualmente, debido a su alta utilización en hogares, empresas y demás instituciones, donde los usuarios requieren cada vez más una mayor recepción de la señal, mejoras en velocidad y menos consumo de energía. Hewlett-Packard y American Airlines realizaron una encuesta a más de 1.500 viajeros en los Estados Unidos y los resultados revelaron que los viajeros prefieren tener wifi en aeropuertos, antes que acceso a comida [2]. Esto demuestra la gran acogida de las redes inalámbricas.

Sin embargo, existe otro tipo de redes inalámbricas que no necesitan de una infraestructura [3] como las anteriores; no necesitan un punto de acceso fijo al cual conectarse para poder conformar la red; no necesitan que los nodos estén siempre estáticos; y, para ser más preciso, en general, no necesitan de una infraestructura fija. Los nodos pueden estar en constante movimiento, cambiando su posición e incluso desapareciendo. Estas redes se conforman mediante enlaces inalámbricos entre sus nodos, los cuales se conectan dinámicamente de manera arbitraria. Las redes Ad hoc son un pequeño grupo de las redes inalámbricas, sin estructura, y no han sido tan difundidas como las WLAN; se piensa en la implementación de ellas más que todo en situaciones de riesgo. Estas redes están tomando cada día más fuerza, su estudio no ha sido tan extenso como el de las WLAN, pero es importante investigar qué ofrecen y que ventajas representan.

**Pero, para realizar la implementación de una red Ad hoc, ¿cuál protocolo se debería utilizar? ¿para qué escenarios de la vida real serían óptimas? O por el contrario, ¿no son una buena solución para ciertos eventos?**

Se podría acercar fuertemente a una respuesta simulando escenarios de la vida real como, por ejemplo, conferencias, persecuciones, combates, redes personales y muchas más aplicaciones, en las que los nodos pueden presentar ligeros movimientos en una conferencia o una red personal o cambios muchos más abruptos como en una persecución o un combate. Estos movimientos de los nodos se podrían simular a gusto de quien va a desarrollar la simulación. Pero, ¿realmente este es el movimiento de los nodos para cada escenario? ¿Tendría esta persona un criterio del movimiento del nodo o de una serie de nodos en una persecución? Para ajustar más la simulación, se debe tomar como base un patrón o un algoritmo de movimiento (modelo de movilidad), de los nodos móviles y asignarlo a la aplicación a simular. Este debe intentar imitar al máximo los movimientos de los nodos móviles [6].

Las aplicaciones simuladas y sus características se muestran en la Tabla 1.

APLICACIÓN			CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN	MODELO MOVILIDAD	VELOC.	PAUSA	ÁREA	NODOS	FUENTES
Negocios y Comercial	Conferencia	Velocidad humana, pausas largas		Conferencia	Random WayPoint	0.60	60	50m x 30m	40	20
	Admón. De Crisis	Persecución	Velocidades altas, no hay pausas.	Persecución	Pursuit (RPGM)	20.00	0	1500m x 1500m	10	10
Redes de Hogar	Personal área network home	Velocidades muy bajas, pausas muy largas.		PAN Home	Random WayPoint	0.30	60	300m x 300m	20	20
Aplicaciones Militares	Marcha	Velocidad humana sin pausas		Marcha	Column (RPGM)	1.00	0	1500m x 1500m	50	50
	Combate	Alta velocidad sin pausas		Combate	Random Walk	20.00	0	3000m x 3000m	250	100

Tabla 1. Tabla de Aplicaciones

Como se observa en la Tabla 1, se asignó a las aplicaciones el modelo de movilidad acorde al movimiento de los nodos.

## B. Modelos de Movilidad

Estos movimientos de los nodos se dividen en dos grupos. Movilidad Independiente y Movilidad en grupo. En el primero, el movimiento de cada nodo es modelado independientemente de los otros nodos en la simulación, caso contrario con los modelos en grupo, en los que existe una cierta relación entre los nodos y sus movimientos en el escenario de simulación.

Para entender los modelos de movilidad, se realiza una breve descripción y se muestra la figura correspondiente al movimiento de los nodos para cada modelo.

### Random Waypoint

En el modelo de movilidad Random Waypoint, cada nodo se mueve en zigzag siguiendo una línea de un punto de referencia a otro, se incluyen pausas entre cambios de dirección y/o velocidad.

Un nodo móvil puede empezar en un lugar específico del escenario y una vez su tiempo expire, elige un nuevo destino aleatorio y una velocidad uniforme.

Se repite el proceso hasta su nuevo destino con la velocidad seleccionada y cuando llega a su destino realiza una pausa con un período determinado de tiempo y repite nuevamente el proceso.

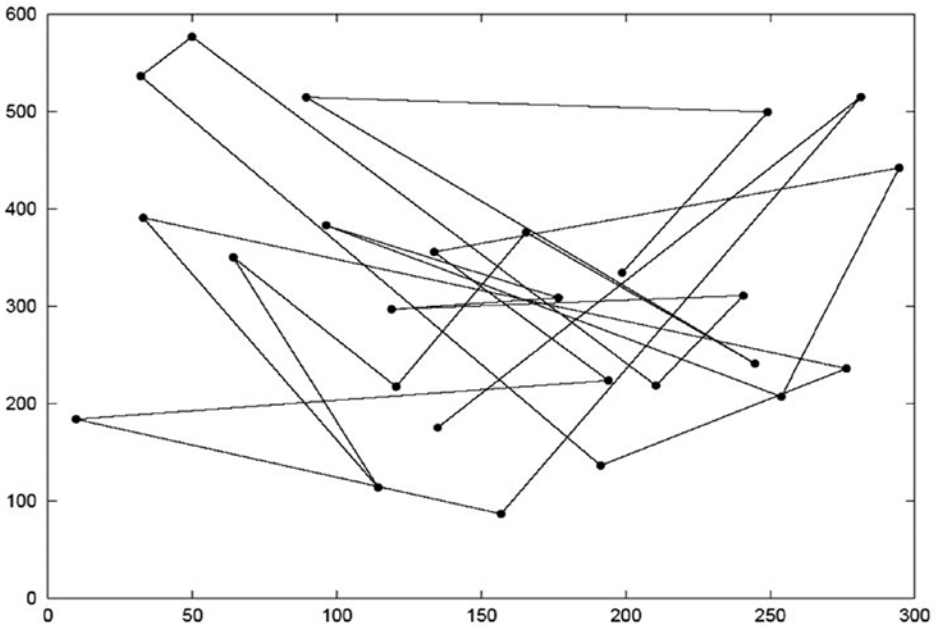


Figura 1. Modelo Random Waypoint

## Random Walk:

Es un modelo de movilidad simple basado en direcciones y velocidades aleatorias.

Un nodo móvil se mueve de su actual ubicación a una nueva ubicación seleccionando aleatoriamente una dirección y una velocidad para viajar.

Es un modelo sin memoria, en el que no tiene conocimiento de las localizaciones pasadas ni recuerdo de los valores de velocidad. Si un nodo móvil alcanza los límites del área de simulación, entonces este rebota con un ángulo igual al ángulo de incidencia y el movimiento continúa en la nueva dirección. Cuando un parámetro se cambia, ya sea la dirección o la velocidad en un nodo, el patrón de movimiento resulta en un movimiento restringido a una pequeña porción de área dentro del área de simulación.

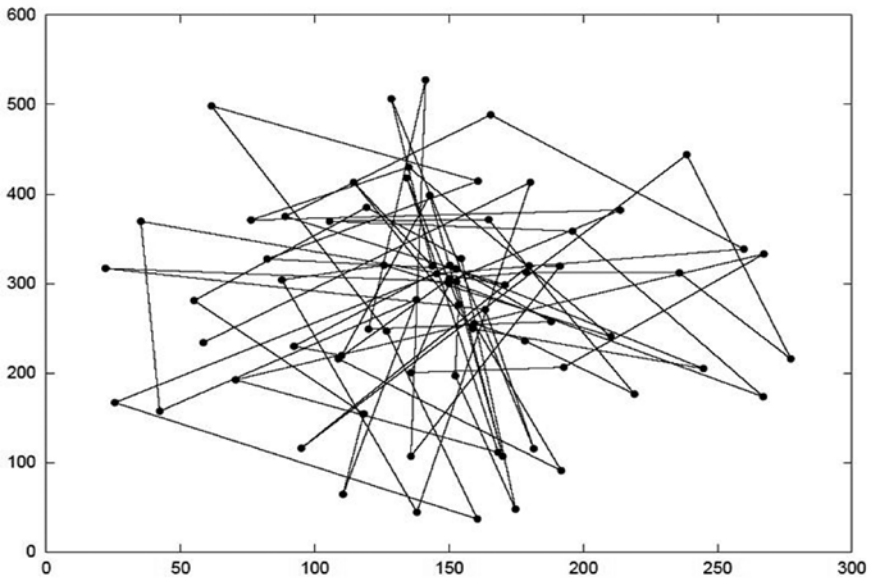


Figura 2. Modelo Random Walk

## Grupo con punto de referencia (RPGM)

Este es un modelo de movilidad grupal donde cada grupo tiene un centro lógico o líder el cual determina el movimiento y la dirección de todos los nodos.

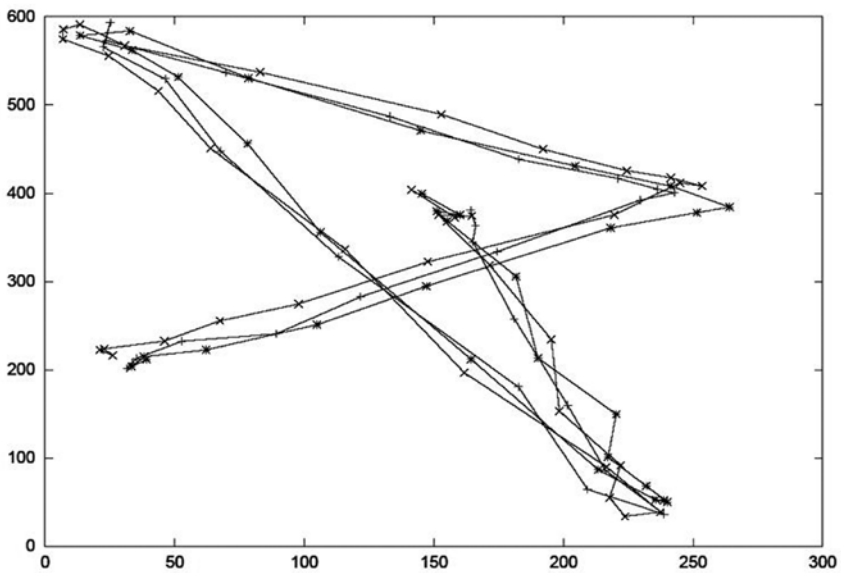


Figura 3. Modelo rpgm

Inicialmente, cada miembro del grupo tiene una velocidad uniformemente distribuida en el vecindario y se mueve de manera aleatoria alrededor de sus puntos de referencia definidos previamente, los cuales a su vez dependen del movimiento del grupo.

## C. Desarrollo de la simulación

Para comenzar con el desarrollo de la simulación se eligió el simulador de redes ns-2 [8], gracias a que tiene gran soporte a protocolos de enrutamiento, topologías de red, modelos de movilidad y demás funcionalidades que la comunidad de código libre han venido aportando en forma constante.

Una vez configurado el simulador, se tomaron como parámetros las aplicaciones y los valores configurados para cada evento mostrados en la Tabla 1.

Las aplicaciones de grupo como marcha y persecución se les asignó un modelo de movilidad de grupo como lo es RPGM, y a las demás aplicaciones se les asignaron modelos de movilidad independientes como Random Walk y Random Waypoint. Para esto se generaron los movimientos de los nodos correspondientes a cada escenario con la herramienta setdest [7], para escenarios de Movilidad Independiente y con Mobility Generator [1] para movilidad grupal.

Teniendo los movimientos de los nodos era indispensable generar tráfico entre los nodos de la red para poder poner a prueba el desempeño del protocolo en los diferentes escenarios y los modelos de movilidad. La herramienta Cbrgen [9] se encarga de generar el tráfico entre los nodos que conforman cada escenario de red.

Como resultado se reciben por parte del simulador dos archivos de traza, uno que es necesario para poder visualizar la simulación gráficamente con el animador de redes (nam) [4], y el otro que contiene todos los eventos realizados en la red simulada, donde se especifican los eventos de envío, recibo e información respectiva a los sucesos ocurridos con cada nodo, cada paquete y el protocolo de enrutamiento que para esta simulación fue AODV protocolo basado en el algoritmo de vector distancia.

Se ilustra en la Figura 4 el Network Animator (nam) con graficas de los escenarios propuestos.

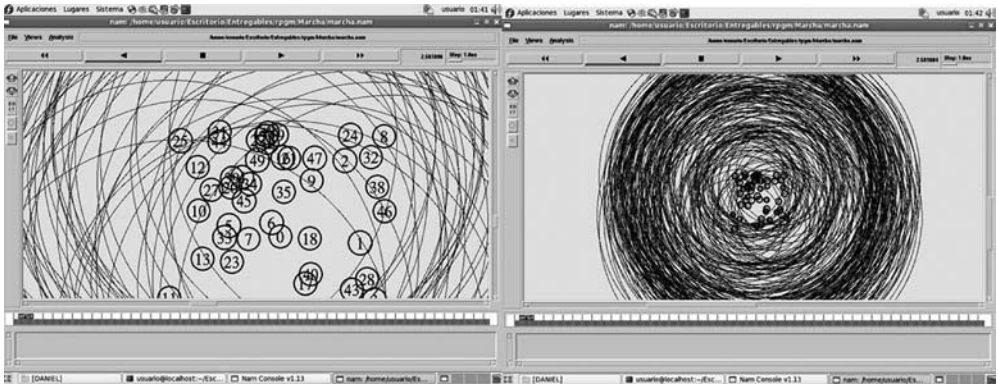


Figura 4. Network Animator (nam)

## D. Resultados

Luego de interpretar los archivos de traza de las simulaciones se puede observar que no necesariamente, los escenarios simulados con un mismo modelo de movilidad generan resultados similares. En el caso de las aplicaciones de grupo como marcha y persecución muestran una pérdida de paquetes casi del doble de diferencia, pero las aplicaciones simuladas con Random Waypoint no poseen una gran diferencia como la de rpgm.

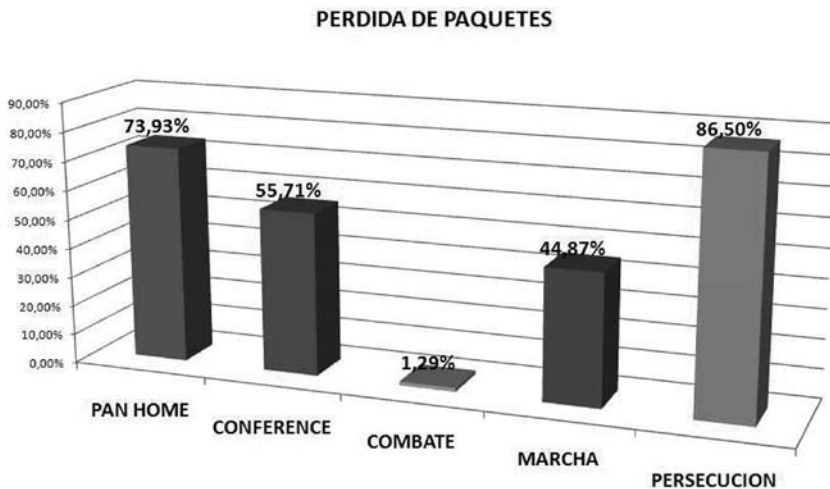


Figura 5. Perdida de Paquetes

## Promedio Retardo Punto a Punto

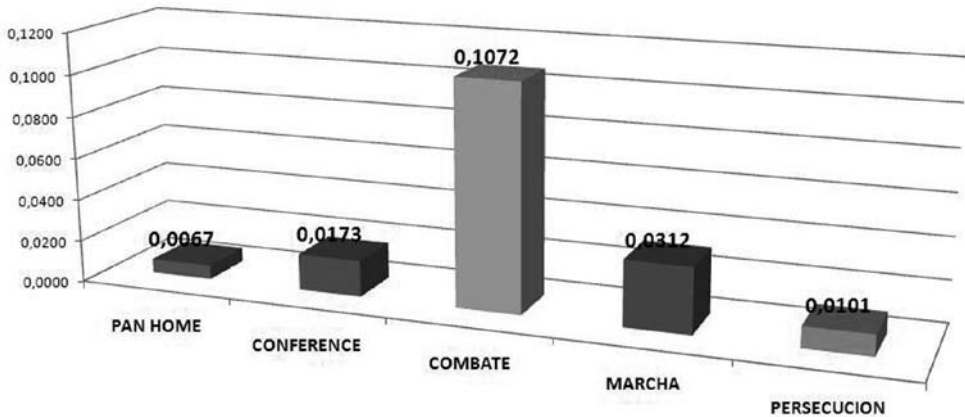


Figura 6. Promedio Retardo

## Saltos Promedio

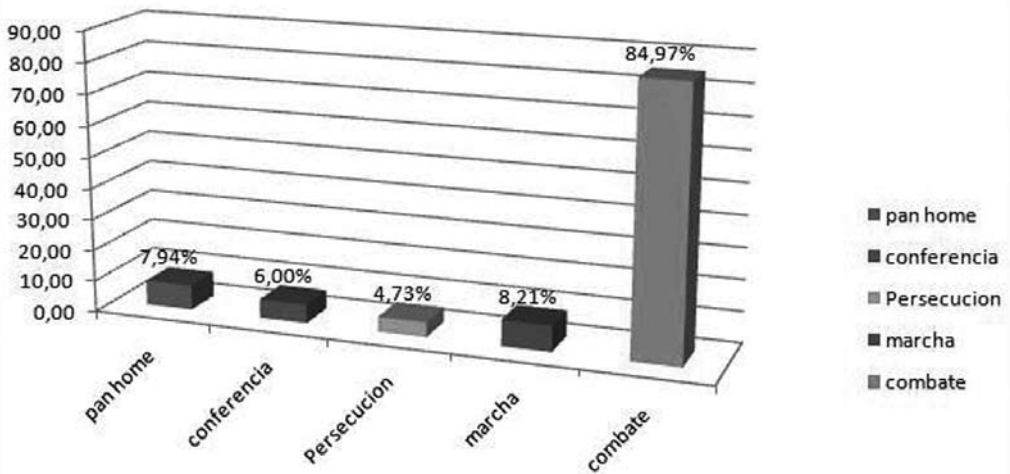


Figura 7. Saltos Promedio

La aplicación en la que mayor pérdida de paquetes se midió es persecución, lo cual se puede explicar debido a la velocidad en que sus nodos se están moviendo y tratando de moverse de acuerdo con el líder del grupo. Se observa que el escenario combate, al tener una velocidad igual que el de persecución no presenta tanta pérdida de paquetes debido a que su modelo de movilidad es menos cambiante y existe una mayor cantidad de nodos para establecer las rutas o enlaces de comunicación para conformar la red y transmitir los paquetes.



El escenario donde más retardo se presentó al entregar un paquete fue el de combate, para el protocolo AODV es más dispendioso mantener las tablas de enrutamiento, toda vez que al incrementar la cantidad de nodos se consume mucho más ancho de banda. Esta es una clara demostración de este fenómeno.

**Los saltos promedio o la cantidad de nodos que tienen que recorrer un paquete para llegar a su destino, muestran nuevamente que los escenarios con gran cantidad de nodos poseen un alto índice de saltos, que los otros escenarios.** Esto se debe a que la red al poseer más nodos, la comunicación de un extremo a otro requiere obligatoriamente una cantidad más alta de saltos, que si se hiciera en una red con menos nodos; esta es la razón de la gran diferencia entre estos escenarios.

## **Conclusiones y trabajo futuro**

Es importante elegir el modelo de movilidad más apropiado acorde con el escenario a simular, toda vez que esto genera simulaciones más realistas y se evitaría tener movimientos de manera arbitraria, a gusto del desarrollador de la simulación, sino basados en patrones de movimiento previamente estudiados.

El desempeño del protocolo varía notablemente entre los diferentes modelos de movilidad.

Se observa un funcionamiento similar entre las aplicaciones simuladas con el modelo Random Waypoint, caso contrario a las aplicaciones simuladas con el Modelo de Movilidad rpgm, donde los comportamientos difieren significativamente.

Para realizar simulaciones más realistas, la complejidad aumenta equivalentemente a los requerimientos de hardware.

Como trabajo futuro sería interesante realizar estas simulaciones con la última versión de ns2 (ns3) o con diferentes herramientas de simulación para poder comparar resultados.

## Referencias

- [1] An evaluation framework to study the Impact of Mobility Patterns On Routing in Ad-hoc Networks, <http://nile.cise.ufl.edu/important/software.htm>.
- [2] American Airlines and HP Survey Shows Bigger Connection Between Travel and Technology in 2009, <http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press/2009/090522a.html>. Última visita Junio 8 de 2009.
- [3] Chenna Reddy, P, ChandraSekhar Reddy, P. Performance Analysis of Adhoc Network Routing Protocols. [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?tp=&arnumber=4290671&isnumber=4290631](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?tp=&arnumber=4290671&isnumber=4290631)
- [4] Nam: Network Animator, <http://www.isi.edu/nsnam/nam/>, Última visita Junio 8 de 2009.
- [5] Pejman Roshan, Jonathan Leary. 802.11 Wireless LAN Fundamentals. Cisco Press, December 23, 2003.
- [6] Saummet Miguel, Simulación de redes ad hoc y evaluación de parámetros bajo cuatro modelos de movilidad, Revista de Tecnología, Volumen 4 No 2, Julio-Diciembre de 2005.
- [7] Setdest parameters. How to Generate Movement File Using setdest in ns. [http://winet.ece.ufl.edu/~wen/setdest\\_para.html](http://winet.ece.ufl.edu/~wen/setdest_para.html).
- [8] The Network Simulator - ns-2, [www.isi.edu/nsnam/ns/](http://www.isi.edu/nsnam/ns/). Última visita Junio 8 de 2009.
- [9] WirelessSimulationScenariosinns, [http://www.winlab.rutgers.edu/~zhibinwu/html/ns2\\_wireless\\_scene.htm#Traffic%20Pattern%20Generation](http://www.winlab.rutgers.edu/~zhibinwu/html/ns2_wireless_scene.htm#Traffic%20Pattern%20Generation)

**Daniel Mauricio Ramírez Serrano.** Ingeniero de Sistemas. Universidad el Bosque, Instituto Alberto Merani, Bogotá, Colombia.  
e-mail: [damarase@hotmail.com](mailto:damarase@hotmail.com)