

# EVALUACION Y SIMULACION DEL RENDIMIENTO DE LOS PROTOCOLOS DE RUTEO PARA MANET BAJO RESTRICCIONES DE QoS

*Maria A. Murazzo, Nelson R. Rodríguez, Matías Martínez*  
[maritemurazzo@gmail.com](mailto:maritemurazzo@gmail.com), [nelson@iinfo.unsj.edu.ar](mailto:nelson@iinfo.unsj.edu.ar), [matiasmartinezinfo@gmail.com](mailto:matiasmartinezinfo@gmail.com)

*Universidad Nacional de San Juan – Facultad de Ciencias. Exactas, Físicas y Naturales -  
Departamento de Informática*

## CONTEXTO

El presente trabajo se encuadra dentro del área de I/D Arquitectura, Redes y Sistemas Operativos y se enmarca dentro del proyecto de investigación Arquitectura de acceso a servicios Web desde dispositivos móviles heterogéneos (21 E 830) donde se está trabajando en la línea de investigación de QoS en redes móviles como soporte para el desarrollo de aplicaciones ubicuas.

## RESUMEN

Las redes inalámbricas han tenido un gran impacto en la industria y en los ámbitos académicos. Las MANETs (Mobile Ad-hoc NETWORK) agregan a las limitaciones de las redes inalámbricas características de movilidad, debido a esto, es muy difícil mantener adecuados niveles de QoS (Quality of Service).

Para poder realizar el análisis de parámetros de QoS, se propuso trabajar con protocolos de ruteo reactivos debido a su menor uso de recursos y su mejor adaptabilidad a la movilidad.

Por lo tanto se decidió trabajar con los protocolos AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) y DSR (Dynamic Source Routing), y realizar el análisis de parámetros de QoS bajo diferentes escenarios con el objetivo de evaluar su comportamiento.

**Palabras clave:** QoS, MANET, AODV, DSR, NS-2

## 1. INTRODUCCION

Una red móvil ad hoc (MANET) es una red de comunicaciones formada espontáneamente por un conjunto de dispositivos móviles inalámbricos que son capaces de comunicarse

entre sí, sin la necesidad de una infraestructura de red fija o gestión administrativa centralizada.

Debido a que el alcance de transmisión de los dispositivos es limitado, pueden llegar a ser necesarios nodos intermedios para transferir datos de un nodo a otro. Por ello, en una red MANET cada nodo puede operar como fuente, destino o router (naturaleza “multihop”).

Los nodos son libres para moverse arbitrariamente, produciendo cambios en la topología de la red. El grado de movilidad y cambio de la topología depende de las características de los nodos [1]. Además, las variaciones en el canal de radio y las limitaciones de energía de los nodos pueden producir cambios en la topología y en la conectividad. Por lo que, las MANETs deben adaptarse dinámicamente para ser capaces de mantener las conexiones activas a pesar de estos cambios.

Estas redes son principalmente útiles en ambientes militares y de rescate, donde hay necesidad de comunicación ubicua. El poder ofrecer niveles de QoS en MANETs sigue siendo un tema abierto para la comunidad investigadora, y supone un reto interesante, dadas las dificultades que conlleva [2].

En tal sentido es necesario dotar a las MANET de la posibilidad de proporcionar niveles adecuados de QoS a las aplicaciones que lo requieran, como la voz (por ejemplo, VoIP) y el video (por ejemplo, video-streaming). Para lograr esto es necesario realizar la evaluación de múltiples parámetros tales como ancho de banda mínimo esperado, porcentaje máximo de pérdidas de datos, retardo máximo y variación del retardo máxima (jitter).

Si bien este problema está prácticamente resuelto en redes fijas, las características de las redes MANETs hacen necesario un nuevo estudio para afrontar este problema.

La topología dinámica, la naturaleza multihop y los escasos recursos de los nodos hacen necesario que los mecanismos de provisión de QoS sean lo más ligeros posibles, en cuanto a carga de procesamiento (CPU), como de recursos de red (ancho de banda), para evitar que el throughput o capacidad disponible por nodo se reduzca drásticamente [3].

Con el objetivo de permitir el soporte de QoS en redes MANETs es necesario que se definan cuales son las métricas que se deben tener en cuenta. La QoS se define como un conjunto de requerimientos que deben ser satisfechos por la red; y la red espera garantizar un conjunto de atributos predefinidos por los usuarios, en términos de performance extremo a extremo.

Estos parámetros pueden ser retardo, ancho de banda, probabilidad de pérdida de paquetes y variaciones de retardo; en las redes MANET también se consideran importantes el consumo de energía y el área de cobertura de los nodos.

Lo más importante a tener en cuenta en las MANET a la hora de proveer QoS, es que la dinamicidad de su topología, modifica constantemente los nodos vecinos, así como el estado de los enlaces, provocando fluctuaciones en los niveles de recursos, esto conduce a que la provisión de QoS es compleja en este tipo de redes.

Con el objeto de encontrar una solución óptima a los problemas planteados es que se decidió trabajar la QoS como un problema exclusivo de la capa de red. En tal sentido se optó por el análisis de los protocolos de ruteo de MANET convencionales [4] y no los que poseen soporte de QoS.

Esto se debe a que los protocolos de ruteo con QoS deben trabajar junto con la señalización de QoS [5] para establecer caminos, a través de la red, que reúnan los requerimientos de

QoS extremo a extremo, lo que provoca desperdicio de ancho de banda.

De manera general, los protocolos de ruteo para redes MANET se clasifican en dos categorías principales: proactivos y reactivos.

Los protocolos proactivos mantienen tablas que almacenan la información de ruteo y periódicamente, disparan un mecanismo de propagación de actualización a través de la red, con el fin de conocer el estado de la red. Esto puede causar una cantidad importante de paquetes de señalización que afecte el ancho de banda, el throughput y el consumo de energía. Dicha utilización de recursos no siempre es deseable porque también se realiza para caminos que nunca son utilizados.

La ventaja es que las rutas a cada destino están siempre disponibles, pero la principal desventaja es la escalabilidad para funcionar adecuadamente cuando en la red presenta una alta tasa de movilidad o cuando hay un gran número de nodos en la red.

Ejemplo de protocolo de esta categoría son: OLSR (Optimized Link-State Routing) [7] y DSDV (Dynamic Destination Sequenced Distance Vector) [8].

Como solución a estos inconvenientes aparecen, los protocolos bajo demanda o reactivos, que se caracterizan por iniciar un mecanismo de descubrimiento de ruta cuando una fuente necesita comunicarse con un destino al cual no sabe cómo llegar. De manera general, el ruteo por demanda requiere menos overhead que los proactivos, pero incurre en un retraso de descubrimiento de ruta cada vez que se requiere un nuevo camino.

Las diferencias entre los protocolos por demanda están en la implementación del mecanismo de descubrimiento de ruta y en las optimizaciones del mismo.

Ejemplos de protocolos reactivos son: DSR (Dynamic Source Routing) [9] y AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) [10].

Cuando las aplicaciones necesitan baja latencia y la red no tiene problemas en sacrificar ancho de banda por el overhead, los protocolos reactivos son mejores. Sin embargo, si la red maneja una alta tasa de tráfico, los protocolos reactivos no son recomendados.

En este trabajo se presenta resultados de simulaciones obtenidos con los protocolos bajo demanda AODV y DSR y las conclusiones resultantes.

## **2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO**

La línea de investigación que contiene a este trabajo tiene como objetivo principal el análisis del comportamiento de los protocolos de ruteo para MANET y el análisis de los parámetros de QoS en MANET.

## **3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS**

En este apartado se darán a conocer los escenarios utilizados para las simulaciones de los dos protocolos, además de la forma en que se ha planteado la simulación para poder tomar los tiempos necesarios, para calcular el retardo de ambos protocolos.

El simulador elegido para este trabajo es Network Simulator 2 (NS-2) en la versión 2.31 [11]. NS-2 es uno de los simuladores más utilizados y los resultados son aceptados por la comunidad internacional de investigadores. Es una herramienta con licencia de distribución libre y ampliamente difundida en el ámbito académico.

Se ha usado un área de simulación de 500m x 40m y tres escenarios de trabajo. El primero de ellos cuenta con cinco nodos, el segundo con diez nodos y el tercero con quince nodos; en todos los casos el área de cobertura de cada nodo es de 25m. Para todos los escenarios se ha determinado que todos los nodos están fijos a excepción del nodo fuente (n2).

En la primer simulación se va a determinar el retardo en función de la cantidad de nodos, en

ella se ha creado una topología de red con seis nodos, en donde el nodo n2 y el nodo n0 (receptor) establecen una comunicación. En el transcurso de la simulación el nodo fuente se desplaza a lo largo del escenario, a medida que esto suceda, este pierde la comunicación con el receptor, esto implica que debe ir rearmando las tablas de ruteo utilizando el resto de los nodos incluidos en el escenario de simulación hasta reestablecer la comunicación [12], [13] y [14].

Este procedimiento se repite hasta conseguir cuatro nodos intermedios, para los que se toma el tiempo que tarda el protocolo desde que el nodo fuente pierde la comunicación con el nodo receptor hasta que la comunicación se reestablece nuevamente.

Se trabaja igual para los otros dos escenarios, con el objetivo de evaluar como se comporta el retardo de los protocolos a medida que la granularidad disminuye.

Se ha realizado una cuarta simulación para determinar el retardo en función de la distancia existente entre el nodo fuente y receptor, en ella se ha creado una topología con dos nodos, es decir, el nodo fuente y el receptor.

Para determinar el retardo en función de la distancia entre los nodos comunicantes en esta simulación se tomo el retardo para el inicio de la comunicación de ambos protocolos con distintas distancias. Los valores de las distancias son 5, 10, 15, 20 y 25 metros.

Los tiempos que se han tomado son el retardo desde que se produce el error por salirse del radio de cobertura hasta el momento que logra reestablecer la comunicación. En total se hicieron cinco simulaciones, para comunicación directa, uno, dos, tres y cuatro nodos intermedios.

La figura 1 corresponde al grafico del análisis de los resultados obtenidos de la toma de los tiempos correspondientes a la simulación del retardo respecto a cinco de nodos.

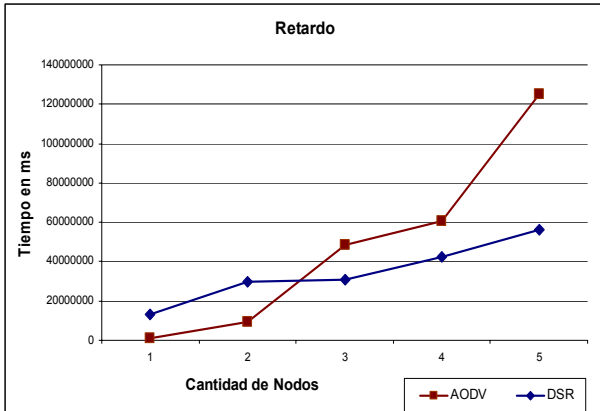


Figura 1: Comparativa del comportamiento del retardo de los protocolos DSR y AODV para cinco

En esta figura se puede observar que el protocolo DSR resulta mejor a medida que aumenta el numero de nodos intermedios, en cambio AODV es mucho mas rápido que DSR pero solo para el caso de comunicación directa o a los sumo hasta con dos nodos intermedios.

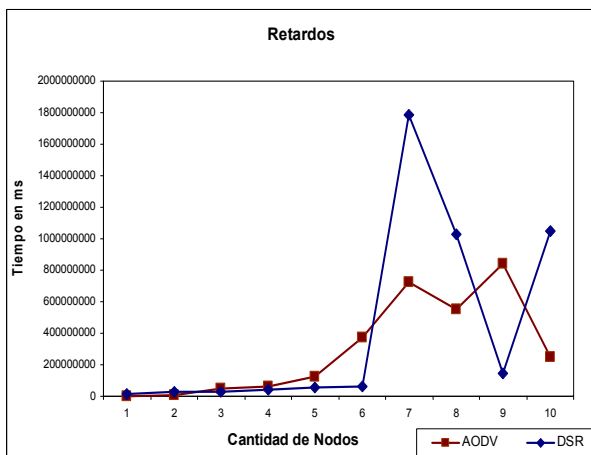


Figura 2: Comparativa del comportamiento del retardo de los protocolos DSR y AODV para diez nodos

La figura 2 corresponde al grafico del análisis de los resultados obtenidos de la toma de los tiempos correspondientes a la simulación del retardo respecto a diez de nodos.

En esta figura se puede observar que el protocolo AODV resulta mejor en contraposición con los resultados de la simulación anterior. AODV resulta más estable, mientras que el protocolo DSR presenta abruptas fluctuaciones.

La figura 3 corresponde al grafico del análisis de los resultados obtenidos de la toma de los tiempos correspondientes a la simulación del retardo respecto a quince de nodos. En esta

figura se puede observar el comportamiento no estable del protocolo AODV.

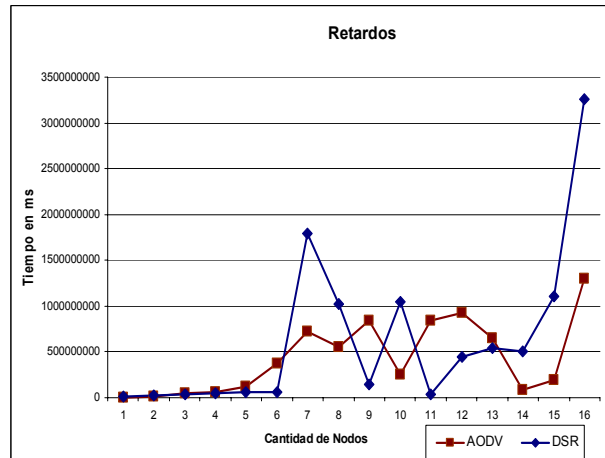


Figura 3: Comparativa del comportamiento del retardo de los protocolos DSR y AODV para quince nodos

La figura correspondiente al escenario de simulaciones del retardo respecto de la distancia existente entre el nodo fuente y el nodo receptor no muestra datos relevantes de visualizar, esto es debido a que ambos protocolos se comportan de manera lineal.

En los dos protocolos el crecimiento del retardo es directamente proporcional a la distancia existente entre los nodos, en ambos casos el tiempo de retardo es 1,333 ms. El único parámetro que los diferencia es el tiempo inicial de cada protocolo. En el caso de AODV el retardo es proporcional a partir de los 5,355 ms mientras que para DSR es a partir de los 18,137 ms.

Como conclusión preliminar, se destaca que para la primera simulación hecha con cinco nodos mostrada en la figura 1, el protocolo AODV se comporta más eficientemente.

Para 3, 4 y 5 nodos AODV maneja tiempos muy superiores al DSR, a medida que aumenta el numero de nodos en la red el protocolo AODV va perdiendo agilidad, es decir, a pesar que DSR es más lento a la hora del rearmado de las tablas, es mas estable.

Pero tomando las dos simulaciones siguientes con un mayor número de nodos en los escenarios de simulación, donde se tomaron 10 y 15 nodos respectivamente, se observó que el

protocolo DSR pierde estabilidad, ganando un alto grado de fluctuaciones. Esto implica que para aplicaciones tales como la VoIP o video streaming, las cuales tienen fuertes restricciones de jitter, el protocolo DSR no puede ser utilizado.

Se esta trabajando en el análisis y simulación de otros parámetros de QoS tales como cantidad de paquetes de ruteo, cantidad de paquetes perdidos, tasa de entrega de paquetes, throughput, etc.

También se esta trabajando en el estudio de diferentes modelos de movilidad con el objeto de ver como se comportan los protocolos de ruteo y que valores adoptan los parámetros antes mencionados.

#### **4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS**

El objetivo de esta línea de investigación es llegar a un modelo de simulación que permita analizar todos los parámetros de QoS, así como la posibilidad de realizar el análisis y propuesta de nuevas métricas que permitan a partir de los resultados que arroje el simulador estimar convenientemente la QoS

Los miembros de esta línea de investigación pertenecen al Grupo de Investigación de Seguridad en Sistemas (GASS – Grupo de Análisis, Seguridad y Sistemas) de la Universidad Complutense de Madrid; en el marco del cual se ha realizado una tesis de grado y se espera realizar dos tesis de grado mas y una de posgrado.

En el seno de esta cooperación se están realizando investigaciones con miembros de este grupo en el área de las redes inalámbricas, específicamente las MANET, y QoS.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

[1] Borko Furht and Mohammad Ilyas - Wireless Internet Handbook: Technologies, Standards, and Applications - Auerbach Publications – 2003.  
[2] Patrick Stüdi - Quality of Service for Mobile Ad Hoc Networks – Eidgenössische

Technische Hochschule, Swiss Federal Institute of Technology Zurich - Diploma of Thesis – Marzo 2003.

[3] Juan Francisco Redondo Antón - Helsinki University of Technology - Universidad Politécnica de Madrid – Ad hoc Networks, design and performance issues - Thesis of Master of Science in Telecommunications Engineering, May 2002.

[4] Royer and Toh - A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks, Personal Communications, IEEE, vol. 6, pag. 46 a 55, 1999.

[5] Murazzo, Rodríguez, Martínez. Modelo de Referencia para Administración de QoS en MANET, SENACITEL 2008.

[6] Anastasi, Conti y Gregori, IEEE 802.11 Ad Hoc Networks: Protocols, Performance and Open Issues, in Ad Hoc Networking, New York: IEEE Press and Wiley and Sons, Inc., 2004.

[7] Clausen, T., Jacquet, P. - Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) - IETF RFC 3626. Oct. 2003.

[8] Perkins, Bhagwat - Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers - Proceedings of ACM SIGCOMM'94. Londres, Oct. 1994, pp. 234-244.

[9] Johnson, Maltz, and Hu - The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR), in RFC 4728: IETF, 2007.

[10] Perkins, Belding-Royer, and Das – Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, in RFC 3561: IETF, 2003.

[11] Boronat Pérez. 2005. Estudio de redes inalámbricas utilizando el simulador NS-2. Universitat Jaume-I. <http://www.robot.uji.es>.

[12] Murazzo, Rodríguez, Martínez Modelo Estimación del retardo de los Protocolos de Ruteo Proactivos para MANET mediante Simulación, SENACITEL 2008.

[13] Murazzo, Rodríguez, Martínez. Análisis de las Prestaciones de QoS en los Protocolos de Ruteo Proactivos para Redes MANET, Jornadas Chilenas de Computación 2008.

[14] Murazzo, Rodríguez, Martínez. Evaluación del retardo de los protocolos de ruteo reactivos para redes MANET, Informática Habana – Cuba - 2009.