

Evaluación del retardo de los protocolos de ruteo reactivos para redes MANet

Maria A. Murazzo¹, Nelson R. Rodríguez², Matías Martínez³

¹ Universidad Nacional de San Juan – Facultad de Ciencias. Exactas, Físicas y Naturales – San Juan – Argentina, maritemurazzo@gmail.com - Miembro del Proyecto: 21 E 830 - Arquitectura de acceso a servicios Web desde dispositivos móviles heterogéneos

² Universidad Nacional de San Juan – Facultad de Ciencias. Exactas, Físicas y Naturales – San Juan – Argentina, nelson@iinfo.unsj.edu.ar - Miembro del Proyecto: 21 E 830 - Arquitectura de acceso a servicios Web desde dispositivos móviles heterogéneos

³ Universidad Nacional de San Juan – Facultad de Ciencias. Exactas, Físicas y Naturales – San Juan – Argentina, matiasmartinezinfo@gmail.com - Alumno Avanzado de la Carrera Licenciatura en Ciencias de la Información

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, mantener la QoS (Quality of Service) en este tipo de redes se hace imposible implementando los modelos tradicionales. Una característica importante que deben poseer los protocolos de ruteo para MANETs es que deben poder adaptarse rápidamente a los cambios continuos de la red, con el fin de mantener las rutas entre los nodos que se están comunicando.

Un protocolo de ruteo con capacidades de administrar las necesidades de QoS de las aplicaciones debería intentar establecer una ruta que satisficiera los requisitos de ancho de banda, retardo, jitter, etc. Inicialmente los protocolos reactivos serían más interesantes debido a su menor uso de recursos de red. En este trabajo se presentan resultados de simulaciones obtenidos con los protocolos bajo demanda AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) y DSR (Dynamic Source Routing). La elección se debe a que estos dos protocolos son los más conocidos dentro de los protocolos reactivos y son ampliamente utilizados como referencia para la comparación con las nuevas propuestas.

Palabras claves: QoS, MANET, AODV, DSR

ABSTRACT

Wireless networks have had a major impact on industry and academic fields. We have made significant research to improve their flaws. MANET networks add to the limitations of wireless networks characteristics of mobility. Because of this, maintaining QoS in such networks becomes impossible in implementing traditional models. An important feature that protocols should have for routing MANET networks is to be able to quickly adapt to the continuous changes in the network, in order to maintain routes between the nodes that are communicating.

A routing protocol's capabilities to manage the QoS needs of the applications should try to establish a route that satisfy the requirements of bandwidth, delay, jitter and so on. Initially reactive protocols would be more interesting due to their lower usage of network resources. In this paper, results of simulations obtained with the protocols on demand AODV and DSR are presented. This choice is due to the fact that these two protocols are the best known within the reactive protocols. They are widely used as a reference to compare them to the new proposals.

Key words: QoS, MANET, AODV, DSR

INTRODUCCIÓN

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. De esta forma,

son los propios nodos quienes adoptan funciones para el mantenimiento de la red y para su autoconfiguración.

Además, debido a que el alcance de transmisión de los dispositivos inalámbricos es limitado, pueden llegar a ser necesarios nodos intermedios para transferir datos de un nodo

a otro a través de la red. Por ello, en una red MANET cada nodo puede operar como fuente, destino o router.

Los nodos móviles son libres para moverse arbitrariamente, produciendo frecuentes cambios en la topología de la red. El grado de movilidad y cambio de la topología depende de las características de los nodos¹. Además, las variaciones en el canal de radio y las limitaciones de energía de los nodos pueden producir frecuentes cambios en la topología y en la conectividad. Consecuentemente, las MANET deben adaptarse dinámicamente para ser capaces de mantener las conexiones activas a pesar de estos cambios.

Estas redes son principalmente útiles en aplicaciones militares y de rescate, en aplicaciones comerciales es donde realmente hay una necesidad para servicios de comunicación ubicua. El hecho de poder ofrecer ciertos niveles de calidad de servicio (QoS) en redes MANETs sigue siendo un tema abierto para la comunidad investigadora, y supone un reto muy interesante, dadas las dificultades que conlleva².

En tal sentido es necesario dotar a las MANET de la posibilidad de proporcionar niveles adecuados de QoS a las aplicaciones que lo requieran, entre las cuales se encuentra 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).

QOS EN REDES MANETS

En la actualidad las aplicaciones, con requerimientos de ciertos niveles de ancho de banda o retardo, han conseguido que desde hace algunos años la provisión de adecuados niveles de QoS en la red sea un objetivo de vital importancia.

Si bien este problema está prácticamente resuelto en redes fijas, las especiales características de las redes MANET hacen necesario un nuevo estudio para afrontar este problema. Principalmente, la topología dinámica 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).

El hecho de que cada nodo no sólo sea responsable de mandar sus propios datos por la red, sino que tenga además que reenviar el tráfico procedente de otros usuarios (naturaleza "multihop" de las redes MANET), hace que el "throughput" o capacidad disponible por nodo se reduzca considerablemente³.

Con el objetivo de permitir el soporte de QoS en redes MANET es necesario que se definan cuales son las métricas que se deben tener en cuenta. La QoS se define como un conjunto de requerimientos de servicios 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, esto provoca fluctuaciones en el ancho de banda disponibles, así como el retardo presente en los enlaces, y conduce a que la provisión de QoS sea poco menos que una utopía en este tipo de redes.

QOS DESDE LA PERSPECTIVA DE CAPA

Todos los sistemas de comunicación modernos utilizan arquitecturas por capas, debido a que estas arquitecturas tienen varias características importantes que las hacen muy atractivas. Algunas ventajas del enfoque por capas son la disminución en la complejidad del diseño, la mejora en el mantenimiento, y el alto grado de flexibilidad que presentan, ya que las capas funcionan de forma independiente unas de otras. Sin embargo, para resolver adecuadamente los retos que presentan las redes las MANETs, es necesario tener una visión unificada de la arquitectura en donde todas las capas trabajan en forma cooperativa.

Con respecto a la capa física, los canales de radiofrecuencias presentan características que dificultan la QoS en redes MANET inalámbricas, algunos de los efectos que sufre la señal cuando se transmite en un canal RF son: el efecto doppler, la atenuación y las interferencias.

En la actualidad lo más común, es que los nodos en las redes MANET cuenten con antenas omnidireccionales que les permite comunicarse con cualquier otro dispositivo dentro de su rango de cobertura, lo que influye en la velocidad de transmisión, una posible solución es el uso de antenas unidireccionales. Sin embargo y a pesar de todos los esfuerzos realizados los canales de RF siguen siendo poco fiables.

Con respecto a la sub capa MAC, entre las propuestas para mejorar el comportamiento de los protocolos MAC para MANET basadas en protocolos de acceso aleatorio se incluyen, algoritmos para reducir el consumo de energía, algoritmos de gestión de paquetes; reducción de los radios de transmisión y de recepción; ajuste de la velocidad de transmisión entre nodos vecinos dependiendo de la distancia que los separa, y diferentes esquemas de codificación y modulación de señales.

Vistos los problemas que presentaba el estándar IEEE 802.11 para el soporte de QoS, la IEEE decidió crear un grupo que estudiase en mayor profundidad este tema e indicase posibles modificaciones sobre 802.11 para lograr cierto nivel de QoS.

El grupo de trabajo 802.11e⁴ define un conjunto de novedades especificadas a la edición de 1999 del estándar IEEE 802.11.

El inconveniente que presenta esta extensión es que solo funciona en redes inalámbricas con infraestructura pues requiere de un punto de coordinación que administra una pseudo reservación de recursos.

Con respecto a la capa de red, para soportar QoS, se debe tener información del estado de los vínculos entre los nodos de la MANET, tales como, delay, delay end to end, ancho de banda, tasa de pérdida y tasa de error en la red, y también se deben poder gestionar estas variables. Sin embargo, es muy difícil obtener y gestionar esta información en redes MANETs, debido a la limitación antes mencionada.

Una solución al aprovisionamiento adecuado de QoS deberá permitir que diversas clases de servicios puedan ser soportadas por las MANETs, donde todos los componentes de QoS, tales como la señalización para la QoS, el ruteo con QoS, los mecanismos de control de admisión y los mecanismos para soporte de la QoS de la capa MAC, deben cooperar para lograr este objetivo.

Los protocolos de ruteo utilizados en las redes cableadas, por ejemplo RIP (Routing Information Protocol), BGP (Border Gateway Protocol) y OSPF (Open Shortest Path First) no son aptos para ser utilizados en las MANET. La movilidad de los nodos que conforman la red y la aparición y desaparición de los mismos modifican los posibles enlaces que se pueden establecer. Los protocolos clásicos de ruteo no están preparados para adaptarse a escenarios tan variantes.

Una característica importante de los protocolos de ruteo para redes MANET es que deben poder adaptarse rápidamente a los cambios continuos de la red, con el fin de mantener las rutas entre los nodos que se están comunicando. Esto implica que los protocolos de ruteo deben propagar los cambios de topología y recalculan las rutas al destino⁵.

En función de todo lo expresado, se han identificado dos componentes básicos para el soporte de QoS: la señalización para la reserva de recursos y el ruteo. La cooperación de estos componentes determinará la capacidad y rendimiento del mecanismo de provisión de QoS.

Administración de las reservaciones de recursos

La señalización de QoS es el proceso de establecimiento de una conexión desde un nodo fuente hasta un nodo destino que involucra la reserva de recursos en los nodos intermedios. La señalización de QoS actúa como un centro de control para el soporte de QoS. Reserva y libera recursos, establece, termina y renegocia flujos en las redes⁶.

Los Mecanismos de Señalización se clasifican en *In-band* (la información de control va piggybacked en el paquete de datos) y *Out-band* (usa paquetes de control explícitos que deben tener alta prioridad).

La señalización trabaja combinada con el *Mecanismo de Reservación*, el cual es el proceso de asegurar los niveles de

recursos pactados en el camino extremo a extremo por las aplicaciones.

Los Mecanismos de Reservación se clasifican en *Dos-pasos* (en el primer paso el emisor inicia un pedido de información extremo a extremo de ancho de banda disponible, para detectar cualquier cuello de botella en el camino, la reservación se hace en el segundo paso, la inicia el receptor teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos de la conexión) y *Un-paso* (en este caso se usa solo un mensaje de control para la reservación sin tomar en cuenta ninguna información extremo a extremo).

En ambientes MANET, lo más probable es que durante una comunicación los nodos salgan del radio de cobertura, es por ello que se debe contar con un mecanismo que permita que la reservación de recursos perdure aun cuando se haya tenido que recalculan las rutas.

Estos mecanismos se denominan *Mecanismos de Administración de la Subsistencia de la Reservación* y se encargan de mantener la reserva de recursos y liberar los recursos cuando la conexión ha terminado. Pueden ser clasificados en *Soft-state* (la reservación tiene un tiempo de vida, cuando se establece una reservación se dispara un timer y durante un determinado periodo de tiempo una señal específica resetea el timer, si se vence el timer y no ha recibido ninguna señal los recursos se liberaran) y *Hard-state* (una vez que se ha establecido la reservación, los recursos son reservados hasta que haya un mensaje explícito para que sean liberados).

En función de todo lo anterior, la mejor elección es contar con *Señalización in-band*, de esta manera se evita la congestión evitando los paquetes de control; La *Reservación de los Recursos* deberán usar *Mecanismos de Reservación en Un-paso*, de esta manera el mecanismo se independiza de la dinamicidad de la topología, claro esta que durante todo el tiempo que dure la reserva, se deberán usar *Mecanismos de Administración soft-state*, pues la reservación debe obedecer a la dinámica de la topología.

PROTOCOLOS DE RUTEO PARA MANET

Una característica especialmente importante de los protocolos de ruteo para redes MANET es que deben poder adaptarse rápidamente a los cambios continuos de la red, con el fin de mantener las rutas entre los nodos que se están comunicando.

Las características deseadas de los protocolos de ruteo para MANET son:

- Implementación distribuida: Debido a que las redes inalámbricas son autónomas y son sistemas auto organizados, los protocolos de ruteo deben ser distribuidos sin tener que depender de autoridades centralizadas.
- Uso de ancho de banda eficiente: Si un protocolo de ruteo incurre en un excesivo control del tráfico, el ancho de banda disponible será consumido por el tráfico. Esto puede impactar en el funcionamiento de la comunicación. Como el ancho de banda de las redes

inalámbricas es limitado, la reducción del overhead es un factor de diseño importante.

- Optimización de métricas: El rendimiento del procesamiento punto a punto y el retraso son medidas utilizadas ampliamente en redes cableadas e inalámbricas. Por lo tanto, como la topología de la red está cambiando constantemente, el ancho de banda y la energía son factores importantes en las redes MANET. Se deben tomar en cuenta las métricas que pueden influir en el diseño de protocolos de ruteo, tales como: Máximo rendimiento de procesamiento punto a punto, delay mínimo punto a punto, ruta más corta (menor número de saltos), energía mínima, balance de carga, mínimo overhead y adaptabilidad a la topología cambiante
- Convergencia de ruta rápida: Debido a que la topología de la red cambia dinámicamente los protocolos deben proveer una ruta nueva y estable tan pronto como sea posible después de que la topología haya cambiado.

Cuando se debe trabajar en ambientes donde es necesario realizar administración de QoS, una posibilidad, es el *ruteo con QoS*, el cual se refiere al descubrimiento y mantenimiento de rutas que pueden satisfacer objetivos de QoS bajo determinadas restricciones de recursos.

Un protocolo de ruteo con QoS debe trabajar junto con la señalización de QoS para establecer caminos, a través de la red, que reúnan los requerimientos de QoS de end-to-end, tales como *retardo*, *jitter*, ancho de banda solicitado o restricciones multi-métricas.

El ruteo con QoS en MANET es difícil de implementar por: 1°) el overhead del ruteo QoS es muy alto para el ancho de banda limitado que poseen las MANET, 2°) por la naturaleza dinámica de las MANET es difícil mantener la información de estado, 3°) la reservación de recursos puede no mantenerse por la movilidad y pérdida de potencia de los nodos⁷.

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, o ante cualquier cambio en la topología de la red, disparan un mecanismo de propagación de actualización a través de la red, con el fin de mantener una idea real del estado de la red. Esto puede causar una cantidad importante de paquetes de señalización (overhead) 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 sin el incremento de paquetes de señalización que ocasiona un mecanismo de descubrimiento de rutas, pero tales protocolos tienen problemas de escalabilidad para funcionar adecuadamente cuando en la red se 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)⁸ y DSDV (Dynamic Destination Sequenced Distance Vector)⁹.

Como solución a estos inconvenientes aparecen, los protocolos bajo demanda o reactivos se caracterizan por iniciar un mecanismo de descubrimiento de ruta cuando una fuente necesita comunicarse con un destino al cual no sabe cómo llegar. El descubrimiento de ruta se realiza normalmente mediante una inundación de la petición. De manera general, el ruteo por demanda requiere menos overhead que el encaminamiento basado en tablas (proactivo), 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)¹⁰ y AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector)¹¹.

Una tercera categoría son los protocolos híbridos que combinan aproximaciones de los protocolos proactivos y reactivos¹², pero no son analizados en el presente trabajo.

La performance de los protocolos de ruteo depende de múltiples factores, tales como carga de tráfico y movilidad de los nodos. En función de ello, los protocolos reactivos tienen una mejor performance que los protocolos proactivos cuando el tamaño de la red es grande, aunque esto también depende del tráfico y la topología.

Cuando las aplicaciones necesitan baja latencia y la red no tiene problemas en sacrificar ancho de banda por el overhead, los protocolos reactivos son la mejor solución. Sin embargo, si la red maneja una alta tasa de tráfico, la performance del descubrimiento de las rutas se degrada, y por lo tanto los protocolos reactivos no son recomendados.

En resumen, un protocolo de ruteo con capacidades de administrar las necesidades de QoS de las aplicaciones debería intentar establecer una ruta que satisficiera los requisitos de ancho de banda, retardo, jitter, etc.

Sin embargo, la topología dinámica presente en redes MANET hace que asegurar estos parámetros sea una tarea muy complicada. Inicialmente los protocolos reactivos serían más interesantes gracias a su menor uso de recursos de red (escasos en redes ad-hoc)¹³.

En este trabajo presentamos resultados de simulaciones obtenidos con los protocolos bajo demanda AODV y DSR y las conclusiones resultantes. La elección se debe a que estos dos protocolos son los más conocidos dentro de los protocolos reactivos y son ampliamente utilizados como referencia para la comparación con las nuevas propuestas.

Protocolo DSR

El ruteo dinámico desde el origen (Dynamic Source Routing, DSR) es un protocolo de ruteo bajo demanda. En este caso, el nodo origen decide la ruta a utilizar luego de analizar los caminos posibles. La ruta elegida se incluye dentro de la cabecera del paquete de datos y los nodos intermedios simplemente deben reenviar el paquete al nodo siguiente. Esta característica limita el número máximo de saltos a realizar, pero disminuye el procesamiento requerido en los nodos intermedios.

DSR posee un mecanismo opcional que permite obtener información de ruteo simplemente observando el tráfico de datos. Este mecanismo se denomina overhearding y permite a los nodos conocer mejor la topología actual de la red y descubrir caminos más cortos que los utilizados en ese momento sin generar tráfico adicional de ruteo. Este mecanismo requiere procesamiento adicional en los nodos intermedios pero ayuda al descubrimiento de mejores rutas y a reaccionar ante fallas en los enlaces.

Para poder realizar el ruteo en el origen, a cada paquete de datos se le inserta una cabecera DSR de opciones que se colocará entre la cabecera de transporte y la IP. Entre dichas opciones se incluirá la ruta que debe seguir el paquete nodo a nodo.

Cada nodo mantiene una memoria caché de rutas en la que se van almacenando las rutas obtenidas a través de procesos de descubrimiento de rutas ya sean propios o obtenidos a través de escuchas en la red. En los procesos de descubrimiento de rutas se generan mensajes de solicitud (route request), respuesta (route reply), y error (route error).

Protocolo AODV

El protocolo de ruteo bajo demanda por vector de distancia (Ad-hoc On-demand Distance Vector, AODV) busca establecer una ruta sólo cuando es necesario. AODV es un protocolo muy simple y muy liviano que funciona bien bajo condiciones normales. La elección del camino para los paquetes de datos se realiza simplemente esperando la primera respuesta a un pedido de ruta. Se asume que la primera respuesta es la que recorrió el camino más corto.

Sin embargo, esto no siempre es válido, pudiendo elegirse una ruta que no es la más corta. Como método para reducir el ancho de banda utilizado, las rutas se mantienen activas hasta que no son necesarias o hasta la falla de algún enlace.

Si bien, esta forma de trabajo disminuye el procesamiento en los nodos, no permite descubrir mejores rutas que pueden aparecer después del establecimiento de la ruta actual. Otra característica de AODV es que los nodos sólo almacenan información parcial de las rutas conocidas, disminuyendo la cantidad de memoria necesaria para funcionar.

En AODV los nodos mantienen una tabla de ruteo para los destinos conocidos. Inicialmente esta tabla estará formada por sus vecinos. Solamente se le añadirán destinos nuevos cuando

sea necesario, es decir, cuando un nodo necesita comunicarse con otro que no está en su tabla, en este caso se inicia un proceso de descubrimiento de ruta (reactivo) hacia el destino concreto.

Para ello se emiten mensajes de descubrimiento de ruta RREQ que se van propagando entre todos los nodos de modo similar al DSR. En cambio, aquí los nodos generan una tabla de ruteo inversa para que puedan regresar las contestaciones RREP a las solicitudes de ruta al nodo que la originó. Se recomienda el uso de mensajes HELLO entre vecinos para determinar la conectividad, aunque para reducir el volumen de estos mensajes, sólo debe permitirse su envío a los nodos que estén transmitiendo datos.

ESCENARIO DE ESTUDIO

El ruteo usando protocolos reactivos consiste de tres partes: descubrimiento de la ruta, reenvío de datos y mantenimiento de la ruta. Cuando un nodo se quiere comunicar con otro, lo primero que intenta es descubrir la mejor ruta para enviar los paquetes, el “mantenimiento de la ruta” se aplica cuando la ruta encontrada se pierde (alguno de los nodos salio del área de cobertura) o cuando ya no es la mejor ruta (debido a interferencias o congestión).

Para encontrar otra ruta se debe correr el procedimiento de “descubrimiento de ruta”, lo cual es muy costoso en términos de uso de ancho de banda y tiempo de latencia. Esto genera que las aplicaciones en tiempo real, sobre todo las de voz y video, con fuertes restricciones de delay extremo a extremo, se vean muy perjudicadas. Además, esto se agrava cuando la topología es muy dinámica o cuando la red es muy grande. Por lo que cuando se analice al delay extremo a extremo, se deberá tener en cuenta estos aspectos.

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 2.31¹⁴. La razón principal de la elección se basa en que es un software versátil con un entorno muy amigable para las aplicaciones de simulaciones y permite su utilización en muchas topologías de redes, incluyendo las redes móviles y diferentes sistemas de movilidad como los que se estudiarán en este trabajo.

Además, NS-2 es uno de los simuladores más utilizados y los resultados son aceptados por la comunidad internacional de investigadores y es una herramienta con licencia de distribución libre y ampliamente difundida en el ámbito académico.

El modelo de movilidad usa el *Modelo Random Waypoint*, este modelo se ha usado debido a que es el que mas se aproxima a una situación de la vida real. En el modelo Random Waypoint incluye tiempos de pausa entre los cambios de dirección y

velocidad. Un nodo inicialmente empieza quieto en una posición aleatoria dentro del área de simulación. Una vez que esta pausa termina, el nodo elige otro destino y velocidad comprendida entre [minspeed, maxspeed].

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 escenario consta de diez nodos y el tercer escenario de 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 estarán fijos a excepción del nodo fuente (n2).

En la primer simulación se determinara 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 (fuente) y el nodo n0 (receptor) establecen una comunicación. En el transcurso de la simulación el nodo fuente se ira desplazando a lo largo del escenario, a medida que esto suceda, este perderá la comunicación con el receptor, esto implica que deberá ir rearmando las tablas de ruteo nuevamente utilizando el resto de los nodos incluidos en el escenario de simulación hasta reestablecer la comunicación^{15, 16}.

Este procedimiento se repite hasta conseguir cuatro nodos intermedios, para los que se tomara 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.

Este procedimiento se repite para los otros dos escenarios, el objetivo de esto es ver como se comporta el retardo de los protocolos a medida que las áreas de simulación se disminuye la granularidad.

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, para los cuales se han tomado los retardos para cada protocolo.

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

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. Como se ve en la figura el protocolo 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.

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.

CONCLUSIONES

En un principio, para la primera simulación hecha con cinco nodos mostrada en la figura 1 se determinó que para el caso de comunicación directa o hasta con dos nodos al momento del rearmado de las tablas de ruteo, 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.

Si se toma como parámetro de estudio el retardo producido por la distancia existente entre el nodo fuente y el receptor, se concluye que para ambos protocolos el crecimiento del retardo es directamente proporcional a la distancia entre los nodos, cuyo valor es 1,333 ms. Sin embargo el mejor desempeño de sus propiedades queda para el protocolo de enrutamiento AODV. Esto es debido a que el crecimiento del retardo en

ambos protocolos es el mismo conforme aumentan las distancias entre los nodos pero en el caso de AODV el retardo es proporcional a partir de los 5,355 ms mientras que para el caso de DSR es a partir de los 18,137 ms.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Borko Furth 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. **S. Choi**, “Emerging IEEE 802.11e WLAN for Quality of Service (QoS) Provisioning”, SK Telecom Telecommun. Rev., vol. 12, no. 6, Dec 2002. pp. 894-906
5. **E. M. Royer and C.-K. Toh** - A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks, Personal Communications, IEEE, vol. 6, pag. 46 a 55, 1999.
6. **M. Murazzo, N. Rodríguez, M- Martínez**, Modelo de Referencia para Administración de QoS en MANET, SENACITEL 2008.
7. **Anastasi, Conti y Gregori**, IEEE 802.11 Ad Hoc Networks: Protocols, Performance and Open Issues, in Ad Hoc Networking, New York: IEEE Press and John Wiley and Sons, Inc., 2004.
8. **Clausen, T., Jacquet, P.** - Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) - IETF RFC 3626. Oct. 2003.
9. **Perkins, C.E., Bhagwat, P.** - Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers - Proceedings of ACM SIGCOMM'94. Londres, Oct. 1994, pp. 234-244.
10. **D. Johnson, D. Maltz, and Y. C. Hu** - The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR), in RFC 4728: IETF, 2007.
11. **C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer, and S. R. Das** – Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, in RFC 3561: IETF, 2003.
12. **Perkins, C.E.**, Ed., Ad hoc Networking, Addison Wesley, Reading, MA, 2001.
13. **IETF MANET Charter**, available at www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html, August 2002.
14. **Boronat Pérez, P.** 2005. Estudio de redes inalámbricas utilizando el simulador NS-2. Universitat Jaume-I. <http://www.robot.uji.es>.
15. **M. Murazzo, N. Rodríguez, M- Martínez**, Modelo Estimación del retardo de los Protocolos de Ruteo Proactivos para Manet mediante Simulación, SENACITEL 2008.
16. **M. Murazzo, N. Rodríguez, M- Martínez**, Análisis de las Prestaciones de QoS en los Protocolos de Ruteo Proactivos para Redes Manet, Jornadas Chilenas de Computación 2008.

AUTORES

Maria A. Murazzo es Licenciada en Informática por la Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Es docente de las cátedras Computación IV, Redes y Redes y Sistemas Distribuidos, del Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNSJ y es miembro del proyecto Arquitectura de acceso a servicios Web desde dispositivos móviles heterogéneos. Se encuentra realizando la tesis de Maestría en Redes de Datos en la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Es miembro del Grupo de investigación GASS (Grupo de Análisis, Seguridad y Sistemas) de la Universidad Complutense de Madrid. Sus áreas de interés son las redes de comunicaciones, las redes de comunicaciones móviles y la calidad de servicio.

Nelson R. Rodríguez es Licenciado en Ciencias de la Computación por la Universidad Nacional de San Luís, Argentina. Es docente de las cátedras Computación IV, Redes y Redes y Sistemas Distribuidos del Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNSJ y es director del proyecto Arquitectura de acceso a servicios Web desde dispositivos móviles heterogéneos. Se encuentra realizando la tesis de Maestría en Informática en la Universidad Nacional de La Matanza, Argentina. Es miembro del Grupo de investigación GASS (Grupo de Análisis, Seguridad y Sistemas) de la Universidad Complutense de Madrid. Sus áreas de interés son las redes de comunicaciones, las redes de comunicaciones móviles y la calidad de servicio.

Matías Martínez es alumno avanzado de la carrera Licenciatura en Ciencias de la Información del Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNSJ. En el momento de esta publicación se encuentra realizando la tesis de grado sobre Calidad de Servicios en Redes MANET en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid.

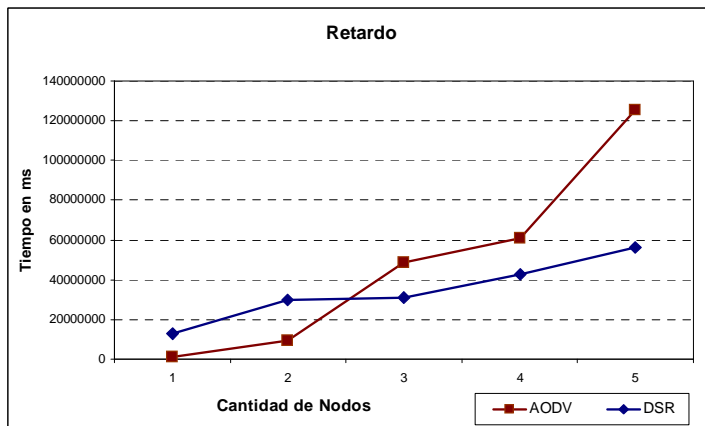


Figura 1: Comparativa del comportamiento del retardo de los protocolos DSR y AODV para cinco nodos

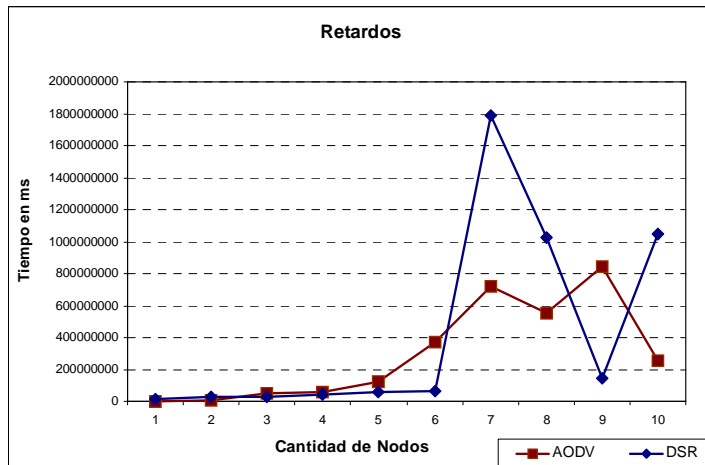


Figura 2: Comparativa del comportamiento del retardo de los protocolos DSR y AODV para diez nodos

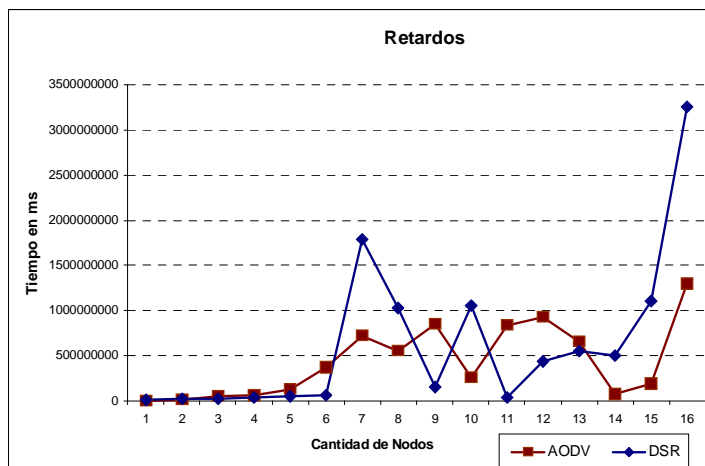


Figura 3: Comparativa del comportamiento del retardo de los protocolos DSR y AODV para quince nodos