

Evaluación de protocolos de encaminamiento para redes vehiculares *Ad hoc*

Leslye Ibarra Lares, Arnoldo Díaz-Ramírez, Heber S. Hernandez Tabares y Verónica Quintero Rosas

Departamento de Sistemas y Computación

Instituto Tecnológico de Mexicali

Av. Tecnológico s/n Col. Elías Calles

Mexicali, B.C., México 21376

leslye_ibarra@hotmail.com, {adiaz, heberhdz, veronicaquintero}@itmexicali.edu.mx

Resumen—Las redes vehiculares *Ad hoc* (VANETs) son un tipo de redes especializada que permite la comunicación entre vehículos, así como entre vehículos y alguna infraestructura existente en los caminos. El crecimiento de las ciudades ha provocado un incremento en el número de accidentes viales, lo que ha motivado el uso de VANETs para el desarrollo de aplicaciones que ayuden en este problema. Los desafíos que enfrentan este tipo de redes a causa de la movilidad de sus nodos han generado un creciente interés en la búsqueda de protocolos de encaminamiento mas eficientes para diferentes características de tráfico y topología de red. En este trabajo, se presentan los resultados de una evaluación comparativa entre dos protocolos de comunicación para VANETs, con la finalidad de determinar cuál de ellos es el mas conveniente para aplicaciones orientadas a la prevención de accidentes y congestión vial. Las evaluaciones se hicieron utilizando la herramienta de simulación de redes inalámbricas OMNET++, apoyada de la herramienta de simulación de tráfico SUMO.

Términos índice—VANET, AODV, GPSR, OMNET++, SUMO

I. INTRODUCCIÓN

Las redes vehiculares *Ad hoc* o VANETs (*Vehicular Ad hoc NETWORKs*) han recibido un gran interés en los grupos de investigación, la industria automotriz y los sectores gubernamentales y de transporte, ya que presentan un gran potencial para el desarrollo de nuevas aplicaciones orientadas a la seguridad en el tránsito, su eficiencia y la comodidad del conductor. Los sistemas de transporte inteligente (STI) proveen de la tecnología para la generación de estándares que permitan la comunicación en tiempo real entre los vehículos y la infraestructura de la red, con el objetivo de prever a los conductores de posibles situaciones de peligro. Estas redes vehiculares inalámbricas están formadas por nodos que manejan una gran movilidad, cambio de topología y constantes desconexiones que representan un desafío para la generación de protocolos de encaminamiento eficientes.

El crecimiento de las ciudades ha provocado un aumento en el número de vehículos, a tal grado que la principal causa de muerte de jóvenes a nivel mundial son los accidentes viales. Para reducir este problema, recientemente se ha trabajado en la construcción de ciudades inteligentes (*smart cities*) a través del uso de la tecnología. En este contexto, las redes VANETs tienen una gran importancia, ya que por medio de

su uso pueden tenerse ciudades sostenibles y seguras. Sin embargo, es necesario determinar cuáles son los parámetros de una VANET mas convenientes para cada caso o ciudad particular, especialmente relacionados con la elección de los protocolos de comunicación. Es importante destacar que al evaluar los protocolos de comunicación para ser utilizados en una VANET, es necesario definir el tipo de ciudad en la que la red vehicular se utilizará, ya que cada urbe tiene diferentes características. Por ejemplo, existen ciudades con edificios de diferentes tamaños, o diferentes trazados en sus calles.

En este artículo se presenta un análisis comparativo de algunos protocolos de comunicación para VANETs que pueden ser utilizados en aplicaciones para la prevención de accidentes viales, o para la emisión de notificaciones en caso de que haya ocurrido un accidente. Como caso de estudio se definieron escenarios simulación de la ciudad de Mexicali, Baja California, México. Para este fin se obtuvieron datos estadísticos del área con mayor incidencia de accidentes en la ciudad de Mexicali. y se generaron escenarios que caracterizaran esa zona de la ciudad. Para los experimentos de eligieron dos protocolos de comunicación: uno basado en topología (AODV) y otro basado en posición (GPSR).

Este documento está organizado de la siguiente manera. En la sección Sección II se describe brevemente el trabajo relacionado. La sección Sección III presenta los conceptos básicos de las redes vehiculares *Ad hoc*. Los protocolos de encaminamiento que fueron evaluados se explican en la sección Sección IV. Los parámetros de los experimentos de simulación, así como los resultados obtenidos se discuten en la sección Sección V. Finalmente, las conclusiones y el trabajo futuro se presentan en la sección Sección VI.

II. TRABAJO RELACIONADO

En el área de las redes vehiculares existen muchos trabajos especializados en la evaluación de protocolos de encaminamiento. Su principal enfoque es determinar el protocolo que se desempeñe de mejor manera, bajo diferentes modelos de movilidad, escenarios de simulación, e indicadores de eficiencia específicos.

En [1], se realiza una evaluación comparativa entre los protocolos de encaminamiento AODV y GPSR. Para probar su

desempeño, el análisis considera dos escenarios de simulación (carretera y ciudad), para diferentes densidades vehiculares (15, 30 y 50 nodos). Los resultados muestran que, según los índices de eficiencia evaluados, el protocolo AODV presenta mayores pérdidas de paquetes conforme al aumento de la densidad vehicular, al contrario de GPSR, y para el retraso del primer paquete de datos, GPSR supera bajo todas las densidades al protocolo AODV. Con esto se concluye que el protocolo GPSR se desempeña de mejor manera para escenarios de alta densidad vehicular, mientras que AODV tiene un mejor funcionamiento al encuentro de la ruta para densidades vehiculares bajas.

En [2] el estudio pretende encontrar el protocolo mas adecuado para una red vehicular, en base a dos escenarios de simulación (carretera y ciudad), y tres densidades de trafico (150, 250 y 350 nodos). Se evalúan los protocolos de encaminamiento basados en posición (GPSR y A-STAR) y basado en topología (AODV), concluyendo que los protocolos basados en posición obtuvieron mejores resultados en su desempeño y en cuanto al numero de paquetes perdidos por transmisión.

En [3] se presenta una evaluación comparativa entre dos protocolos reactivos basados en topología (AODV, DSR) y uno basado en posición (GPSR), con respecto a variaciones en los parámetros de simulación, numero de nodos, pausas en tiempo de simulación y velocidad de los nodos. La conclusión refleja que el protocolo GPSR mostró un mejor resultado en el caso de porcentaje de paquetes perdidos y desempeño de la red, con respecto a los resultados dados por AODV, el cual supero en mayor medida el porcentaje de paquetes recibidos.

Un enfoque diferente se aprecia en [4], donde se considera, en una evaluación comparativa, protocolos *unicast*, *multicast*, *geocast* y *broadcast*. Se analizan dos protocolos de encaminamiento basados en posición y dos mas basados en topología. Los resultados obtenidos, en base a parámetros de distancia entre nodos, velocidad, y numero de nodos, muestran que los protocolos GPSR y GCPR se desempeñaron de mejor manera que los protocolos AODV y DSR en lo que respecta a sus indicadores de porcentaje de paquetes recibidos, latencia y sobrecarga del protocolo. El articulo concluye que las ventajas de los protocolos basados en posición son debido a sus servicios de localización por GPS, que no generan una sobrecarga a la red al momento de establece una ruta.

En [5] se evalúan dos protocolos de encaminamiento basados en topología (AODV y DSDV) y un protocolo basado en posición (GPSR). Para determinar el protocolo de mayor eficiencia, se evalúan con respecto a diferentes topologías (Loja, Ecuador), variando el numero de nodos, las cargas de trafico y las velocidades de los nodos. Los resultados muestran que para las métricas analizadas, como el porcentaje de paquetes enviados y el retraso en transmisión, GPSR muestra mejores resultados en todas sus variaciones de parámetros, mientras que AODV se desempeña de mejor manera en la carga normalizada del protocolo. La conclusión explica que la mejor manera de encontrar el protocolo adecuado para la red vehicular, es seleccionando el que se adecue de mejor manera a los requerimientos de un escenario en particular.

En este trabajo se busca determinar el protocolo de encaminamiento que cumpla con los requerimientos del escenario generado por estadísticas reales, de accidentes de transito en la ciudad de Mexicali. Para ello se seleccionaron los protocolos de encaminamiento con mejores resultados en evaluaciones para redes vehiculares GPSR y AODV. El análisis se realizo bajo variaciones de parámetros del numero de nodos, velocidad, y pausas de simulación. A pesar de que se trata de una problemática especifica, los resultados obtenidos brindaran un panorama general al desempeño de protocolos de encaminamiento en escenarios de simulacro y patrones de movilidad realistas.

III. REDES VEHICULARES AD HOC

Las redes inalámbricas *Ad hoc* son redes que se forman espontáneamente, conformadas por enlaces inalámbricos móviles. No cuentan con una infraestructura fija, es decir, no tienen un control centralizado, lo que las hace redes con alta flexibilidad de conexión, como se muestra en la Fig. Figura 1. Los nodos contenidos en estas redes tienen la capacidad no solo de actuar como estación base, sino también de retransmitir los paquetes a nodos contiguos, en caso de que el destino final de se encuentre fuera de su alcance directo.

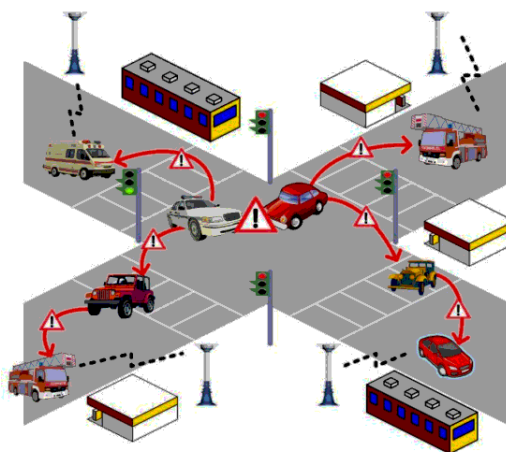


Figura 1. Redes Vehiculares Ad hoc

Las redes inalámbricas móviles *Ad hoc* o MANETs (*Mobile Ad hoc Networks*) pueden ser clasificadas por sus características en: redes de sensores, redes MESH, o redes vehiculares (VANET), por mencionar algunas. Las redes vehiculares *Ad hoc* son un tipo especial de redes móviles en donde los vehículos son nodos móviles con capacidades de computación y comunicación inalámbrica. Existen dos entidades principales en la red: vehículos y puntos de acceso, en donde estos últimos se encuentran fijos, por lo regular conectados a la red inalámbrica y pueden comportarse como un punto de distribución para los vehículos. En las redes VANET existen dos tipos de direccionamiento de comunicación inalámbrica que son: vehículo a vehículo (V2V), y vehículo a infraestructura (V2I). La comunicación vehículo la vehículo se divide en dos tipos: comunicación de un salto (comunicación directa

de nodo a nodo), y comunicación de multsalto (retransmite la información a nodos intermediarios hasta llegar a su destino).

El estándar 802.11p, también conocido como WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environment*) [6], es una modificación del estándar para redes WI-FI 802.11, desarrollado para aplicaciones para sistemas de transporte inteligente o *Intelligent Transportation Systems* (ITS). En estos sistemas las tecnologías de comunicación se aplican en el campo de transporte: vehículos, usuarios, infraestructuras, y el manejo de tráfico y movilidad de los nodos. Este protocolo se maneja en la banda de frecuencias de 5.850-5.925 GHz establecida en los Estados Unidos. Esta banda de 75 MHz está dividida en un canal central de control (CCH) y en canales de servicio (SCHs).

Las principales características de las redes VANET son su alta movilidad, su auto-organización, comunicación distribuida, la restricción de patrones, y la no restricción en el tamaño de la red. Las aplicaciones principales en las cuales se desarrollan las redes VANET son la seguridad y la eficiencia. Algunas de estas aplicaciones requieren que los vehículos indiquen su posición al momento de transmitir una trama. Esta información puede ser desde las condiciones de tráfico en una vialidad, hasta accidentes ocurrido en la acera contraria del automóvil. Los mensajes que transmiten estos protocolos son los llamados *beacons* que, dependiendo del tipo de protocolo y considerando las características de la red, determinaran la efectividad en la recepción de los mensajes.

IV. PROTOCOLOS DE ENCAMINAMIENTO PARA VANETS

Las redes vehiculares han representado un reto en el diseño de sus aplicaciones y protocolos, debido a las altas velocidades en la movilidad de sus nodos y el constante cambio de topología de la red [7]. Los protocolos de encaminamiento para redes *Ad hoc*, se encuentran clasificados en base a sus características de diseminación de mensajes e identificación de nodos móviles, como: Basados en topología, basados en posición, basados en *geocast*, basados en *broadcast*, basados en *cluster* [8]. En este trabajo en particular se realizó una evaluación de dos protocolos clasificados como basado en topología (AODV) y basado en posición (GPSR).

Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV)

Este es un protocolo de encaminamiento reactivo, es decir, trabaja bajo demanda de transmisión. A diferencia de los protocolos proactivos los paquetes incluyen la dirección del destino; esto libera de manera considerable la sobre carga en la red, al tener un trayecto establecido [9]. Otra ventaja que presenta con respecto a los proactivos es que al tener una ruta trazada el protocolo solo maneja información de la dirección IP y un número de secuencia que describe los saltos de nodos que se generaron para llegar al nodo destino. AODV determina las rutas por medio de mensajes de Route Request (RREQ) que, al encontrar el camino al nodo destino, regresan un mensaje de Route Reply (RREP) al emisor (véase Fig. Figura 2). Aunque la red es adaptable bajo este

protocolo, se presentan desventajas en latencia al iniciar un nuevo descubrimiento de la ruta, consumiendo ancho de banda conforme la red crece.

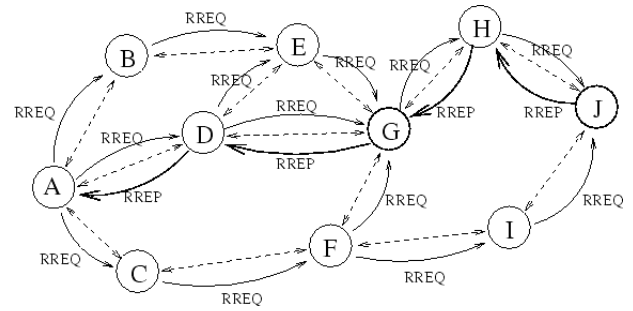


Figura 2. Proceso de RREQ y RREP en AODV

Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR)

Este protocolo de encaminamiento, encuentra las rutas al destino en base a la posición de los nodos. Cada nodo transmite a toda la red una trama *beacon* que contiene su id y posición. Los nodos que no reciban esta trama en un periodo de tiempo establecido son los nodos que fallaron al recibir la transmisión o se encuentran fuera de rango y no son considerados dentro de la tabla de ruteo. Este método es llamado *greedy forwarding* (Figura 3), en el cual GPSR utiliza la información de su vecino más cercano al destino para enviar el paquete. En casos donde la única ruta disponible, requiere que la transmisión se aleje temporalmente del destino, GPSR utiliza un método de recuperación mediante el envío en el modo de *perimeter* [10], en el que un paquete atraviesa sucesivamente las caras más estrechas de un subgrafo plano de la gráfica del radio de conectividad de la red, hasta llegar a un nodo más cercano al destino, donde se reanuda el reenvío codicioso o *greedy forwarding*. En GPSR cada nodo tiene conocimiento de su posición actual y de la posición de sus nodos vecinos. Esta información les ayuda para un eficiente encaminamiento y también para hacer de su conocimiento el destinatario.

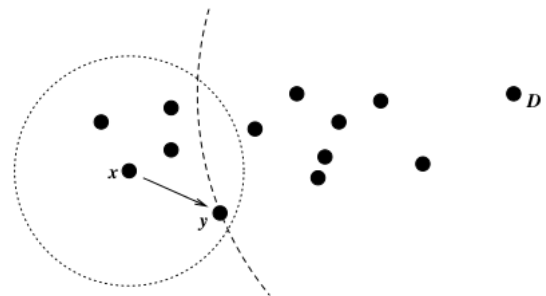


Figura 3. Greedy forwarding GPSR

V. EVALUACIÓN

Escenario de simulación

Se evaluó el desempeño de los protocolos de encaminamiento AODV Y GPSR bajo un escenario de simulación determinado por bases de datos de accidentes de tránsito proporcionadas por la *Dirección de Seguridad Pública Municipal (DSPM)* del ayuntamiento de Mexicali. Esta información obtenida, del número y tipo de accidentes de tránsito ocurridos entre los periodos del año 2012, 2013 y dos meses del 2014 (Enero-Febrero), proporcionó el área de simulación con la mayor incidencia de accidentes. Por medio de un filtrado se obtuvieron las calles, intersecciones y bulevares que formarían el escenario de simulación.

Una vez determinada el área de simulación se procedió a obtener el mapa para la generación de tráfico. Para esto se utilizó el proyecto **Open Street Maps** [11], el cual es un desarrollador de mapas de edición libre creados a partir de información geográfica en dispositivos móviles con GPS y otras fuentes. Se importó el área específica determinada como el área de mayor incidencia de accidentes de tránsito y posteriormente se editó en el programa de **Java Open Street Maps (JOSM)**, el cual delimita las intersecciones e incluso se guardan las características y nombres de las calles dependiendo de la información que OSM tenga en su base de datos al momento de importar.

Herramientas de simulación

Para este proyecto se utilizó el programa de simulación de redes inalámbricas **OMNET++**. Tratándose de una red vehicular, se procedió a la generación de los módulos y configuración de la red, además de los módulos y el tráfico de los nodos.

SUMO (Simulation of Urban MObility) [12], es una herramienta que crea los archivos de texto que describen la red y las rutas del mapa. Ya que el escenario de simulación está basado en estadísticas reales de accidentes de tráfico, se buscó la mejor alternativa para representar un tráfico realista en la red vehicular. Si bien SUMO cuenta con sus herramientas para generar tráfico, tiene una desventaja en cuanto a la cantidad de nodos creados al inicio de la simulación. Para esto se utilizó un módulo creado por el Grupo de Redes de Computadores (GRC) de la Universidad Politécnica de Valencia, **VACaMobil (VANET Car Mobility manager)** [13]. Con este módulo seleccionamos la cantidad deseada de nodos que queremos que se mantengan constantes dentro de la simulación, independientemente de la cantidad de nodos que salgan de ella.

Una vez se obtuvieron los archivos de red, de rutas determinadas por VACaMobil, los módulos de la red y el modelo que define a los nodos móviles, que se muestran en la Tabla I, en OMNET++, se determinaron los parámetros de configuración a evaluar en la simulación de la red vehicular [14].

Parámetro	Valor
Tiempo de Simulación	100, 80, 60, 40, 20, 10(s)
Rango de transmisión	275 m
Potencia de transmisión	10 mW
Protocolos	AODV, GPSR
Modelo de movilidad	Traci mobility
Numero de nodos	30, 50, 70, 100
Velocidad de los nodos	8mh-20mh
Área de simulación	3000m x 4500m
Tamaño de paquete	512 Bytes
Modelo de Propagación de Radio	Free space Model
Protocolo MAC	802.11p
Intervalo de envío de paquetes	1s
Intervalo de Beacon	5s
Tasa de bits de radio	54Mbps

Tabla I
PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

El análisis comparativo se realizó sobre un área de simulación de 3000m x 4500m. Se utilizó un módulo para evitar los obstáculos que pudieran presentarse en la topología del mapa, este módulo está contenido en el modelo **INET**, esto con el objetivo de evitar en medida de lo posible mayores pérdidas en las transmisiones de los nodos móviles. También se tomaron en consideración cuatro distribuciones de cantidad de nodos presentes en las simulaciones (30,50,70 y 100 nodos) [15]. Todos los indicadores de eficiencia por los cuales están evaluados los protocolos de encaminamiento, se manejaron con respecto a pausas de tiempo para apreciar de mejor manera el desempeño del protocolo ya sea de incremento con respecto al tiempo o de decremento.

Indicadores de eficiencia

El primer indicador evaluado fue **packed delivery ratio (PDR) o porcentaje de paquetes recibidos**. Como su nombre lo dice, es el porcentaje de paquetes enviados que llegan al destino con éxito, se calcula como la división de los paquetes recibidos sobre los enviados por 100 [1].

Como se puede apreciar en las gráficas de la Fig. Figura 4, es evidente que el protocolo GPSR es más efectivo con respecto al envío de paquete recibidos con éxito a comparación del protocolo AODV. Mientras aumenta el tiempo de simulación aumenta la cantidad de paquetes recibidos; Sin embargo hay una diferencia muy notoria entre el desempeño de los protocolos al aumentar la cantidad de los nodos. AODV tiene un aumento en el porcentaje de PDR pero no varía mucho conforme al cambio de cantidad de nodos, en cambio el protocolo GPSR presenta un cambio significativo, con respecto al número de nodos presentes en la red, es claro es que entre mayor tráfico de nodos en la red, mayor número de pérdidas en los mensajes, esto se debe a que el protocolo geográfico GPSR maneja sus tablas de ruteo en base a posición de los nodos, lo que le permite identificar a su nodo destino de una mejor manera que AODV [16].

El siguiente índice de eficiencia para evaluación es el de **end to end delay (ETE) o retraso punto a punto**. Este índice es el tiempo que le toma a un paquete ser transmitido en la red desde el origen hasta su destino. Como se puede apreciar en la

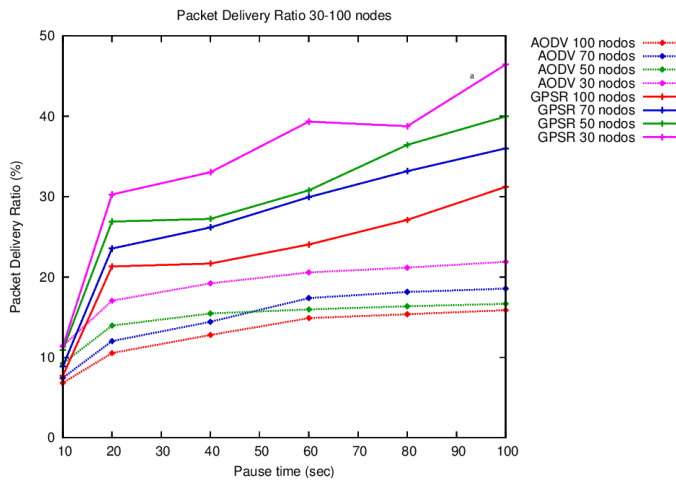


Figura 4. Porcentaje de paquetes recibidos

Fig. Figura 5). En este caso el protocolo AODV [5] fue mas efectivo que el protocolo GPRS. Esto se debe a la diferencia que presentan estos protocolos al momento de encontrar una ruta a su destino. AODV es un protocolo reactivo por lo cual maneja sus mensajes de control y una tabla de ruteo con la IP del destino solo cuando es llamado, mientras que GPSR es un protocolo que se maneja por posición de los nodos, y su manera de conocer a sus nodos vecinos es por medio de tramas *beacons*, que solo recibirá el nodo que se encuentre geográficamente mas cercano al nodo destino. En algunas ocasiones, por tratarse de una red en constante movimiento, y con un gran numero de desconexiones, GPSR presenta un problema para encontrar al nodo del modo convencional, y cambia a un modo llamado *perimeter forwarding*, en el cual determina un perímetro donde enviara sus tramas *beacons* para encontrar un nodo cercano, y proceder entonces con el modo anterior (*greedy forwarding*). En ciertos tipos de topografías estos constantes cambios provocan el retraso en el envío de paquetes, pero no comprometen la efectividad en la llegada de los mismos al destino. Se puede apreciar el aumento en el retraso que presenta GPSR con respecto al aumento de la cantidad del nodos, a mayor trafico se traduce una mayor cantidad de flujo y desconexiones de la red.

Retraso punto a punto (PLR) o porcentaje de paquetes perdidos. En este índice se evalúa la cantidad de paquetes perdidos en la transmisión de datos al destino [3]. Se calcula por los paquetes enviados menos los recibidos sobre los enviados por 100. Se puede observar en la Fig. Figura 6 que el porcentaje de paquetes perdidos es mayor en el protocolo de encaminamiento AODV a comparación de GPSR . Esto se puede interpretar de manera inversamente proporcional al PDR. GPSR es mas efectivo en su estrategia de encaminamiento debido a que es de su conocimiento la posición de sus nodos vecinos y el destino es por ello que el protocolo AODV, incluso siendo un protocolo de tipo reactivo necesita actualizar tablas de ruteo en cada desconexión o en caso de no encontrar una ruta al destino, pero incluso si esto no le toma mucho tiempo, sigue siendo mas efectivo conocer la posición exacta de los nodos.

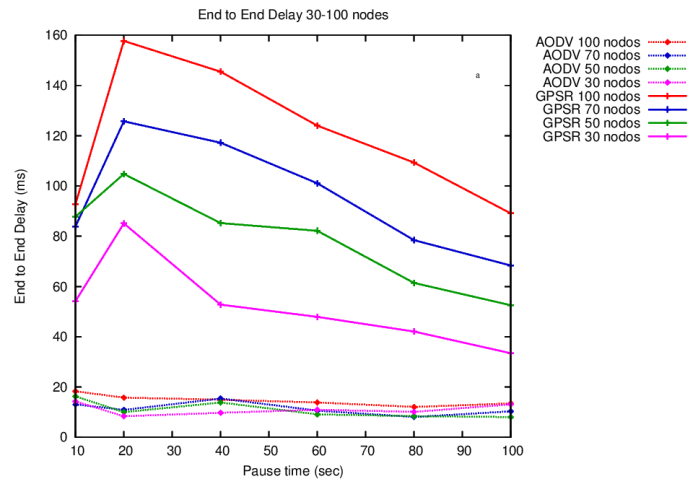


Figura 5. Retraso Punto a Punto

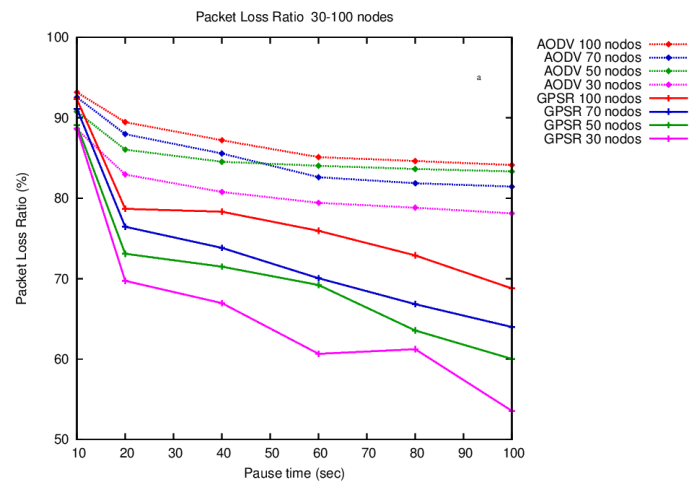


Figura 6. Porcentaje de paquetes perdidos

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Para lograr los objetivos de una red VANET, se deben considerar todos los factores que las componen y afectan, como sus continuos cambios de topología y las frecuentes desconexiones de los nodos a causa de la movilidad; Por tanto deben de generarse nuevos protocolos que sean capaces de solucionar estos problemas. Este es el principal reto que desprende una gran cantidad de investigaciones, en la búsqueda de los protocolos que logren cubrir las necesidades de este medio.

En esta evaluación se escogieron dos protocolos de encaminamiento muy conocidos por su buen desempeño en: AODV (*Ad hoc On Demand Distance Vector*) y GPSR (*Greedy Perimeter Stateless Routing*), los dos con características muy distintas, uno basado en topología mientras que el otro se basa en la posición geográfica. Si bien en la literatura que engloba el análisis comparativo de protocolos de encaminamiento como lo son AODV y GPSR, se concluye que el desempeño de protocolos geográficos es mas eficiente en cuanto a redes de con alta movilidad se trata; aunque surgen excepciones dependiendo del escenario y parámetros de simulación.

En el caso de los resultados obtenidos de nuestro análisis comparativo, pudimos concluir que GPSR tuvo sus ventajas y también sus desventajas al lado de AODV. En el índice de eficiencia de porcentaje de paquetes enviados (PDR) al igual que el de porcentaje de paquetes perdidos (PLR), GPSR obtuvo mejores resultados que AODV, por la ventaja de manejar sus tablas de ruteo en base a la posición geográfica de los nodos, a diferencia de una tabla de ruteo que contiene la ruta basada en una topología y un IP.

Pero cuando se evaluó el índice de retraso punto a punto, bajo el escenario específico, AODV presentó un mejor resultado que GPSR, esto debido a que el protocolo geográfico cambia a un modo llamado *perimeter forwarding*, en el cual determina un perímetro donde enviara sus tramas *beacon* para encontrar un nodo cercano, y proceder entonces con el modo anterior (*greedy forwarding*). En cierto tipos de topografía estos constantes cambios provocan el retraso en el envío de paquetes, pero no comprometen la efectividad en la llegada de los mismos al destino.

Se llega a la conclusión, que los índices de eficiencia de protocolos de encaminamiento pueden variar dependiendo de el escenario de simulación elegido, y los parámetros de evaluación. En este caso se puede comprobar que GPSR es mejor en general que el protocolo AODV.

Debido a que se trata de una simulación con un escenario basado en estadísticas de accidentes de tránsito reales, como trabajo futuro se podría realizar la implementación de nuevos protocolos de encaminamiento que puedan satisfacer las características y parámetros que componen el escenario, además de una evaluación comparativa con protocolos de *geocast*, *clustering* e híbridos para determinar el que tendría mejor desempeño, y generar un nuevo escenario de simulación con un cambio de parámetros para delimitar un problema más complicado, como por ejemplo una mayor cantidad de accidentes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de éste artículo desean agradecer a los integrantes del Grupo de Redes de Computadores de la Universidad Politécnica de Valencia, España, particularmente a Carlos T. Calafate y Álvaro Torres, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] N. Sharma and J. Thakur, "Performance analysis of aodv & gpsr routing protocol in vanet," *International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET) ISSN*, vol. 4, no. 2, pp. 104–112, 2013.
- [2] T. Rahem, A. Al-Razak, M. Ismail, A. Idris, and A. Dheyaa, "A comparative and analysis study of vanet routing protocols," *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, vol. 66, pp. 691–698, Aug 2014.
- [3] V. D. Khairnar and K. Kotecha, "Simulation-based performance evaluation of routing protocols in vehicular ad-hoc network," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 3, pp. 1–14, Nov 2013.
- [4] Venkatesh, A. Indra, and R. Murali, "Routing protocols for vehicular adhoc networks (vanets): A review," *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, vol. 5, pp. 25–43, Jan 2014.
- [5] M. A. Yasir and Z. A. Zukarnain, "Comparative analysis of aodv, dsdv and gpsr routing protocols in manet scenarios of real urban area," *Australian Journal of Basic & Applied Sciences*, vol. 8, pp. 145–157, Sep 2014.
- [6] Y. Liu, J. Bi, and J. Yang, "Research on vehicular ad hoc networks," in *Proceedings of the Chinese Control and Decision Conference*, pp. 4430–4435, June 2009.
- [7] H. Doumenc, "Estudio comparativo de protocolos de encaminamiento en redes vanet," tech. rep., Universidad Politécnica de Madrid, 2008.
- [8] M. Altayeb and I. Mahgoub, "A survey of vehicular ad hoc networks routing protocols," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 3, pp. 829–846, July 2013.
- [9] K. C. Lee, U. Lee, and M. Gerla, *Advances in Vehicular Ad-Hoc Networks: Developments and Challenges*, ch. Survey of routing protocols in vehicular ad hoc networks, pp. 149–170. IGI Global, 2010.
- [10] B. Karp and H.-T. Kung, "Gpsr: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks," in *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking*, pp. 243–254, ACM, 2000.
- [11] H. Phule, "Public safety application for approaching emergency vehicle alert and accident reporting in vanets using wave," Master's thesis, Rochester Institute of Technology, 2012.
- [12] M. Behrisch, L. Bieker, J. Erdmann, and D. Krajzewicz, "Sumo-simulation of urban mobility-an overview," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in System Simulation*, pp. 55–60, 2011.
- [13] M. Báguena, S. M. Tornell, A. Torres, C. T. Calafate, J.-C. Cano, and P. Manzoni, "Vacamobil: Vanet car mobility manager for omnet++," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Communications Workshops*, pp. 1057–1061, IEEE, June 2013.
- [14] M. Zhang and R. Wolff, "Routing protocols for vehicular ad hoc networks in rural areas," *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, pp. 126–131, November 2008.
- [15] B. N. Karp, *Geographic Routing for Wireless Networks*. PhD thesis, Harvard University, 2000.
- [16] R. P. Bhojyar and D. Datar, "Performance comparison between aodv, gpsr and hybr," *International Journal of Advent Research in Computer & Electronics*, vol. 1, pp. 42–48, April 2014.