

IMPACTO DEL ENRUTAMIENTO EN EL DESEMPEÑO DE LA COMUNICACIÓN DE DATOS EN UNA RED VANET

Dannyr Guevara Hidalgo¹, Isabel Cristina Chávez², Oscar Calderón Cortés³. *IEEE Member.*
Departamento de Telecomunicaciones – Grupo de investigación I+D
Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones. Universidad del Cauca
Recibido abril 5 de 2015 - Aceptado abril 20 de 2015

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v9n1.a03>

Resumen— Las Redes Ad-hoc Vehiculares (VANET) son un tipo de redes ad hoc que utiliza los vehículos como nodos móviles para crear una red de comunicación. En un VANET, los protocolos de enrutamiento tienen un papel importante, ya que determinan la forma de enviar y recibir información entre los nodos de una manera fiable. En este artículo se evalúa el desempeño de una comunicación de datos en un VANET cuando se utilizan los protocolos de enrutamiento AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector) y DSR (Dynamic Source Routing). Los resultados de la simulación muestran el impacto en términos de latencia, pérdida de paquetes y el rendimiento.

Palabras Clave- AODV, DSR, Protocolo de enrutamiento, VANET.

Abstract— Vehicular Ad-hoc Networks (VANET) are a kind of ad hoc networks where the cars are used as mobile nodes to create a communication network. In a VANET, routing protocols have a significant role, because they determine how to send and receive information between nodes in a reliable manner. This article evaluates the performance of a data communication in a VANET when the AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector) and DSR (Dynamic Source Routing) routing protocols are used. The simulation results show the impact in terms of Latency, Packet loss and throughput.

Keywords— AODV, DSR, Routing Protocol, VANET.

¹ Dannyr J. Guevara Hidalgo. Grupo de investigaciones I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones. Email: djguevara@unicauca.edu.co

² Isabel Cristina Chávez. Departamento de Telecomunicaciones - Grupo de investigaciones I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones. Email: isabelchavez@unicauca.edu.co

³ Oscar Calderón Cortés. Grupo de investigaciones I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones. Email: oscarc@unicauca.edu.co

I. INTRODUCCIÓN

A través de los años, las redes inalámbricas evolucionaron con el propósito de ofrecer diferentes servicios y opciones de comunicación a los usuarios en distintos campos de aplicación. Particularmente, la comunicación entre vehículos ha sido de gran interés en áreas de investigación y desarrollo, ya que permite la interconexión entre automóviles, con el fin de proporcionar acceso a la información y comodidad a conductores y pasajeros. Una Red Ad-hoc Vehicular, conocida (VANET, *Vehicular Ad hoc NETWORK*), es una red inalámbrica de corto y mediano alcance, autónoma, que surgió como resultado de los avances en tecnologías inalámbricas y las necesidades de la industria automotriz, con el fin de proporcionar conectividad entre vehículos e infraestructura vial [1], y sobre la cual se soportan diferentes tipos de servicios, entre ellos la seguridad vial, el acceso a Internet y transferencia de datos multimedia.

Debido al ambiente en el que funcionan las VANET: red altamente dinámica, con velocidades variables de los nodos, canal inalámbrico compartido e inestable, comportamientos disímiles de los conductores, entre otros, los requerimientos de este tipo de red son diferentes a los de otras redes Ad hoc, fundamentalmente en aspectos como latencia, throughput y confiabilidad. Básicamente, las VANET deben proveer comunicaciones altamente confiables, de baja latencia y con elevada capacidad de enrutamiento y que soporten aplicaciones con diversas tasas de datos [2].

En una VANET uno de los procesos más importantes, que contribuyen a la adecuada operación de la red, es el enrutamiento. Muchas investigaciones buscan modelar ambientes vehiculares y analizar, mejorar o desarrollar nuevos protocolos de enrutamiento. En el presente artículo,

se determina el impacto que los protocolos de enrutamiento AODV (*Ad hoc On-demand Distance Vector*) y DSR (*Dynamic Source Routing*), ejercen en el desempeño de una comunicación de datos en una red VANET, y está dividido así: la sección II, describe el funcionamiento de los protocolos AODV y DSR; la sección III identifica los parámetros de desempeño de la red y de los protocolos de enrutamiento; la sección IV describe la metodología de simulación; la sección V, muestra el análisis del desempeño y la sección VI, presenta algunas conclusiones.

II. ENRUTAMIENTO EN REDES VEHICULARES

El enrutamiento es una de las funciones más importantes en una red de comunicaciones, dado que se encarga de determinar la ruta que deben seguir los paquetes desde el origen hasta el destino, para lograr un efectivo intercambio de información. En entornos móviles, el enrutamiento se vuelve más complejo, debido al alto dinamismo de los nodos, la variabilidad del canal inalámbrico y la fluctuación de los enlaces.

Los protocolos de enrutamiento utilizados en otro tipo de red inalámbrica ad-hoc, no se desempeñan correctamente en las VANET; como resultado de ello, fue necesario adaptar al entorno vehicular algunos de los mecanismos existentes y diseñar nuevos protocolos específicos para VANET.

Entre los protocolos de enrutamiento más implementados y analizados, se encuentran AODV y DSR, los cuales se adaptaron a la naturaleza de las redes vehiculares, donde son ampliamente utilizados. Algunas de sus características se describen a continuación.

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

AODV es un protocolo de enrutamiento reactivo para redes móviles ad hoc utilizado en redes VANET, debido a su buen desempeño en ambientes de alta movilidad, gran densidad de nodos y uso de aplicaciones de diferentes tasas de datos [3-14]. En este protocolo de enrutamiento se generan tres tipos de mensajes de control [11-18], relacionados con los siguientes procesos:

Descubrimiento de Ruta: un nodo difunde un mensaje de Solicitud de Ruta (RREQ, *Route*

Request) cuando necesita una ruta hacia un destino y no tiene ninguna disponible, ya sea porque el nodo que intenta alcanzar es desconocido o porque la ruta es inválida o expiró. Cuando un nodo recibe un mensaje RREQ, comprueba si tiene una ruta hacia el destino, de ser así envía hacia el originador (Nodo fuente de la información) un mensaje de Respuesta de Ruta (RREP, *Route Reply*); de lo contrario difunde el mensaje hacia sus nodos vecinos.

Reparación Local: cuando se rompe el enlace de una ruta activa, el nodo contiguo a la falla puede elegir repararlo localmente, difundiendo una solicitud hacia ese destino. Este procedimiento es invisible para el nodo origen.

La reparación local se realiza únicamente para el destino hacia el cual iban los datos, por lo tanto se deben invalidar las otras rutas que utilizan el mismo enlace.

Mantenimiento de Ruta: los nodos realizan este proceso en caso de que algún enlace se pierda. El procesamiento de un error de ruta o ruptura de enlace requiere los siguientes pasos:

- Invalidar rutas existentes.
- Escuchar destinos afectados.
- Determinar vecinos afectados.
- Entregar un mensaje de Error de Ruta (RERR, *Route Error*) a los vecinos afectados.

El proceso para generar mensajes de error de ruta inicia cuando se detecta un enlace roto hacia el siguiente salto sobre una ruta activa durante el proceso de transmisión de datos.

B. *Dynamic Source Routing (DSR)*

DSR permite que una red sea completamente auto organizada, sin necesidad de infraestructura permanente, razón por la cual ha sido implementado en redes VANET [6], [18].

En este protocolo de enrutamiento se generan tres tipos de mensajes de control [3], [17-20], relacionados con los siguientes procesos:

Descubrimiento de Ruta: Cuando un nodo fuente desea transmitir un paquete, envía un mensaje de solicitud de ruta (RREQ) hacia todos los nodos que se encuentran dentro de su rango de transmisión. El iniciador (Nodo fuente) busca en su tabla de rutas el

trayecto hacia un nodo; cuando lo encuentra crea un nuevo mensaje, cuya cabecera contiene los saltos que debe seguir hasta llegar al destino.

Cuando un nodo recibe un mensaje de solicitud de ruta comprueba si tiene una ruta hacia el destino, de ser así, envía un mensaje de Respuesta de Ruta (RREP) al iniciador; de lo contrario añade su dirección en el mensaje y lo reenvía de forma *broadcast*.

El mensaje de respuesta de ruta se transmite de forma *unicast*, siguiendo la ruta indicada en la cabecera del paquete hasta llegar al origen. Cuando el iniciador recibe un mensaje RREP, almacena la ruta para incluirla en la cabecera de cada paquete que envíe. Así, todos los nodos que reciben la información conocen su próximo salto.

Mantenimiento de Ruta: los nodos realizan este proceso en caso de que algún enlace se pierda. Cuando un nodo recibe un mensaje de Error de Ruta (RERR) comprueba si tiene alguna ruta que contenga el salto que se ha perdido o si es el destino de ese mensaje, si no lo es, reenvía el mensaje de error. Cuando el mensaje de error llega al origen, se eliminan todos los enlaces invalidados y empieza un proceso de salvamento del mensaje, para buscar otras rutas para transmitir la información que no se ha podido enviar. Para los dos protocolos, los procesos descritos tienen implicaciones en el desempeño de la comunicación de datos en una red VANET.

III. PARÁMETROS DE DESEMPEÑO

Uno de los mayores desafíos en el despliegue de redes vehiculares es contar con protocolos de enrutamiento capaces de encontrar rutas estables, para suplir los requerimientos de calidad de servicio relacionados con confiabilidad, baja latencia, throughput, entrega exitosa de paquetes, entre otros.

Los parámetros que deben considerarse para evaluar el desempeño de una red VANET están relacionados con el tipo de mensaje que se está transmitiendo y su prioridad. Por ejemplo, en aplicaciones de gestión y entretenimiento la latencia debe ser menor a 500 ms y en las de seguridad inferior a 100 ms [5], [20]. Los parámetros de desempeño identificados están agrupados en Enrutamiento y Red.

Asociados al Enrutamiento

- Longitud de Ruta: está definida por el número de saltos o nodos a través de los

cuales el origen puede alcanzar el destino. Este parámetro se relaciona con el retardo extremo a extremo que experimentan los paquetes enviados.

- Densidad de Nodos: se refiere al número total de nodos que hacen parte de la red. Este parámetro se relaciona con la conectividad de la red, la estabilidad y el tiempo de vida de los enlaces. Influye sobre la latencia y la pérdida de paquetes.
- Tiempo de establecimiento de la conexión: tiempo que se tarda en descubrir y establecer una conexión hacia el destino. Este parámetro se ve afectado por la longitud de la ruta y la densidad de nodos, y está relacionado con la latencia inicial introducida por el protocolo de enrutamiento.
- *Overhead* de Enrutamiento: número total de paquetes de control requeridos por el protocolo de enrutamiento para descubrir, establecer y mantener sus rutas. Este parámetro influye sobre la convergencia de la red y el throughput.
- Estabilidad: se encuentra definida por la probabilidad de que un enlace persista por un cierto período de tiempo. La estabilidad del enlace entre dos nodos, depende principalmente de la distancia entre ellos. Este parámetro influye sobre la latencia y la pérdida de paquetes en la red.

Asociados a la Red

- Latencia: es la sumatoria de todos los retardos temporales presentes dentro de la red.
- Paquetes perdidos: es la cantidad de paquetes que se pierden durante la comunicación. Es una variable crítica para todas las aplicaciones; un valor alto de este parámetro indica una degradación en la calidad de la comunicación, obligando en algunos casos a realizar retransmisiones, aumentando la latencia en recepción y reduciendo el ancho de banda disponible.
- *Throughput*: es la cantidad efectiva de datos transmitidos en una comunicación.

Los parámetros descritos pueden afectar el desempeño de la comunicación de datos en una VANET. Por lo tanto, es importante cuantificar su efecto y analizarlos durante la evaluación del funcionamiento de la red.

IV. METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN

El primer paso para el desarrollo de las simulaciones, fue la selección de la herramienta, la cual debía soportar: el estándar IEEE 802.11p, protocolos de enrutamiento para redes vehiculares, velocidad variable para los nodos, facilidad para incorporar áreas de trabajo reales (vías y calles), entre otros. Se eligió la herramienta de simulación EstiNet 8.1, ya que es un simulador de tráfico y de red que ofrece un máximo soporte para VANET, adicionalmente, cuenta con una interfaz gráfica de usuario que permite desplegar y configurar los escenarios de simulación.

La metodología de simulación adoptada para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, se basa en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y consta de:

A. Definición de Escenarios y Casos de Simulación: Los escenarios definidos toman como variable principal la densidad de nodos en la red. En los respectivos casos de simulación se varían la distancia y velocidad de los vehículos. La TABLA I, describe los escenarios y casos planteados.

TABLA I.
ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Red VANET con 25 vehículos	Red VANET con 50 vehículos	Red VANET con 75 vehículos
Casos de Simulación		
Caso 1		Caso 2
Se establece la comunicación entre dos nodos cercanos		Se establece la comunicación entre dos nodos lejanos
Sub Casos de Simulación		
Sub-Caso a		Sub-Caso b
Velocidad máxima de 17 m/s		Velocidad máxima de 8.5 m/s

B. Definición de las Características de los Escenarios de Simulación: El área de estudio elegida para desplegar los escenarios de simulación, corresponde a un sector de la ciudad de Popayán. En este sector se tiene una gran movilidad que se ve afectada por las condiciones del entorno, determinadas principalmente por la densidad vehicular de la zona y los semáforos ubicados en tres intersecciones de la zona. El área de simulación descrita anteriormente se adecuó al simulador EstiNet 8.1. La Fig. 1. ilustra el área de simulación adaptada para realizar las simulaciones en EstiNet.

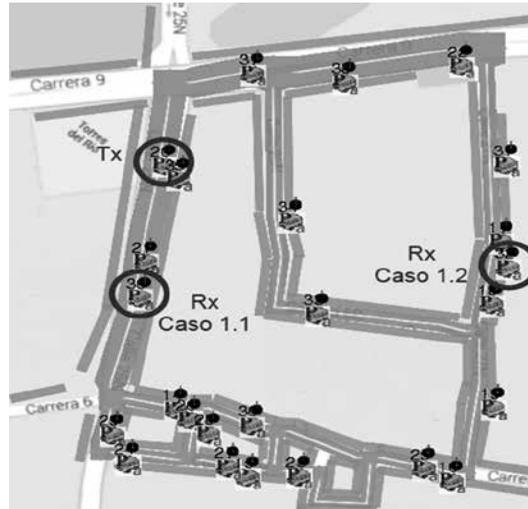


Fig. 1. Área de simulación adaptada para EstiNet

En cada escenario se implementa un dominio Ad hoc, con comunicación V2V establecida en la banda de 5.89 GHz, cuya capacidad es de 6 Mbps y utiliza el protocolo WSMP como protocolo de transporte, según se especifica en el estándar IEEE 802.11p **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** La velocidad máxima que pueden alcanzar los vehículos será de 17 m/s y 8.5 m/s, ya que son las velocidades máxima y mínima promedio en la ciudad de Popayán **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Los principales parámetros de los escenarios de simulación se presentan en la TABLA II.

TABLA II.
PARÁMETROS DE LOS ESCENARIOS

Parámetros de los Escenarios	
Densidad de Nodos	25, 50 y 75 vehículos
Velocidades Máximas	8.5 m/s y 17 m/s
Dominio	Ad Hoc, Comunicación V2V
Tasa de Transmisión de Datos	6 Mbps
Protocolo de Transporte	WSMP
Estándar	802.11p
Tipo de Datos	UDP
Tasa de Datos Constante	4 Mbps
Tamaño de paquete	1200 bytes
Banda de Frecuencia	5.89 GHz
Canal de Operación	172
Potencia de Transmisión	28.80814 dBm
Sensitividad de los Receptores	-82 dBm
Modelo de Movilidad	Random Waypoint
Modelo de Propagación	Espacio Libre
Atenuación	Árboles 5 dB Edificios 12 dB

B. Ejecución de las simulaciones: El tiempo de simulación establecido es de 240 segundos, durante el cual los nodos circulan por el área seleccionada, transmitiendo información de tipo unicast, que corresponde a una fuente de tráfico UDP con Tasa de Bit Constante (CBR, *Constant Bit Rate*) de 4 Mbps (416 paquetes/s). Al desplegarse la misma topología y al utilizarse la misma configuración de entorno, los resultados arrojados por EstiNet son determinísticos, por lo tanto se realizó una única simulación para cada caso planteado.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La simulación y el análisis de resultados se hizo tomando como referencia los nodos transmisor (Nodo 20) y receptor (Nodos 36 y 32 para los casos 1.1 y 1.2, respectivamente), sin considerarse el efecto global sobre la red, debido a que los valores totales podrían generar una percepción errónea sobre el comportamiento real de la comunicación.

A. Escenario de Simulación No .1

Pérdida de Paquetes: el análisis de paquetes perdidos se hizo con base en la ecuación (1). La Fig. 2. ilustra el porcentaje de paquetes perdidos en todos los casos del escenario 1.

$$\text{Porcentaje de Paquetes Perdidos} = \frac{\text{Paquetes}_{Tx} - \text{Paquetes}_{Rx}}{\text{Paquetes}_{Tx}} \times 100 \quad (1)$$

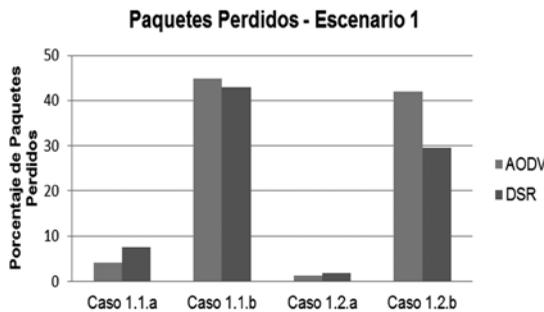


Fig. 2. Porcentaje de Paquetes Perdidos en el Escenario 1.

En la figura anterior, se observa que en los casos 1.1 b y 1.2 b, se presentó una mayor cantidad de paquetes perdidos debido a la baja densidad de vehículos, la poca velocidad con que se desplazan y a la presencia de semáforos en la vía, que pueden ocasionar inestabilidad en los enlaces.

Throughput Promedio: para observar el comportamiento de éste parámetro en los diferentes

casos de simulación, se calculó el *throughput* promedio en el nodo destino. En la figura 3 se presenta el *throughput* promedio registrado en todos los casos definidos para el escenario 1.

De la Fig. 3, se concluye que el valor más bajo de *throughput* se registró en el caso 1.1 b, debido a que la inestabilidad de ruta establecida ocasionó rupturas en los enlaces, por lo tanto se requirió una mayor cantidad de mensajes de control para restablecer las conexiones, incrementándose el *overhead* de enrutamiento.

Latencia: para analizar este parámetro, se calculó el retardo promedio experimentado por los paquetes de datos durante el tiempo de simulación. En la Fig. 4. se registra la latencia promedio de todos los casos definidos para el escenario 1.

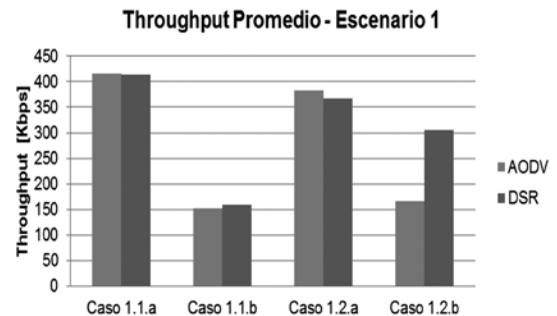


Fig. 3. *Throughput* Promedio en el Escenario 1.

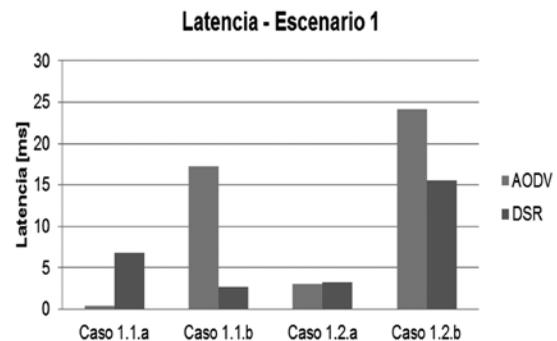


Fig. 4. Latencia Promedio para el Escenario 1.

Se observa que la mayor latencia se presenta en los casos 1.1 b y 1.2 b donde se implementa el protocolo de enrutamiento AODV, ya que ante la ocurrencia de una falla, los paquetes de datos se almacenan durante el proceso de reparación local, para después ser reenviados hacia el destino correspondiente. Además, la longitud de la ruta entre nodos lejanos es mayor, por lo que se incrementa el retardo extremo a extremo experimentado por los paquetes.

B. Escenario de Simulación No. 2

Pérdida de Paquetes: en la Fig. 5. se registra el porcentaje de paquetes perdidos durante la comunicación, para los protocolos AODV y DSR. Se observa que la mayor cantidad de paquetes perdidos se presenta en la comunicación entre nodos lejanos, debido a la longitud e inestabilidad de la ruta entre transmisor y receptor, pues al contar con varios saltos, la información puede perderse ante la ocurrencia de alguna desconexión o en algún nodo intermedio; siendo el protocolo AODV el que tiene más pérdidas presente, ya que estableció rutas de mayor longitud.

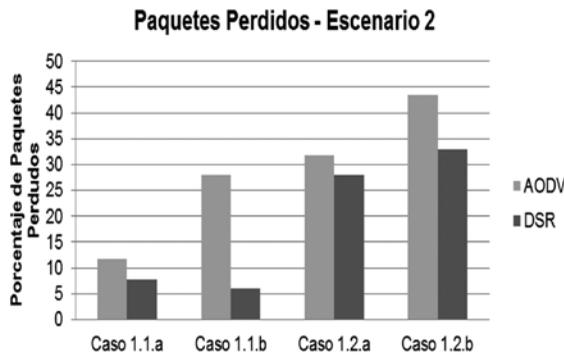


Fig. 5. Porcentaje de Paquetes Perdidos en el Escenario 2.

Throughput Promedio: En la Fig. 6 se presentan los diferentes valores de throughput promedio registrados en el nodo destino durante la simulación. Se observa que al implementar el protocolo de enrutamiento DSR en el escenario 2, se logra un valor de throughput promedio mayor que al utilizar el protocolo AODV. El menor valor de throughput se consigue al comunicar dos nodos lejanos moviéndose a baja velocidad, ya que las rutas tienen una mayor longitud y pueden presentarse rupturas en los enlaces, generando una gran cantidad de overhead de enrutamiento.

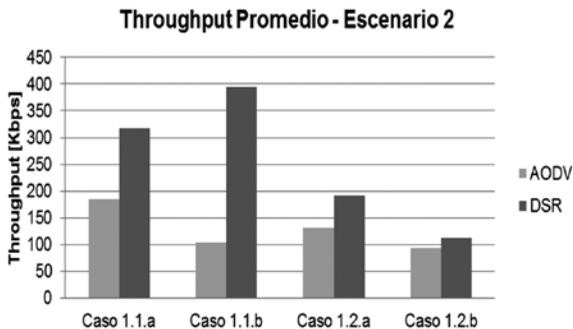


Fig. 6. Throughput Promedio en el Escenario 2.

Latencia: En la Fig. 7 se presenta el retardo promedio registrado en todos los casos pertenecientes al escenario 2.

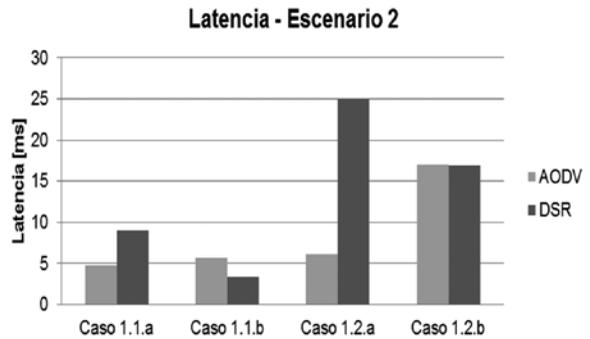


Fig. 7. Latencia Promedio para el Escenario 2.

Se observa que el mayor retardo promedio se presenta en el caso 1.2, debido a que las rutas establecidas contienen varios nodos intermedios, por lo que tienden a ser inestables, ocasionando pérdidas de información y retransmisiones que incrementan el tiempo requerido por los paquetes para alcanzar el destino.

C. Escenario de Simulación No.3

Pérdida de Paquetes: en la Fig. 8 se presenta un registro del porcentaje de paquetes perdidos durante la comunicación para el escenario 3. Se concluye que para una red VANET de alta densidad vehicular, el mayor porcentaje de paquetes perdidos se tiene al implementar el protocolo de enrutamiento DSR, especialmente en la comunicación entre nodos lejanos, ya que al incrementar la cantidad de vehículos, aumenta el número de saltos intermedios en la ruta, donde puede perderse la información antes de alcanzar el destino.

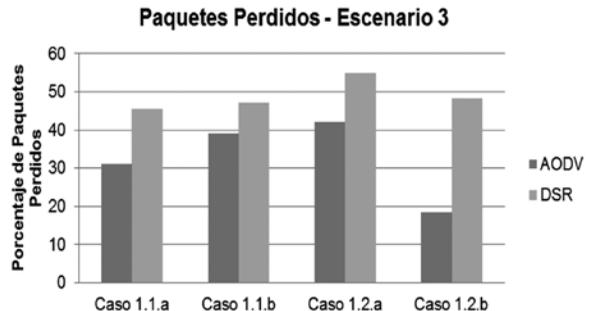


Figura 8. Porcentaje de Paquetes Perdidos en el Escenario 3.

Throughput Promedio: En la Fig. 9 se presenta el throughput promedio registrado para cada caso del escenario 3.

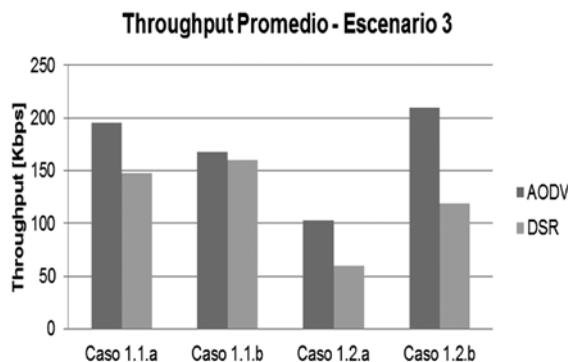


Fig. 9. *Throughput* Promedio en el Escenario 3.

Se observa que el protocolo DSR presenta un menor valor de *throughput* en todos los casos de este escenario, registrándose sus cotas mínimas cuando la comunicación se establece entre dos nodos lejanos, ya que al incrementarse la densidad vehicular, crecen las cabeceras de los paquetes y se requiere mayor cantidad de retransmisiones, introduciendo un gran *overhead* de enrutamiento, por lo tanto el *throughput* se reduce.

Latencia: En la Fig. 10 se presenta un histograma para el retardo promedio registrado en el escenario de simulación 3. Se observa que los mayores retardos experimentados en el escenario 3, corresponden a la comunicación establecida entre nodos lejanos, donde se implementó el protocolo de enrutamiento DSR, debido a que los caminos descubiertos contienen más saltos intermedios que AODV; además cada vez que ocurre una desconexión y el origen debe encontrar una nueva ruta, busca primero en su memoria caché, con el riesgo de enviar los paquetes a través de un camino obsoleto, donde se generen nuevas pérdidas y se deba realizar un nuevo descubrimiento de ruta, incrementando el tiempo requerido para enviar los datos hacia el destino.

Del análisis general de resultados, se destaca que el enrutamiento impacta el desempeño de una comunicación de datos en aspectos como *Latencia*, *Throughput* y *Pérdida de paquetes*, en este caso, este impacto se evidencia de forma más negativa al usar el protocolo DSR.

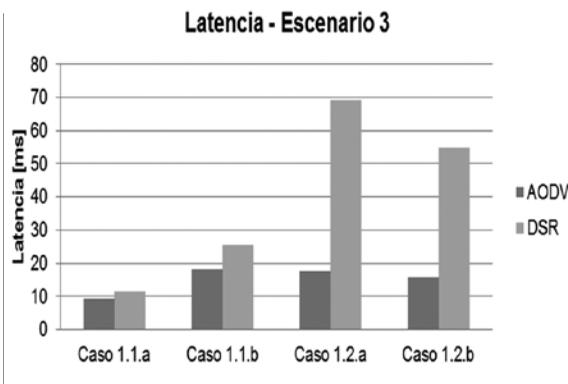


Fig. 10. *Latencia* Promedio para el Escenario 3.

VI. CONCLUSIONES

En redes VANET con baja densidad vehicular, el protocolo de enrutamiento DSR impacta en menor grado el desempeño de la comunicación de datos establecida; en tanto en una red VANET con mayor densidad de nodos, el protocolo AODV presentó los mejores resultados.

El incremento en el número de nodos influye directamente en el aumento del porcentaje de paquetes perdidos y en la disminución del *throughput*, ya que la longitud de la ruta tiende a aumentar y con ello los enlaces se vuelven más inestables, ocasionando mayores desconexiones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa EstiNet Technologies, especialmente al señor Jackie Chang, quien autorizó las licencias de EstiNet 8.1 para el desarrollo de este trabajo, y al señor Tail Wu, quien generosamente brindó el soporte técnico necesario para llevar a cabo el desarrollo de las simulaciones.

REFERENCIAS

- [1] H. Wu, "Analysis and Design of Vehicular Networks," Tesis de PhD. en Ciencias de la Computación, Instituto de Tecnología de Georgia, USA, Diciembre 2005.
- [2] A. Hassan, "VANET Simulation," Tesis de MsC. en Ingeniería Eléctrica, Escuela de Ciencias de Información, Computación e Ingeniería Eléctrica, Universidad de Halmstad, Halmstad: Suecia, 2009.
- [3] Sharef, B. T., Alsaqour, R. A., Ismail, M. "Vehicular communication ad hoc routing protocols: A survey," Journal of Network and Computer Applications, 40, 363-396. 2014

Bernsen, J., & Manivannan, D.; "Unicast routing protocols for vehicular ad hoc networks: A critical comparison and classification," *Pervasive and Mobile Computing*, 5, 1-18. 2009.

[4] Bijan, P.; Ibrahim, Md.; et al. "VANET Routing Protocols: Pros and Cons," *International Journal of Computer Applications*, vol.20, no.3, April 2011.

[5] Rawashdeh, Z. Y., & Mahmud, S. M. "Communications in Vehicular Networks", *Mobile Ad-Hoc Networks: Applications*, Cap 2, pp 20-40, ISBN: 978-953-307-416-0, InTech (2011).

[6] Altayeb, M.; Mahgoub, I.; "A Survey of Vehicular Ad hoc Networks Routing Protocols," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 3, pp. 829-846, 2013.

[7] Rani, P.; Sharma, N.; et al. "Performance Comparison of VANET Routing Protocols," 2011 7th International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), pp.6-10, 23-25 Sept. 2011.

[8] Brahmi N.; Boussejra M.; et al. "Routing in Vehicular Ad Hoc Networks: Towards Road-Connectivity Based Routing," *Mobile Ad-Hoc Networks: Applications*, January 2011.

[9] Nagaraj, U.; Kharat, M. U.; et al. "Study of Various Routing Protocols in VANET," *International Journal on Computer Science and Technology*, vol.2, 2011.

[10] Perkins, C., Belding-Royer, E., & Das, S. "RFC 3561 Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV) routing," *Internet Engineering Task Force (IETF) 2003*.

[11] Vijayalaskhmi, M.; Avinash, P.; Linganagouda K.; "QoS Parameter Analysis on AODV and DSDV Protocols in a wireless Network," *International Journal of Communication Network & Security* 1.1, 2011.

[12] Abedi, O.; Fathy, M.; et al. "Enhancing AODV routing protocol using mobility parameters in VANET," *International Conference on Computer Systems and Applications*, 2008. AICCSA 2008. IEEE/ACS, pp.229, 235, March 31 - April 4 2008.

[13] Sharma, N.; Thakur J., "Performance analysis of AODV & GPSR routing protocol in VANET," *International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSSET)*, vol. 4 No. 02, Feb 2013.

[14] Dalal, K.; Chaudhary, P.; et al. "Performance Evaluation of AODV and ADV Protocols in VANET Scenarios," *International Journal of Computer Technology and Applications*, vol.3, pp. 50-55, January-February 2012.

[15] Nagaraju, A.; Krishna, C.R., "Performance Evaluation of ADV with AODV for Mobile Ad-hoc Networks," *First International Conference on Networks and Communications*, 2009. NETCOM '09. pp.376,380, 27-29 Dec. 2009.

[16] Batiste Troyano, A.; "Protocolos de encaminamiento en redes inalámbricas mesh: un estudio teórico y experimental," *Tesis de Maestría*, Universidad Abierta de Cataluña, junio 2011.

[17] Ortuño, M., A.; "Encaminamiento en redes Ad-Hoc," *Septiembre de 2010*.

[18] Raju, C. S.; Sailaja, M.; Balaswamy, C.; "Adaptability of MANET Routing Protocols for VANETS," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 2, 2013.

[19] Johnson, D., "RFC 4728 The Dynamic Source Routing Protocol (DSR)," *Internet Engineering Task Force (IETF) 2007*.

[20] Kamini, K.; Kumar, R.; "VANET Parameters and Applications: A Review," *Global Journal of Computer Science and Technology*, vol.10, pp 72-77, Sept. 2010.

BIOGRAFÍA



Danny J. Guevara Hidalgo Recibió el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, 2014. Miembro del Grupo de Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT) de la Universidad del Cauca. Actualmente se encuentra adelantando estudios de Inglés en Australia. Sus áreas de interés incluyen, protocolos de enrutamiento y Redes Vehiculares.



Isabel Cristina Chávez. Recibió el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, 2014. Miembro del Grupo de Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT) de la Universidad del Cauca. Actualmente se desempeña como Coordinadora de Proyectos en Nokia Networks. Sus áreas de interés son: protocolos de enrutamiento, Redes Vehiculares y desarrollo de proyectos de ingeniería.



Oscar Calderón Cortés. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones y Especialista en Redes y Servicios Telemáticos de la Universidad del Cauca, 1996 y 1999 respectivamente. Obtuvo el Diploma de Estudios Avanzados – DEA, de la Universidad Politécnica de Cataluña, España en 2004. Miembro activo del Grupo de Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT). Actualmente se desempeña como Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca. Sus áreas de interés incluyen la Calidad de Servicio en Internet, Redes Vehiculares y Redes Móviles.