

Modelos de comportamiento de las redes vehiculares en sus escenarios más representativos, utilizando simulación en la herramienta NCTUns

Behavioral models for typical scenarios in vehicular networks: simulation in NCTUns.

Álvaro Pachón (D.E.A.)

Departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones, Universidad Icesi
alvaro@icesi.edu.co

Carlos Felipe Nieto (MSc) Comcel S.A.
cnieto@comcel.com.co

María Lucía Velasco (MSc) Comcel S.A.
mariave@comcel.com.co

Fecha de recepción: 18-01-2010

Fecha de selección: 30-03-2010

Fecha de aceptación: 15-03-2010

ABSTRACT

Vehicular networks allow drivers and passengers in moving vehicles to communicate from vehicle to vehicle, or from vehicle to a existing infrastructure, without the need for additional hardware. The main goals for these networks are to improve road safety and transportation efficiency. This article briefly describes the state-of-the-art and new achievements in the vehicular network field, and shows the analysis of the behavior of such networks through the use of simulation models deployed in the NCTUns simulation tool, considering the layout of typical cities in Colombia.

KEY WORDS

VANETs, Ad hoc Networks, IEEE 802.11p, IEEE 802.11b, TCP, UDP, Throughput, Packet loss.

RESUMEN

Las redes vehiculares se constituyen en un tipo de redes que permiten establecer comunicación entre conductores y pasajeros de vehículo a vehículo o entre vehículo e infraestructura, sin tener que implementar estructura adicional. Los principales objetivos de este tipo de redes son mejorar la seguridad en las vías y la eficiencia en el transporte al generar mayor comodidad para los usuarios. En este artículo se realiza una breve

descripción del estado de arte de este tipo de redes y los avances alcanzados. Al mismo tiempo, se hace un análisis de su funcionamiento a través de modelos diseñados y simulados en la herramienta NCTUns que consideran la disposición y trazado en ciudades típicas de Colombia.

PALABRAS CLAVE

Redes vehiculares, Redes ad hoc, IEEE 802.11p, IEEE 802.11b, TCP, UDP, desempeño, Pérdida de paquetes.

Clasificación Colciencias: Tipo 1

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las comunicaciones acerca la visión de la computación, precipita la investigación y el desarrollo de servicios para mejorar la comodidad de los usuarios a través de mayores facilidades y opciones. Las redes vehiculares son un ejemplo de estas investigaciones en donde se pretende aumentar la seguridad de los conductores y los peatones y, al mismo tiempo, brindar nuevos servicios.

Hasta el momento, la arquitectura más comúnmente usada en las redes inalámbricas considera la utilización de estaciones base a las que se conectan los usuarios móviles. Estas estaciones realizan un control sobre todos los clientes que están bajo su cobertura. Con este método, los usuarios pueden desplazarse sin perder su conectividad mediante el paso de una estación a otra (handover). Como consecuencia, surge un nuevo esquema de comunicaciones: las redes vehiculares, que como su nombre lo indica, son redes en donde los nodos son vehículos que se encuentran en movimiento y en donde se deben superar muchos obstáculos por la misma razón de su movilidad y características.

Las redes vehiculares pueden tener dos tipos de implementación: la primera, a través de la utilización de las comunicaciones ad hoc puras, y la otra, a través de la utilización de una infraestructura para permitir las comunicaciones. Este tipo de redes plantean nuevos y exigentes retos, principalmente en el caso de la ausencia de infraestructura, la velocidad y las condiciones topográficas en donde se movilizan los nodos.

Adicional a lo anterior, los protocolos de enrutamiento convencionales no pueden ser aplicados a este tipo de redes de la misma manera como en las redes convencionales, ya que no están preparados para adaptarse a las condiciones variables que se pueden presentar en el medio en que se desempeñan las redes vehiculares. Por otro lado, surgen consideraciones de seguridad y de calidad de servicio que deben adaptarse a las condiciones de este tipo de redes.

De esta forma, en este artículo se presentan las principales consideraciones en cuanto a estado del arte en el tema de las redes vehiculares, y se muestran los resultados obtenidos de un proceso de simulación de cuatro escenarios representativos de este tipo de redes en donde se analiza el comportamiento de las redes en cuanto al throughput, pérdida de paquetes y colisiones con tráfico TCP y UDP.

II. REDES VEHICULARES Y SU ESTADO DEL ARTE

Las redes vehiculares o también denominadas VANET's (Vehicular Area NETWORKS) permiten comunicaciones entre conductores y pasajeros sin tener que implementar infraestructura adicional. Esta característica las hace particularmente atractivas porque permite la disminución de los trámites de licencias y del impacto ambiental como la contaminación visual. Los objetivos principales e iniciales de una red vehicular son mejorar las condiciones de seguridad en carretera y la eficiencia en el transporte diario. Con estos objetivos se espera de igual manera que disminuyan el número de accidentes y la gestión

vehicular.¹ Como consecuencia de lo expuesto anteriormente, se han implementado proyectos financiados por los gobiernos para impulsar el desarrollo de este nuevo tipo de redes. Entre los ejemplos más notables vale la pena mencionar: Car Consortium (C2C),² Cooperative Vehicle infrastructure System (CVIS),² CarTalk2000,³ entre otros.

A. Concepto de Redes Vehiculares – VANETs

Una VANET o Vehicular Ad Hoc Network, como su propio nombre lo indica, es una red ad hoc en la cual sus nodos son vehículos (automóviles, camiones, buses, etc.) los cuales constituyen una red en pleno movimiento. Los nodos se mueven en forma arbitraria y pueden comunicarse entre ellos (vehículo-vehículo), o pueden tener comunicación con algún tipo de infraestructura. De acuerdo con lo anterior, las redes vehiculares tienen las siguientes características.¹

- **Autonomía:** cada terminal es un nodo autónomo con capacidad para procesar y enrutar la información proveniente de otros nodos de la misma red.
- **Control distribuido de red:** el control se hace en cada nodo ya que no se tiene infraestructura que lo realice.
- **Enrutamiento:** es necesario que cada nodo por separado, y todos en conjunto, provean un mecanismo dinámico de enrutamiento. Los protocolos clásicos de enrutamiento no son aplicables a este tipo de redes ya que no están preparados para las variaciones de topología que presentan las

VANET. Actualmente, se están desarrollando algoritmos de enrutamiento para enfrentar este problema.

- **Topología de red variable:** en las redes vehiculares los nodos o vehículos se pueden mover de forma arbitraria, aunque a veces sigan algunos patrones de movilidad. Debido a esto, las redes se pueden subdividir y por consiguiente, pueden experimentar la pérdida de paquetes. Para esto se deben desarrollar mecanismos que detecten estas circunstancias y que minimicen de esta forma sus efectos.

B. Aplicaciones de las Redes Vehiculares

Las aplicaciones de las redes vehiculares pueden ir desde un simple intercambio de datos hasta la integración de infraestructura con alta complejidad. El marco general de las aplicaciones se tiene dentro de los siguientes ítemes:¹

Diseminar mensajes de alerta para aquellos vehículos que puedan encontrarse con accidentes o situaciones peligrosas.

Obtener información útil para los conductores, como por ejemplo: restaurantes, hoteles, estaciones de servicio, etc.

Entretenimiento, como internet, descargas multimedia o chat entre vehículos.

C. Estándares de las Redes Vehiculares

El estándar en el cual se basa un gran número de redes inalámbricas es el estándar IEEE 802.11. Las redes

vehiculares también se constituyen como redes inalámbricas, razón por la cual se rigen por este estándar.

El estándar IEEE 802.11 está constituido por un grupo de estándares los cuales se han establecido para mejorar los inconvenientes surgidos con nuevos desarrollos y aplicaciones. Uno de estos nuevos estándares es el IEEE 802.11p, utilizado específicamente para las redes vehiculares debido a sus particulares características de operación. Otro estándar que está siendo utilizado para el estudio de las redes vehiculares es el IEEE 802.11b aunque no fue creado especialmente para este tipo de redes. A continuación se mencionarán los aspectos más importantes de estos estándares.

IEEE 802.11p: El grupo de investigación de IEEE diseñó un nuevo estándar para VANET denominado WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments), el cual es referenciado también como IEEE 802.11p. WAVE es una evolución de estándar IEEE 802.11a con modificaciones a nivel físico y MAC para mejorar su comportamiento en el entorno vehicular. Sus características más importantes son: la utilización del esquema de modulación OFDM que alcanza distancias hasta de un kilómetro y soporta velocidades de los nodos relativamente altas (200 kmph). La frecuencia de operación es 5.9 Ghz, tiene definidos seis canales de servicio (SCH) y un canal de control (CCH).⁴

IEEE 802.11b: Este estándar no surge específicamente para estandarización de las redes vehiculares, pero es utilizado para realizar su investigación. Algunas de sus características son: protocolo de nivel de enlace, utiliza CSMA/CA como mecanismo

de acceso al medio, modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) y funciona en la banda de 2.4 Ghz.⁵

III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Las redes vehiculares constituyen actualmente un campo de investigación abierto, en donde todos los resultados experimentales y teóricos influyen en el desarrollo, implementación, divulgación y posterior comercialización de esta nueva tecnología.

Utilizando los conceptos de las redes vehiculares anteriormente expuestos se propuso un proyecto de investigación en el cual se reconociesen las particulares características del entorno colombiano. Se plantea la necesidad del inicio del estudio acerca de la aplicabilidad de este tipo de redes debido al alto número de accidentes automovilísticos, congestión vial y la situación de inseguridad que se presenta en muchas de las vías del país. Para este estudio se seleccionaron algunos escenarios urbanos representativos, en donde se pretende verificar el comportamiento de las redes vehiculares en un entorno de características colombianas mediante transmisión de información. Para la definición del ambiente de simulación, se seleccionó la herramienta NCTUns debido a que contiene un módulo que permite desarrollar ambientes con redes vehiculares. Según lo anteriormente mencionado, se realiza el diseño del tamaño de la cuadrícula de simulación o malla vial teniendo en cuenta la simetría de la mayoría de los entornos urbanos de las diferentes ciudades del país y también las normas nacionales que regulan las dimensiones de las vías. Sobre la malla se despliegan los vehículos que participan en la simula-

ción de acuerdo con las características promedio de densidad dentro de un entorno urbano.

De la misma manera, y según los parámetros de configuración de la herramienta, se crean tres diferentes perfiles de vehículos correspondientes con: vehículos particulares con velocidad de 80 kmph, buses urbanos con velocidad de 60 kmph y camiones con una velocidad de 32 kmph. La distribución de estos perfiles en el escenario de simulación es la siguiente: el 51% son vehículos particulares, 27% son buses y 21% son camiones. Los vehículos están equipados con antenas omnidireccionales para realizar la transmisión y recepción de la información ubicadas a una altura promedio de 1.5 metros.

A. Definición de los escenarios de simulación

Para identificar los diferentes escenarios de simulación, se consideran los estándares que actualmente se aplican a la investigación de las redes vehiculares y los diversos servicios que se pueden prestar a través de estas redes. La conectividad se puede realizar de dos maneras: comunicación Vehículo- Vehículo (V2V) y Vehículo – Infraestructura (V2I) de lo cual resulta el planteamiento de cuatro escenarios de simulación. En cada uno de los escenarios se procede a evaluar el comportamiento de conexiones TCP y UDP, que son los protocolos de comunicación más utilizados por los servicios reales. Este comportamiento se evalúa a través de métricas como el desempeño (throughput), la pérdida de paquetes (drop) y las colisiones. Los vehículos que circulan por los bloques en este ambiente urbano lo hacen de forma dinámica según un modelo de

movilidad y de tráfico vehicular propio de la herramienta NCTUns.

Dentro del ambiente urbano se plantean los siguientes escenarios de simulación:

A. *Escenario 1: Comunicación ad hoc pura entre vehículos utilizando el estándar IEEE 802.11p.*

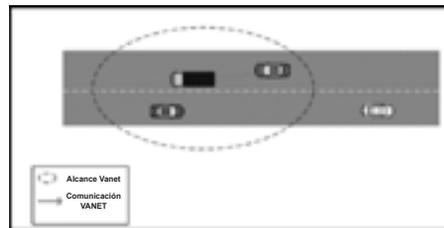


Figura 1. Representación del escenario 1

Este escenario describe la comunicación ad hoc entre vehículos con el estándar IEEE 802.11p. En él se pueden verificar las condiciones de transmisión de datos y la capacidad para los servicios que utilicen los protocolos TCP y UDP con las especificaciones de este estándar. La comunicación entre nodos se cumple punto a punto, sin tener protocolo de enrutamiento, por lo tanto no hay utilización de nodos intermedios para el enrutamiento de paquetes.

B. *Escenario 2: Comunicación ad hoc pura entre vehículos utilizando estándar IEEE 802.11b con protocolo de enrutamiento AODV.*

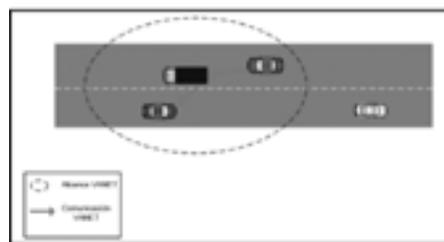


Figura 2. Representación del escenario 2

Este escenario describe la comunicación ad hoc entre vehículos con el estándar IEEE 802.11b. A diferencia del escenario anterior se puede configurar un protocolo de enrutamiento. En este caso se configuró el protocolo AODV (Ad hoc On Demand Distance Vector) debido a que es un protocolo ampliamente utilizado en redes ad hoc y se constituye, por lo tanto en un caso representativo. Se puede entonces verificar la incidencia que tiene la configuración de un protocolo de enrutamiento dentro de las métricas y el desempeño de la red. También se verifican las condiciones de transmisión de datos para los servicios que utilicen los protocolos TCP y UDP.

C. Escenario 3: Comunicación entre vehículos e infraestructura utilizando el estándar IEEE 802.11p

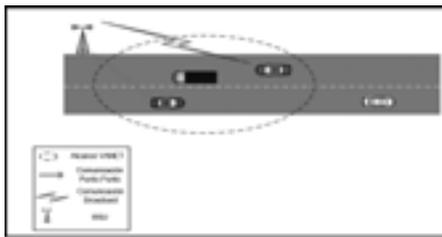


Figura 3. Representación del escenario 3.

En este caso, se utiliza el estándar IEEE 802.11p y los elementos definidos en él son: la OBU (On Board Unit) y la RSU (Road-Side Unit). Este escenario permite evaluar el comportamiento de la comunicación entre vehículos y entre vehículo e infraestructura. En este escenario tampoco hace presencia un protocolo de enrutamiento. Por consiguiente, la transferencia de información se hace punto a punto.

D. Escenario 4: Comunicación entre vehículo e infraestructura utilizando el estándar IEEE 802.11b (Punto de acceso – Vehículo)

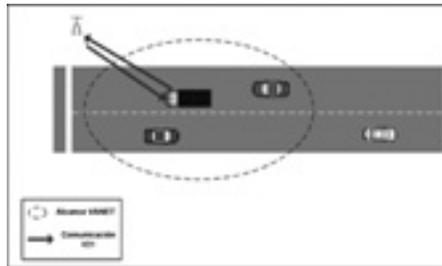


Figura 4. Representación del escenario 4.

En este caso se verifica el comportamiento y el desempeño de la transmisión y la recepción de paquetes de datos entre vehículos e infraestructura bajo el estándar IEEE 802.11b. La infraestructura está compuesta por puntos de acceso ubicados estáticamente en diferentes partes de la vía y reciben paquetes desde un equipo (host) externo.

IV RESULTADOS OBTENIDOS

Durante los diferentes periodos de simulación se presentan a continuación los resultados de cada escenario:

A. Resultados Escenario 1: Comunicación ad hoc pura entre vehículos utilizando el estándar IEEE 802.11p.

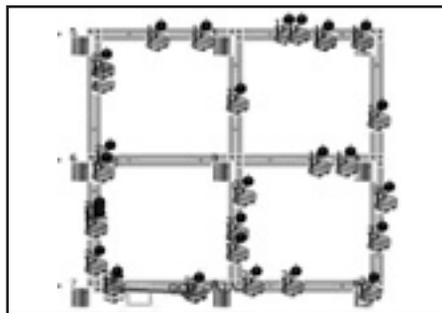


Figura 5. Representación del escenario 1 en NCTUns

En este escenario se hace una evaluación del desempeño de la red cuando se tiene una sola fuente que transmite información y también cuando se tienen múltiples fuentes. El objetivo, valorar el impacto de varias comunicaciones simultáneas.

Dentro de los resultados se observa que la distancia entre vehículos se convierte en factor importante para el desempeño de la red, siendo notablemente mejor cuando los vehículos, transmisor y receptor, se encuentran próximos uno del otro (distancias menores a 200 m). En lo anterior influye el modelo de desvanecimiento y de propagación configurados (modelo de Rayleigh, modelo Two-Ray Ground), ya que tienen en cuenta las señales reflejadas que se van incrementando a medida que aumenta la distancia entre los nodos transmisor y receptor. La transferencia de información en este escenario es punto a punto, por lo que la pérdida de paquetes es muy baja o nula. Adicional a lo anterior, el nodo no tiene que estar enviando información para actualización de las tablas de enrutamiento debido a que no hay un protocolo configurado, lo que minimiza las pérdidas de la información y las colisiones.

Los datos más representativos se presentan en las Tablas 1 y 2.

En las tablas anteriores se observa una disminución del throughput debido a la incidencia de varias fuentes que transmiten simultáneamente, por lo cual deben compartir recursos de la red.

Otro aspecto es que las transmisiones UDP ofrecen mejores tasas de desempeño (throughput) que TCP. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que al mismo tiempo se presenta una menor fiabilidad en la comunicación puesto que UDP no garantiza la entrega de paquetes de datos. Esto se ve reflejado en un throughput mínimo de 0 KB/seg por periodos en donde no se registra transmisión de datos.

B. Resultados Escenario 2: Comunicación ad hoc entre vehículos utilizando el estándar IEEE 802.11b con protocolo de enrutamiento AODV

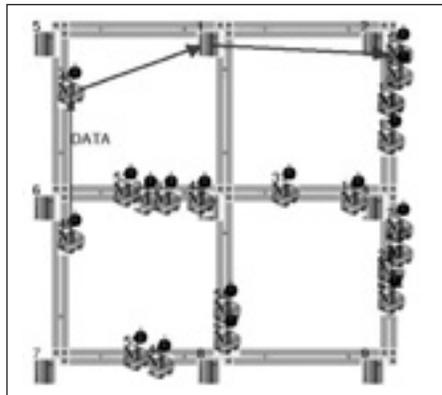


Figura 6. Representación del escenario 2 en NCTUns

Tabla 1. Resultados obtenidos con una sola fuente transmisora

Tipo de tráfico	Throughput máximo	Throughput mínimo	Throughput promedio
TCP	293.930 KB/seg	252.161 KB/seg	280.417 KB/seg
UDP	321.55 KB/seg	0 KB/seg	317.46 KB/seg

Tabla 2. Resultados obtenidos con una MÚLTIPLES fuentes transmisoras

Tipo de tráfico	Throughput máximo	Throughput mínimo	Throughput promedio
TCP	178.801 KB/seg	79.508 KB/seg	140.77 KB/seg
UDP	188.800 KB/seg	0 KB/seg	161.82 KB/seg

En las simulaciones realizadas en este escenario, se evidencia el mismo comportamiento del escenario 1, respecto del desempeño (throughput) obtenido cuando se realizan transmisiones de datos bajo TCP y UDP, siendo siempre mayor en el caso UDP.

En este escenario se puede evidenciar la influencia que tiene la configuración de un protocolo de enrutamiento a nivel de desempeño en la pérdida de paquetes y las colisiones. Dependiendo de cómo sea calculada la ruta de transmisión o la forma como se

realice la actualización de las tablas de enrutamiento para llegar a un destino, se afectan, en mayor o menor medida, las métricas mencionadas. Este hecho se puede ver reflejado en la notable disminución del desempeño en el momento en el cual el nodo actualiza las tablas de enrutamiento. Las verificaciones se realizaron con el protocolo de enrutamiento AODV (ad hoc On Demand Vector).

A continuación, en las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados más significativos de este escenario.

Tabla 3. Resultados obtenidos con transmisiones TCP

TCP		Máximo	Mínimo	Promedio
Directo	Throughput (KB/seg)	613.466	521.204	590.119
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	240	109	154.46
	Colisiones (Paq/seg)	34	6	20.86
Un Salto	Throughput (KB/seg)	239.128	88.854	185.499
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	596	402	499.81
	Colisiones (Paq/seg)	28	7	20.85
Dos saltos	Throughput (KB/seg)	211.178	74,08	175.916
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	603	497	516.70
	Colisiones (Paq/seg)	31	9	22.74

Tabla 4. Resultados obtenidos con transmisiones UDP

UDP		Máximo	Mínimo	Promedio
Directo	Throughput (KB/seg)	706.238	670.286	695.636
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	199	99	130.5
	Colisiones (Paq/seg)	40	4	21.8
Un salto	Throughput (KB/seg)	385.582	330.534	362.654
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	496	369	446
	Colisiones (Paq/seg)	26	10	19
Dos saltos	Throughput (KB/seg)	259.858	244.874	251.952
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	566	541	543.15
	Colisiones (Paq/seg)	34	11	22.5

C. Resultados Escenario 3: Comunicación entre vehículos e infraestructura utilizando el estándar IEEE 802.11p.

En este escenario tienen lugar dos tipos de simulaciones:

- Transmisión de datos en modo forward, es decir, aquel modo en el cual los nodos que forman parte de la infraestructura, en este caso las RSU, transmiten mensajes en modo forward provenientes de un host externo a los vehículos (OBUs) que se encuentren bajo su cobertura. En este caso, el desempeño (throughput) no es constante en el tiempo debido a que las transmisiones de datos son por ráfagas. La distancia máxima en este escenario de simulación a la cual el vehículo se aleja de la RSU es 400 metros, a esta distancia aún se observa un buen desempeño de la red.

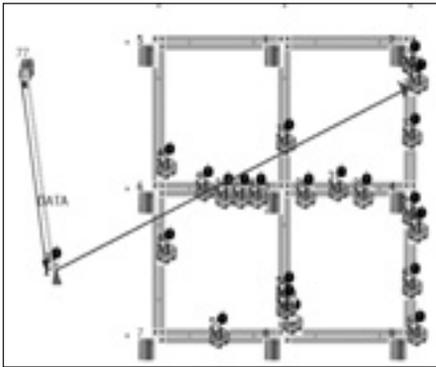


Figura 7. Transmisión modo forward

El otro tipo de transmisión de datos que se simula es cuando la RSU o infraestructura es proveedor de servicios para los vehículos u OBUs. En este caso no hay participación de un

host externo y tampoco se presentan transmisiones por ráfagas de datos. La distancia máxima a la cual se aleja el vehículo de su proveedor de servicios es 400 metros lo que no afecta significativamente el desempeño de la transmisión de datos debido a que no hay disminución considerable de los niveles de señal que percibe el vehículo.

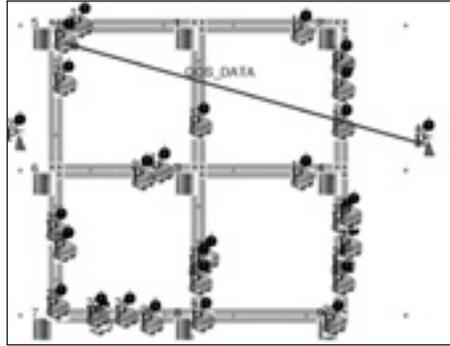


Figura 8. Transmisión de datos cuando RSU es proveedor.

Para este escenario se pueden plantear algunas aplicaciones para redes vehiculares. En el caso de la transmisión en modo forward, resulta posible transmitir información de interés general a todos los vehículos mediante mensajería broadcast. El caso de la RSU como proveedor de servicios tiene una aplicación más particular puesto que, en este caso, se transmite información a uno o varios nodos específicos. Esto es aplicable por ejemplo en casos de servicios por suscripción, en donde la información llega a un grupo predefinido de usuarios. A continuación, en las Tablas 5 y 6 se presentan los resultados más significativos de este escenario.

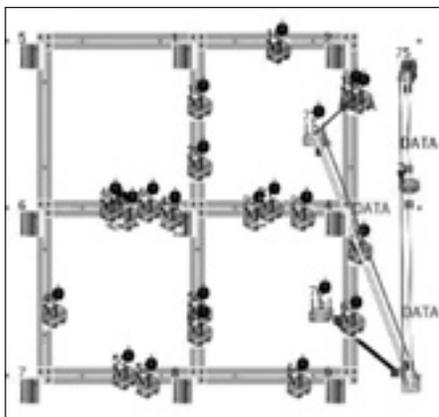
Tabla 5. Resultados obtenidos con transmisiones TCP – Escenario 3

TCP		Máximo	Mínimo	Promedio
Cerca (100m)	Throughput (KB/seg)	295.477	270.725	284.383
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	0	0	0
	Colisiones (Paq/seg)	0	0	0
Lejos (400m)	Throughput (KB/seg)	287.742	242.879	265.241
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	0	0	0
	Colisiones (Paq/seg)	0	0	0

Tabla 6. Resultados obtenidos con transmisiones UDP – Escenario 3

UDP		Máximo	Mínimo	Promedio
Cerca (100m)	Throughput (KB/seg)	317.125	302.375	311.576
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	0	0	0
	Colisiones (Paq/seg)	0	0	0
Lejos (400m)	Throughput (KB/seg)	312.7	296.475	306.045
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	0	0	0
	Colisiones (Paq/seg)	0	0	0

D. Resultados Escenario 4: Comunicación entre vehículos e infraestructura utilizando el estándar IEEE 802.11b (Punto de acceso – Vehículo)

**Figura 9.** Representación del escenario 4.

Debido a que en este escenario participan los vehículos y puntos de acceso

ubicados estáticamente en las vías, se observa una afectación negativa en las métricas debida a la distancia al punto de acceso. Este aspecto se ve reflejado especialmente en una disminución del desempeño (throughput) y en un aumento en las pérdidas de paquetes cuando el vehículo se aleja del punto de acceso y va perdiendo cobertura del mismo. Para evitar estos efectos adversos se debería considerar el radio de cobertura de cada punto de acceso para evitar que se produzca una pérdida de información como consecuencia del bajo nivel de señal en el vehículo.

De igual forma, y siendo consistente con los resultados obtenidos en los escenarios anteriores, se presenta mayor throughput en transmisiones UDP. Esto se debe a que este proto-

colo ofrece mayor velocidad aunque se puede sacrificar la fidelidad de la comunicación.

En este escenario, al igual que en el escenario 1, se debe tener en cuenta la incidencia de los modelos de desvanecimiento y de propagación ya que consideran las señales reflejadas que se incrementan a medida que aumenta la distancia entre los vehículos transmisor y receptor.

En las Tablas 7 y 8 se presentan los resultados más significativos de este escenario.

V. CONCLUSIONES

La principal conclusión es afirmar que sí es posible realizar comunicaciones entre vehículos y entre vehículos e infraestructura. De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden plantear algunas aplicaciones para las redes vehiculares como son: el correo electrónico, el chat, el envío de mensajería de alerta en modo forward

a los vehículos, el envío de mensajería específica por servicio de suscripción, acceso a internet y la transferencia de archivos.

En los resultados es notorio que el throughput se ve afectado con el protocolo de transporte que se utilice, es decir, en este caso cuando el protocolo de transporte es TCP o UDP. Cuando el protocolo de transporte es TCP los valores de throughput son menores debido a que hay garantía de control de errores y de entrega de los paquetes de datos lo cual produce una sobrecarga de información. Mientras que cuando el protocolo es UDP el throughput presenta valores más altos pero no se tiene confiabilidad en la entrega de los paquetes reflejándose en valores de 0 Mbps en varios intervalos durante la comunicación.

Otro aspecto importante es la distancia, la cual influye en el desempeño de las métricas, debido a que al alejarse el nodo transmisor del receptor

Tabla 7. Resultados obtenidos con transmisiones TCP – Escenario 4

TCP		Máximo	Mínimo	Promedio
Cerca (100m)	Throughput (KB/seg)	616.490	585.416	604.88
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	232	170	198.52
Lejos (400m)	Throughput (KB/seg)	585.772	404.162	524.248
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	335	196	499.81
Cambio Punto Acceso	Throughput (KB/seg)	597.562	507.112	579.47
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	271	118	254.25

Tabla 8. Resultados obtenidos con transmisiones UDP – Escenario 4

UDP		Máximo	Mínimo	Promedio
Cerca (100m)	Throughput (KB/seg)	690.794	671.792	682.186
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	247	171	203.67
Lejos (400m)	Throughput (KB/seg)	666.614	403.45	585.816
	Pérdida de Paquetes (Paq/seg)	364	201	267.411

disminuye la potencia con la que la información llega al destino, esto se ve reflejado en la disminución del throughput y el aumento de las pérdidas de paquetes.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. A. Viejo, F. Sebè, J. Domingo-Errer, and J. Manjón “Comunicaciones privadas en redes Ad Hoc Vehicular” Universitat Rovira i Virgili. Department d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques. Cátedra UNESCO de Privacidad de datos. Marzo 2009.
2. J. Pallares Canales, “Redes Ad Hoc entre Vehículos,” Univversitat Politècnica de Catalunya. Escola Politècnica Superior de Castelldefels. Enero de 2008.
3. D. Reichardt, M. Miglietta, L. Moreti, P. Morsink, and W. Schulz. (2002, Jun.). CarTalk 2000 Safe and Comfortable Driving Based Upon Inter-Vehicle-Communication. *IEEE Volume2, Issue 17-21*, pp. 545-550. Disponible en: <http://www.carTALK2000.net>.
4. H. Menguar, F. Filali, L. Eurecom-Maximiliano. “A Survey and qualitative analysis of MAC Protocols for vehicular ad hoc networks”. Europe, p. 30-34.
5. R. Leiva Santos, “Simulación de VANETs (Vehicular Ad Hoc

Networks),” Universitat Politècnica de Catalunya. Noviembre de 2007.

VII. CURRÍCULOS

Álvaro Pachón. Ingeniero de Sistemas de la Universidad Icesi. Especialista en Redes y Comunicaciones de la Universidad del Valle. D.E.A. en Tecnologías de Información de la Universidad de Vigo (España), candidato a Doctor en Telemática de la Universidad de Vigo. Jefe del Departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la Universidad Icesi.

Carlos Felipe Nieto. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Universidad del Cauca. Realizó estudios de Especialización en Redes y Comunicaciones y Maestría en Gestión de Informática y Telecomunicaciones en la Universidad ICESI. Su experiencia profesional incluye SIEMENS EU y COMCEL S.A.

María Lucía Velasco. Se graduó como Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones en la Universidad del Cauca. Realizó estudios de Especialización en Redes y Comunicaciones y Maestría en Gestión de Informática y Telecomunicaciones en la Universidad ICESI. Su experiencia profesional incluye TELECOM y COMCEL S.A.