

Enrutamiento en Redes Ad-hoc Vehiculares

Hans Lehnert Merino
Departamento de Electrónica
Universidad Técnica Federico Santa María
Valparaiso, Chile

Resumen—El creciente interés en las redes vehiculares hace necesario abordar los temas de redes de computadores tomando en cuenta sus particulares características. Dentro de estas, el enrutamiento presenta un desafío en cuanto a las exigencias de las redes vehiculares. Se presentan algunos algoritmos de enrutamiento aplicables a estas redes, realizando una discusión de sus características. Su desempeño es evaluado por medio de simulaciones.

I. INTRODUCCIÓN

Los desarrollos tecnológicos computacionales han permitido que los vehículos incluyan una mayor cantidad de sistemas de este tipo. Además de los aspectos relacionados al buen funcionamiento de los vehículos, los sistemas computacionales ayudan a brindar una mejor experiencia a los pasajeros. En este marco se desarrolla el tema de las redes vehiculares, que permiten el intercambio de información tanto entre vehículos como con infraestructura de redes ya existente.

Dentro de las posibles aplicaciones en que una red vehicular resulta de utilidad se encuentran: avisos de emergencia, asistencia en la conducción, reportes de tráfico y condiciones del camino, etc.

Un caso de interés se presenta cuando no existen estaciones base y la comunicación debe realizarse de forma cooperativa por los vehículos. Si bien las *redes ad-hoc inalámbricas* (MANET) móviles no son un concepto nuevo y existe ya desarrollo en el tema, las *redes ad-hoc vehiculares* (VANET) presentan suficientes características particulares, para que resulte relevante un estudio de estas por separado.

Una de las problemáticas en las VANET es el enrutamiento. Características como la baja duración de los enlaces de la red debido a la gran movilidad de los nodos, o necesidad de una baja latencia en aplicaciones de emergencias y alertas, hacen necesario que el enrutamiento de paquetes se realice de manera rápida y robusta. A la vez, considerando otros aspectos como el movimiento predecible de los nodos, ausencia de restricciones energéticas y disponibilidad de una gran cantidad de sensores, resultan en características que pueden ayudar en el enrutamiento.

II. ENRUTAMIENTO

Los algoritmos de enrutamiento en VANETs se suelen clasificar dentro de 5 categorías.

En los algoritmos **basados en la topología**, el enrutamiento de los datos se realiza en función de la estructura de la red. Se utiliza el conocimiento de los enlaces de cada nodo, para establecer las rutas de los paquetes.

Los algoritmos de enrutamiento **basados en posición** hacen uso de la posición física de un nodo como información adicional para generar la ruta de los paquetes.

Los métodos **basados en clusters**, se basan en la agrupación de nodos en la red e grupos. Cada grupo tiene un “cabeza de grupo”, quien es el encargado de mediar la comunicación entre grupos.

Los algoritmos **basados en broadcast**, simplemente trabajan inundando la red con los paquetes a transmitir. Esto resulta en general en una buena tasa de entrega de paquetes, a cambio de una elevada utilización del medio de transmisión debido a la gran cantidad de paquetes redundantes.

Por último, los algoritmos **basados en geocast** buscan la transmisión de un mensaje dentro de un área geográfica delimitada. De esta forma, cada nodo toma la decisión de transmisión basado en su posición.

A continuación se presenta algunos algoritmos aplicados en estas redes.

A. *Optimized Link State Routing (OSLR)*

OSLR[1] es un algoritmo basado en topología, de la categoría de los llamados **algoritmos proactivos**. Estos intentan continuamente distribuir información acerca de la topología de la red a todos los nodos de ésta.

En este algoritmo, cada nodo construye un grupo de nodos denominado conjunto de “Multipoint Relays”. Estos se seleccionan de manera tal que por medio de ellos se puedan alcanzar todos los nodos a dos saltos de distancia, como se muestra en la figura 1. Para esto es necesario que cada nodo difunda periódicamente una lista de vecinos.

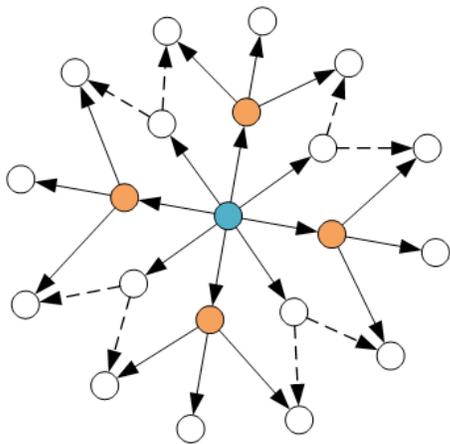


Figura 1: Selección de "Multipoint Relays"

Cada nodo llevará además una lista de los nodos que lo han seleccionado como uno de sus "Multipoint Relays". Difundiendo estas listas por toda la red, cada nodo puede construir una tabla de ruta para todos los nodos de la red.

Debido a que sólo los nodos que han sido escogidos como "Multipoint Relay" Anuncian sus conexiones a toda la red, las rutas en la red sólo usaran como nodos intermedios a los "Multipoint Relays".

La esencia del algoritmo, es entonces mantener una tabla de ruta, basado en una estructura topológica reducida. Entonces entre mejor sea la selección de los "Multipoint Relays", mejor será el desempeño del algoritmo.

B. Ad-hoc On demand Distance Vector(AODV)

El algoritmo AODV[2], también es un algoritmo basado en topología, pero es de los denominados algoritmos reactivos. En estos algoritmos, la ruta se determina a medida que se necesita, sin necesidad de compartir periódicamente información de la estructura de la red.

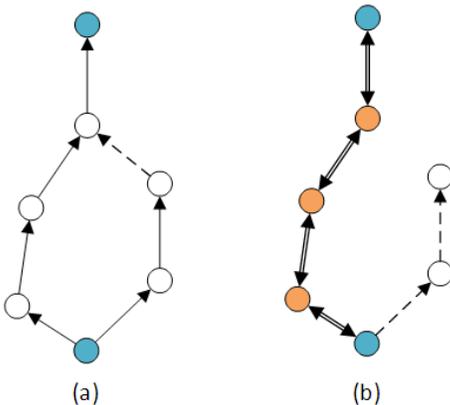


Figura 2: Generación de ruta reversa (a) y directa (b)

En este algoritmo, cuando un nodo necesita establecer una conexión, envía un requerimiento de ruta a todos sus nodos vecinos. Cuando un nodo recibe un requerimiento de ruta por primera vez toma nota del nodo del cual lo recibe y a su vez lo retransmite. Esto

sólo se realiza la primera vez que se recibe tal requerimiento el que bien podría llegar repetidas veces debido a las retransmisiones. Una vez que el requerimiento es recibido por algún nodo en conocimiento de una ruta al destino o bien el destino mismo, se emite una respuesta que es entregada al nodo origen por la ruta que recorrió el requerimiento. En la figura 2 se muestra un esquema de la generación de las rutas anteriormente descrita.

Los nodos llevarán una tabla de rutas con las conexiones establecidas mediante este método. Para realizar el mantenimiento y reasignación de la tabla, se utilizan números de secuencia para identificar las rutas. El nodo fuente tiene su propio número de secuencia y lleva el valor del último número de secuencia conocido del destino, los cuales son informados en el requerimiento.

C. Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR)

En el algoritmo GPSR[3], lo único que necesita conocer cada nodo, aparte de su propia posición es la posición de aquellos vecinos con los que puede establecer un enlace bidireccional. De esta forma, la cantidad de información que debe manejar cada nodo es mínima, sin necesidad de llevar tablas de ruta.

La información de posición es transmitido por cada nodo, en todos los paquetes salientes. De esta forma cada nodo tiene la tarea de escuchar a todos los paquetes, para descubrir y localizar a sus vecinos.

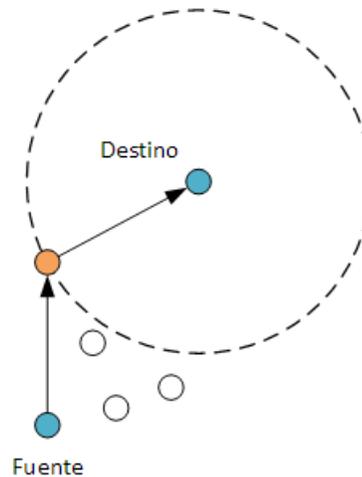


Figura 3: Enrutamiento en GPSR

Para enviar un paquete, se selecciona el siguiente nodo de la ruta, de forma que que la distancia al destino disminuya en la mayor cantidad (figura 3).

En el caso en que no exista un nodo que logre acercar el paquete a su destino, hay un "vacío" en el camino, el paquete pasa a modo perímetro en que se intenta "rodear" este vacío, enrutando el paquete siempre por el nodo ubicado más a la derecha. Esta situación se ejemplifica en la figura 4.

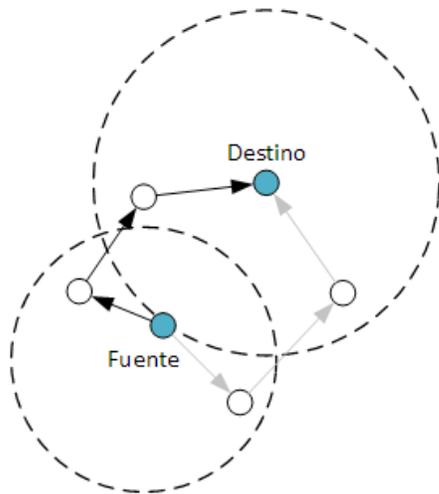


Figura 4: Modo perímetro

El mecanismo de intercambio de posiciones no está contemplado por el algoritmo, pero se considera sólo necesario para establecer inicialmente una conexión, tras lo cual ambos participantes se encargan de reportar su posición el uno al otro.

III. SIMULACIÓN

Se utilizó el simulador *SUMO* para la generación del modelo de movilidad de los vehículos; en conjunto con el simulador de redes *NS3*.



Figura 5: Ambiente usado en la simulación.

Se realiza la simulación de 60 segundos de tráfico en el ambiente urbano mostrado en la figura 5. La simulación cuenta de 59 nodos que utilizan el estándar *WAVE para comunicación vehicular*. Se evalúan los algoritmos *OSLR* y *AODV*, cuya implementación es parte de *NS3*.

IV. RESULTADOS

Como criterios para evaluar el desempeño del algoritmo, se utilizan la razón entre paquetes recibidos y enviados, y el número promedio de saltos realizado por cada paquete que llega a su destino. En la figura 6 se muestran los valores medidos durante la simulación tomando como muestra ventanas de tiempo de un segundo.

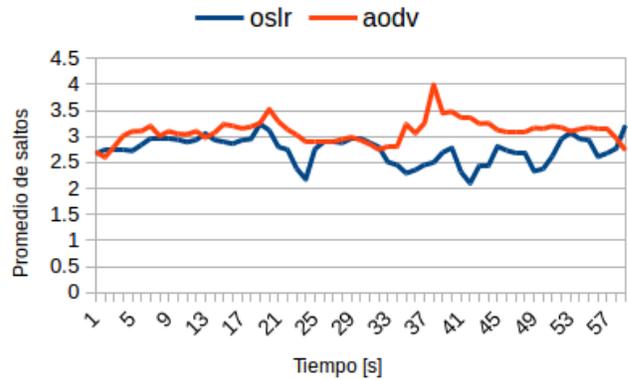
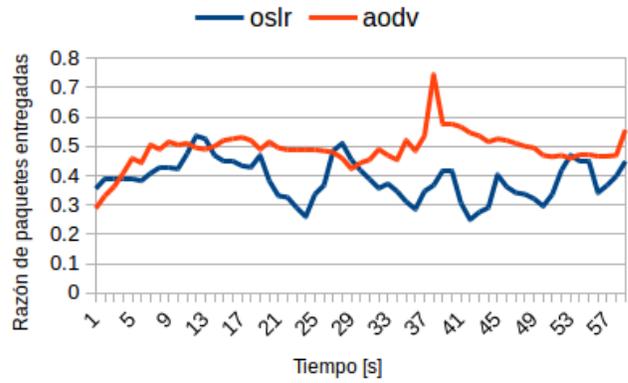


Figura 6: Resultados de simulación. Razón entre paquetes recibidos y enviado (arriba); y promedio de saltos en la ruta (abajo).

Se observa en general un mejor desempeño del algoritmo *AODV* en cuanto a la razón de paquetes entregados satisfactoriamente. Sin embargo, con el algoritmo se logra obtener en general rutas más cortas, con menor cantidad de saltos en el camino. Aunque esto bien podría ser atribuido al hecho de que los paquetes no recibidos corresponden a aquellos que se encuentran a una mayor distancia y por tanto no contabilizados en las cantidades de saltos.

V. CONCLUSIÓN

Si bien los algoritmos aquí estudiados, no fueron inicialmente pensados con redes vehiculares como meta, sino más bien para redes. Estos presentan las características necesarias para servir de base en estos sistemas. En efecto, una gran cantidad de algoritmos propuestos para redes vehiculares se basan en los algoritmos presentados, realizando cambios o adaptaciones.

Lamentablemente la implementación del algoritmo *GPSR*, para el simulador *NS3*, no contaba con una mantención reciente, por lo que no se pudo probar el modelo con éste. Por lo que esto podría formar parte un trabajo a futuro. Otros aspectos no evaluados son los diferentes ambientes de simulación, como por ejemplo el desempeño de los algoritmos en carreteras o la latencia en la red.

En las simulaciones se observa un mejor desempeño del algoritmo AODV. Para ambos casos se observa una dependencia de las mediciones con el tiempo de simulación. Esto apunta a un claro efecto del estado de la red, la posición de los nodos, en el desempeño de los algoritmos. Los resultados muestran además que existe espacio para la mejora de las estrategias de enrutamiento en éste ámbito.

- [1] P. Jacquet, P. Muhlethaler, T. Clausen, A. Laouiti, A. Qayyum, and L. Viennot, "Optimized link state routing protocol for ad hoc networks," *Proceedings. IEEE International Multi Topic Conference, 2001. IEEE INMIC 2001. Technology for the 21st Century*.
- [2] C. Perkins and E. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing," *Proceedings WMCSA'99. Second IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, 1999.
- [3] B. Karp and H. T. Kung, "Gpsr," *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking - MobiCom '00*, 2000.
- [4] Al-Sultan, Saif et al. "A Comprehensive Survey On Vehicular Ad Hoc Networks". *Journal of Network and Computer Applications* 37, 2014.
- [5] M. Srotyr, Z. Lokaj, and T. Zelinka. "Advanced VANET Routing Design". *Smart Cities Symposium Prague*, 2015.
- [6] S.S. Dhenakaran and A. Parvathavarthini. "An Overview of Routing Protocols in Mobile Ad-Hoc Network". *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering Volume 3, Issue 2*, 2013.
- [7] Singh, Surmukh and Sunil Agrawal. "VANET Routing Protocols: Issues And Challenges". *Recent Advances in Engineering and Computational Sciences*, 2014.