

**XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de
Informática y Computación**
13, 14 y 15 de Octubre en Puerto Vallarta, Jalisco
ISBN: 978-607-707-097-9

**Análisis de desempeño de estándar 802.11p en situaciones
de *handoff* dentro de un entorno de redes vehiculares**

Juan Antonio Guerrero-Ibáñez¹, Carlos Flores-Cortés², Antoni Barba Martí³, Angélica Reyes⁴.

^{1,2}Facultad de Telemática, Universidad de Colima, Av. Universidad #333, Colonia Las Viboras, Colima, Col., 28040. México

³Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad Politécnica de Cataluña, Jordi Girona 1-3, Barcelona, España.

⁴Departamento de Arquitectura de computadoras, Universidad Politécnica de Cataluña, Avinguda del Canal Olímpic 15, Barcelona, España.
antonio_guerrero@ucol.mx¹, cfcortes@ucol.mx², telabm@entel.upc.edu³,
mreyes@ac.upc.edu⁴.

Resumen. En los últimos años un grupo de trabajo del IEEE está definiendo un nuevo estándar de comunicaciones, el cual es conocido como 802.11p, para su uso futuro en redes vehiculares *ad-hoc* (VANET), tanto en el formato de vehículo a vehículo (V2V) como en vehículo a infraestructura (V2I). En este artículo, nos enfocamos en un entorno de comunicación V2I, en específico se analiza el desempeño del estándar 802.11p en situaciones de traspaso (*handoff*). Los resultados muestran el impacto que tiene la velocidad de movimiento en el desempeño del estándar 802.11p a través de la evaluación de métricas como la cantidad de paquetes perdidos, retardo medio y tasa de transferencia asignada a las aplicaciones en entornos de redes vehiculares, lo que podría impactar a las aplicaciones implementadas dentro de este nuevo entorno.

Keywords: redes ad-hoc, redes vehiculares, VANETS, V2I,V2V, handoff, traspaso,802.11p.

1 Introducción

En los últimos años ha habido un fuerte impulso por la evaluación y prueba de la aplicación de las tecnologías de acceso inalámbrico en el entorno de redes vehiculares ad-hoc, conocidas como VANETS. La comunicación inter-vehicular jugará un papel importante en la gestión de tráfico y automóviles en el futuro cercano. En la literatura se han propuesto diferentes servicios a través del uso de comunicación vehículo a vehículo (V2V) y vehículo a infraestructura (V2I). Estos servicios incluyen aplicaciones de seguridad [1], aplicaciones para monitoreo y difusión de información de tráfico [2], [3] y aplicaciones de entretenimiento [4].

Por otro lado, el IEEE está trabajando en el estándar 802.11p para el desarrollo de redes y aplicaciones vehiculares. Sin embargo este entorno ha generado nuevos retos de investigación. Los retos demandan mayores áreas de cobertura, con rangos de transmisión en el orden de los 1000 metros. Aunque ese reto se podría resolver con la colocación de una gran cantidad de puntos de acceso (AP) a lo largo de las carreteras o avenidas, la alta velocidad de las unidades móviles demanda que la transmisión de una

XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de
Informática y Computación
13, 14 y 15 de Octubre en Puerto Vallarta, Jalisco
ISBN: 978-607-707-097-9

sesión de comunicación entre un vehículo y un punto de acceso hacia el siguiente se realice con el mínimo tiempo de interrupción posible. En este artículo analizamos y evaluamos el desempeño del estándar *802.11p* en situaciones de traspaso. Mediante simulaciones analizamos el impacto que tiene el estándar *802.11p* mediante la medición de parámetros como retardo, paquetes perdidos y throughput entregado a los nodos vehiculares en situaciones de traspaso.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma. La sección II describe en forma breve los conceptos base de las redes vehiculares. La sección III describe el proceso de traspaso en las redes *802.11*. La sección IV presenta el escenario de simulación y resultados obtenidos de la evaluación de desempeño del *802.11p*. Para finalizar se presentan las conclusiones del trabajo.

2 Conceptos de la especificación *802.11p*

La especificación *802.11p* [5] está basada en el estándar *802.11-2007* [6] para mejorar el desempeño de las redes basadas en CSMA/CA aplicado ahora dentro de entornos vehiculares. Esta especificación es conocida como el modo *WAVE* (*Wireless Access Vehicular Environment*) y se usará como base para la siguiente generación de la red de sistema inteligente de transporte (*ITS* - por sus siglas en inglés *Intelligent Transportation System*). El modo *WAVE* define la operación de dispositivos basados en *802.11* en entornos donde las propiedades de la capa física cambian rápidamente y donde se requieren intercambios de comunicación con duraciones cortas, como es el caso de las redes vehiculares. El objetivo principal del estándar es definir el conjunto mínimo de especificaciones que aseguren la interoperabilidad entre los dispositivos inalámbricos en entornos de cambios impredecibles y en situaciones donde la entrega de mensajes debe completarse en tiempos de tramas más cortos que los especificados en redes tipo infraestructura o ad-hoc basadas en *802.11* [3]. La especificación *802.11p* soporta transmisión de paquetes IP y mensajes cortos *WAVE* (*WSMs - Wave Short Messages*).

El espectro de frecuencia que utiliza el *802.11p* que se encuentra localizado en el rango de los 5GHz. El *802.11p* define 7 canales de 10MHz cada uno (Fig. 1). El *canal de control (CCH)* que se utiliza para intercambiar mensajes de control de red y los *canales de servicio (SCH)*, los cuales son utilizados para la difusión de los diferentes servicios prestados en la red. Como se muestra en la figura 1, el ancho de banda es dividido en ciclos de transmisión. El *802.11p* sugiere una duración de trama de 50 milisegundos.

La especificación *802.11p* define una estructura de red compuesta por nodos de red los cuales pueden ser de dos tipos: el primer tipo se denomina *unidad abordo (OBU)* - por sus siglas en inglés *On-Board Unit*, el cual representa un vehículo equipado con un radio de comunicación de rango corto dedicado (*DSRC - Dedicated Short Range Communication*). El segundo tipo es el *RSU (Road-side Unit)*, que representa un dispositivo fijo con un radio *DSRC* ubicado en el borde de carreteras o avenidas.

XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de
Informática y Computación
13, 14 y 15 de Octubre en Puerto Vallarta, Jalisco
ISBN: 978-607-707-097-9

2.1 Funcionamiento de la red 802.11p.

Después de que un *OBU* se ha unido a una red 802.11p, el *OBU* debe sensar el canal *CCH* para recolectar información de red necesaria. Dentro del modo *WAVE*, la transmisión de paquetes de datos solamente se envían dentro de un Conjunto de servicios básicos de modo *WAVE* (*WBSS - Wave-Mode Basic Service Set*). El nodo que inicia un *WBSS* se le denomina *proveedor WBSS* y los nodos que se unen a un *WBSS* se les denominan *usuarios WBSS*.

Los proveedores *WBSS* deben difundir periódicamente en *broadcast* una trama de anuncio de servicio *WBSS* (*WSA - WBSS Service Announcement*) para dicho *WBS* sobre el *CCH*. El *OBU* debe de monitorear todos los *WSA* sobre el *CCH* para conocer la información de todos los *WBSS* disponibles.

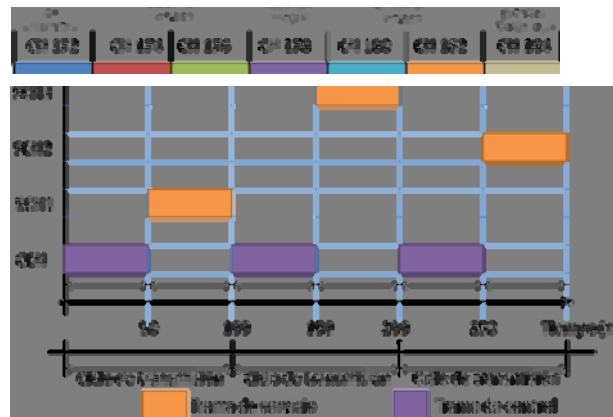


Fig. 1. Canales definidos por 802.11p.

3 Traspasos en redes basadas en IEEE 802.11.

Un traspaso o *handoff* es el proceso que permite a un nodo móvil cambiar el punto de acceso al cual está asociado. Cuando el nodo se desplaza de un punto de cobertura a otro, el traspaso ocurre y se lleva a cabo un proceso de intercambio de tramas de gestión. Sin embargo, esta transferencia introduce una cierta latencia que puede generar una interrupción del servicio dentro de una sesión de comunicación activa. La latencia del traspaso se puede dividir en tres categorías: el retardo de exploración, que según los autores en [8] consume alrededor del 90% del retardo total del traspaso. Por otro lado tenemos los retardos introducidos por el proceso de autenticación y por re-asociación. La figura 2 nos muestra el proceso de traspaso a través del intercambio de mensajes de las diferentes categorías y sus latencias respectivas.

**XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de
Informática y Computación**
13, 14 y 15 de Octubre en Puerto Vallarta, Jalisco
ISBN: 978-607-707-097-9

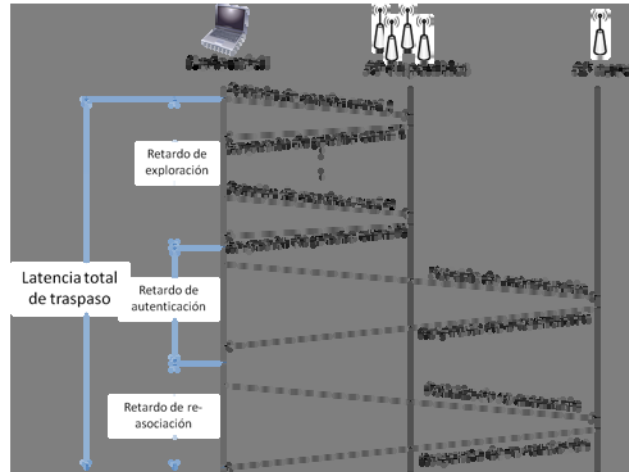


Fig. 2. Intercambio de mensajes de control durante proceso de traspaso (*handoff*).

Sin embargo, para situaciones de tráfico vehicular, el retardo de autenticación se tratará de eliminar con el objetivo de reducir los tiempos de retardo. De esta forma, podemos calcular el retardo total de traspaso como el retardo de exploración más el retardo de re-asociación.

4 Evaluación y resultados.

Como parte del proceso de evaluación se llevaron a cabo una serie de simulaciones con el objetivo de evaluar el desempeño del *802.11p* en situaciones de traspaso en redes vehiculares. La idea es verificar si el estándar *802.11p* puede asegurar un rendimiento de traspaso aceptable a diferentes velocidades de movimiento. En esta sección se describe el escenario de simulación utilizado y se presentan los resultados obtenidos. Las pruebas se realizaron en el software de simulación de libre distribución *NCTUns* en una plataforma Linux [9].

4.1 Escenario de configuración.

La arquitectura de simulación está compuesta de dos estaciones base (*RSU*) y cuatro nodo vehiculares (*OBU*) que se desplazan a velocidades de 50, 70, 100 y 120 km/h. Las velocidades seleccionadas representan velocidades típicas dentro de una zona urbana (50 y 70 km/h) y dentro de una carretera (100 y 120 km/h) Las dos estaciones base se conectan a través de un enlace *ethernet* de 100Mbps a un nodo central que sirve como generador de información que se desea transmitir a los diferentes vehículos. La frecuencia utilizada fue la de 5.87GHz, con una potencia de transmisión de 0.05W, un rango de cobertura de 1000 m, una tasa de transferencia de 3Mbps. Los parámetros a evaluar fueron el *round-trip time*, el número de paquetes perdidos, el

XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de
Informática y Computación
13, 14 y 15 de Octubre en Puerto Vallarta, Jalisco
ISBN: 978-607-707-097-9

retardo medio de transmisión y la tasa de transferencia.

El proceso de simulación se divide en tres escenarios. El primer escenario es diseñado para medir el *round-trip time (RTT)* promedio de peticiones enviadas desde el nodo móvil hasta el nodo central a diferentes velocidades de movimiento. Para este escenario solamente se hizo uso de un solo nodo que envía ráfagas de 10 paquetes de 64bytes de longitud cada segundo. El segundo escenario tiene por objetivo determinar cuantitativamente el porcentaje de paquetes perdidos durante el proceso de comunicación. Para llevar a cabo esta medición se implementó una aplicación UDP de tasa de bit constante (*CBR - Constant Bit-Rate*) con paquetes de tamaño de 1000 bytes a una tasa de transmisión de 256 kbps entre el nodo móvil y el nodo central. Finalmente, el tercer escenario tiene por objetivo determinar como el tráfico de nodos adicionales afecta el retardo de las peticiones recibidas por los nodos dentro del escenario.

4.2 Resultados obtenidos.

La figura 3A presenta los resultados obtenidos para el *RTT* promedio. Como se puede observar, existe un incremento durante la zona de traspaso cuando la velocidad se incrementa, alcanzando hasta una diferencia del 70% entre la velocidad más baja y la más alta. Este resultado se puede explicar a que conforme la velocidad se incrementa es más difícil alcanzar el nodo móvil ya que a velocidades de 120km/h cubre hasta 34 metros en un segundo y el tiempo de conexión a las estaciones base se reduce. La figura 3B muestra como la velocidad de movimiento afecta el porcentaje de paquetes perdidos, arrojando tasas de pérdidas de hasta el 18% para velocidades de 120 km/h. Como se mencionó anteriormente, conforme la velocidad se incrementa, el tiempo de conexión a la estación base se reduce, incrementando la cantidad de paquetes perdidos debido al proceso de traspaso.

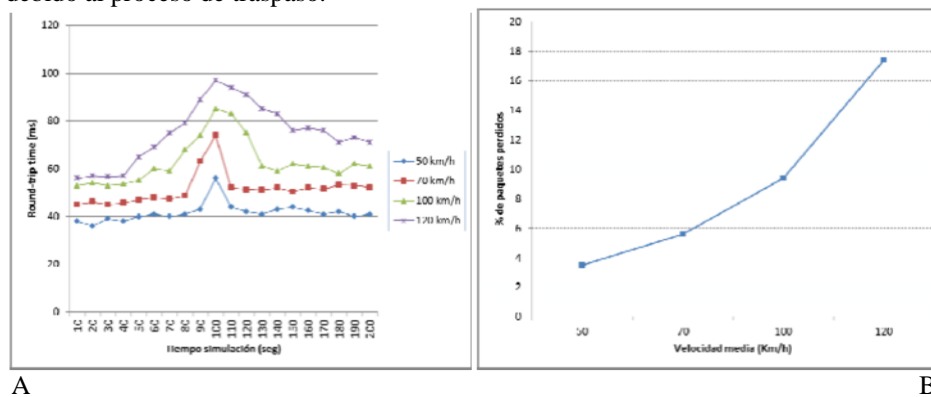


Fig. 3. A) RTT medio para diferentes velocidades vehiculares. B) Porcentaje de paquetes perdidos para diferentes velocidades vehiculares para una aplicación CBR/UDP.

La figura 4A presenta los resultados obtenidos para el retardo promedio de la aplicación UDP a diferentes velocidades. Se observa de la figura que conforme la velocidad se incrementa la diferencia en el retardo promedio se incrementa hasta un

XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de
Informática y Computación
13, 14 y 15 de Octubre en Puerto Vallarta, Jalisco
ISBN: 978-607-707-097-9

60% entre la velocidad más baja y la más alta. Esta diferencia se explica debido a que a mayor velocidad, el número de traspasos se incrementa, introduciendo un mayor retardo en la entrega de paquetes. Finalmente, la figura 4B muestra como la velocidad de movimiento afecta la tasa de transferencia promedio que percibe cada nodo móvil, con un decremento de hasta un 22% con respecto a la velocidad más baja.

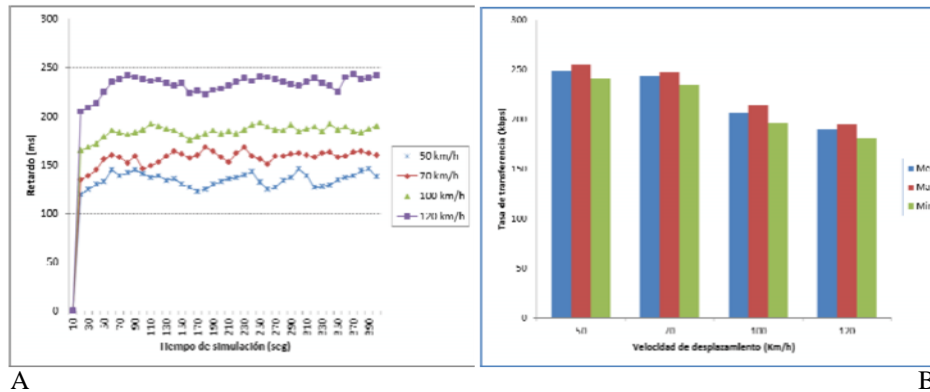


Fig. 4. A) Retardo medio para diferentes velocidades vehiculares. B) Tasa de transferencia promedio para diferentes velocidades.

Conclusiones

En este artículo presentamos un análisis de comportamiento del estándar *802.11p* mediante el simulador *NCTUns*. Como el estándar está enfocado con las comunicaciones V2I, en este artículo mostramos el comportamiento del estándar en situaciones de *handoff* con el objetivo de dirigir el trabajo futuro hacia la generación de adaptaciones al estándar para asegurar un proceso de *handoff* transparente. Los resultados mostraron como la variación de la velocidad puede afectar las aplicaciones dentro de este nuevo entorno.

Referencias

- [1] Torrent-Moreno, M.; Mittag, J.; Santi, P.; Hartenstein, H.; *Vehicle-to-vehicle communication: Fair transmit power control for safety-critical information*, IEEE Transaction on vehicular technologies, vol.58, issue 7, pp. 3684-3703, 2009.
- [2] Ghazy, A.; Ozkul, T.; *Design and simulation of an artificially intelligent VANET for solving traffic congestion*, 6th. international symposium on mechatronics and its applications, pp.1-6, 2009.
- [3] Ansari, I.S.; *An implementation of traffic light systems using multi-hop ad hoc networks*, International conference on Network-based information systems (NBIS'09), pp. 177-181, 2009.

**XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de
Informática y Computación
13, 14 y 15 de Octubre en Puerto Vallarta, Jalisco
ISBN: 978-607-707-097-9**

- [4] Palazzi, C.E.; Roccetti, M.; Ferretti, S.; *An Intervehicular Communication Architecture for Safety and Entertainment*, IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, vol. 11, issue 1, pp. 90-99, 2010.
- [5] Task Group p, "*IEEE P802.11p: Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)*", draft standard edition, IEEE Computer Society, 2006.
- [6] IEEE Standard 802.11-2007 (Revision of IEEE Standard 802.11-1999), June 12, 2007.
- [7] "IEEE 802.11p/D3.0", IEEE standards Activities Department, July 2007.
- [8] A. Mishra, M. Shin, W. Arbaugh, "An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process", ACM SIGCOMM Computer Communication Review, pp. 93-102, vol. 3, Issue 2, April 2003.
- [9] Network Simulator NCTUns 6.0, official website, <http://nsl10.csie.nctu.edu.tw/>.