

Las Redes Inalámbricas Ad-Hoc En La Comunicación Vehicular.

* Juliana Andrea Gálvez Serna, ** Roberto Carlos Hincapié, Universidad Pontificia Bolivariana

* jagalvezs@unal.edu.co, ** roberto.hincapie@upb.edu.co

Resumen— Las redes VANETs (Vehicular Ad Hoc Network), son redes de comunicación vehicular que utilizan el medio inalámbrico para establecer la comunicación ya sea entre vehículos o entre vehículos y la infraestructura vial, para establecer una comunicación estas redes se deben desarrollar protocolos que se ajusten a las características de las redes vehiculares como lo son la alta movilidad de los nodos. La idea principal es obtener una visión global del desarrollo de las redes vehiculares y los avances que se tienen en su desarrollo, nombrar algunos protocolos a nivel mundial, siempre en miras de una adaptación y desarrollo para la implementación de dicha tecnología en nuestro país.

Palabras Claves— Redes Ad HOC, Redes VANETs, Sistemas Inteligentes de transporte, 802.11p,

I. INTRODUCCIÓN

El alto desarrollo y aceptación que ha tenido la idea de las ciudades inteligentes en el mundo ha llevado a la investigación y el desarrollo de los sistemas inteligentes de transporte (ITS). Las construcciones o mejoras en las vías, los accidentes en las principales calles y la falta de sincronización en los semáforos y cruces importantes de las ciudades, son factores que influyen de manera directa y muy notoria sobre el tráfico de las grandes ciudades. ¿Cómo mejorar el caos vehicular? ¿Qué tecnología puede ser empleada para mejorar el tráfico en las grandes ciudades e incluso en las carreteras? La tecnología inalámbrica tiene muchas aplicaciones industriales y una gran flexibilidad que se basa principalmente en la escasa necesidad de despliegue de infraestructura para su funcionamiento, convirtiéndose en una tecnología bastante atractiva en el caso de la comunicación entre vehículos y entre los vehículos y la infraestructura vial y que mejor manera de evitar congestiones y ayudar con el tráfico de la ciudad, que dotar a los vehículos con la capacidad de comunicarse entre sí. Distintas tecnologías se han propuesto para este fin, como en [1] y [2] en los que se basan en la tecnología

celular para tratar de implementar y dar una solución a dichas comunicaciones entre vehículos, mediante la red celular que ya está desplegada en las ciudades; o en [3],[4] y [5] en lo que se emplea la tecnología *ad hoc* para crear un red entre los vehículos y los vehículos y la infraestructura que les permita comunicarse entre sí pasándose información relevante como colisiones, cierres de vías, condiciones de las carreteras entre algunas otras cosas. La tecnología *ad hoc* ha tenido una acogida muy importante debido a su facilidad de despliegue ya que no requiere de una infraestructura física, solo de un par de nodos dotados de ella que establezcan una comunicación, cada uno de los nodos puede comportarse como emisor, receptor o router, haciendo uso de un protocolo de comunicación que en el caso de estas redes se convierte en el principal campo a explorar ya que los protocolos como OSPF, RIP, entre otros fueron diseñados para redes fijas y alámbricas, así que para este caso ya no son viables. Dentro de las redes *ad hoc* se han desarrollado las MANET (Ad Hoc Mobile Wireless Networks) que son redes *ad hoc* móviles, en las que los nodos pueden cambiar de ubicación haciendo que la topología y la funcionalidad de los dispositivos vaya variando constantemente; y las VANETs que son las redes *ad hoc* vehiculares cumple el mismo principio de las MANET solo que ya en este caso los nodos son vehículos y debido a la velocidad con la que se mueven hacen que la topología sea aun mas variante debido a la entrada y salida de nodos de la red. la idea principal de este artículo es obtener un buen estado del arte de las redes *ad hoc* vehiculares, los protocolos y técnicas que se han estudiado para el desarrollo y correcta implementación de esta tecnología, los principios básicos de funcionamiento y los avances obtenidos, para obtener una base solida para un posterior desarrollo e implementación en Colombia

Este artículo está estructurado de la siguiente manera en el capítulo 2 se tiene un estado del arte que describe los alcances y las investigaciones sobre el tema, un capítulo 3 que describe la tecnología de las redes *ad hoc* y los principios de funcionamiento, en el capítulo 4 ya se abordan las redes *ad hoc* vehiculares, los desarrollos las implementaciones, los protocolos más usados y finalmente en el capítulo 5 se tiene las conclusiones y futuros trabajos.

II. MARCO TEÓRICO.

En una idea general del tema, se abarcan varios subtemas relacionados con los sistemas inteligentes de transporte (ITS), que surgen bajo la necesidad de optimizar y mejorar el sistema de transporte ya existente. Una problemática clara que se desprende del gran incremento de los vehículos tanto en las ciudades como en las carreteras, es la congestión generada por accidentes, cierre de vías y arreglos o falta de sincronización en algunos cruces, entre algunos otros. Lo que se pretende abordar con esta investigación es cada uno de los inconvenientes presentados en el tráfico, mediante el avance de las comunicaciones entre carros y entre carros y la infraestructura vial, como lo son, semáforos, señales de tránsito, obstáculos en la vía, entre otras, con el fin de proporcionar mayor seguridad a los pasajeros.

En la mayoría de las investigaciones que se han realizado [3] se ha tomado la tecnología inalámbrica como base para la comunicación entre los vehículos y entre los vehículos y las carreteras, mediante varios tipos de conexión inalámbrica como la de corto alcance que comprende la comunicación entre dos vehículos como se especifica en [6] y en [7], en donde mediante la implementación de un dispositivo en los vehículos se permite establecer una comunicación entre ellos, creando una red escalable y de fácil despliegue, obteniendo como beneficio la difusión de la información sobre el tráfico y los estados de las carreteras entre los vehículos. En [8] y [9], al igual que en el anterior se trabaja mediante comunicación inalámbrica haciendo uso de la técnica de gossiping, que permitirá una propagación más rápida de la información, es decir un vehículo pasa la información que recibió de otro vehículo que ya no se encuentra en el perímetro pero que trae una información que puede ser relevante para evitar congestiones.

Diferentes redes de comunicación inalámbrica se han empleado para la solución de estos problemas de estudio y análisis de tráfico y una de las más fuerte es el uso de redes ad-hoc, como se observa en [4],[10],[11],[12] y [13] el proyecto que ha impulsado el uso de las redes ad-hoc [4] fue el proyecto denominado FleetNET, financiado por el gobierno Alemán, en el cual se estudian las principales características, desarrollos y alcances de las redes ad-hoc, y se desarrollaron los conceptos adecuados para la comunicación y el posicionamiento de los vehículos, haciendo uso de estas redes lo que se busca es obtener con mayor precisión la ubicación de los vehículos, mediante la implementación de un algoritmo eficiente para el envío de los paquetes necesarios. Al igual que en [4], en [14] y [11] se emplea comunicación multi-salto para establecer la comunicación, encontrando que los factores que mayor afectan la comunicación en una red, son la distancia y la línea de visión, pero mediante las red ad-hoc y según los resultados obtenidos se podría ampliar el alcance de transmisión y a

su vez el tiempo de conexión entre los vehículos que están en movimiento.

Según la información el desarrollo y las investigaciones encontradas se observa que la tecnología ad hoc es la tecnología que más se adapta a las necesidades de las comunicaciones vehiculares, se creó un estándar por la IEEE que se estudia y se presenta en [15], [16] y [17] denominado 802.11p o WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*), que es simplemente el estándar 802.11 modificado y adaptado para las comunicaciones vehiculares, cuenta con 7 canales distribuidos en un canal de 10 Mhz en la banda de 5.9GHz, que cuenta con 6 canales de servicio y uno se control.

Gracias a la velocidad a la que los nodos de las redes VANETs se mueven se han tenido que investigar y desarrollar diferentes protocolos que permitan establecer una comunicación confiable entre los nodos de dicha red, en [18] por ejemplo se explica el porqué los protocolos convencionales no son aptos para estas redes, explicando de igual forma que en [19] la problemática de las tormentas de broadcast y mencionando algunos protocolos que se pueden emplear; En [20] se habla del protocolo DSR (Dedicated Short Range Communication) diseñado para el uso en redes vehiculares aunque no muy aplicable por la alta velocidad a la que cambian los nodos, pues pretende establecer la ruta del paquete antes de ser enviado y adicionarlo al encabezado, enviando el paquete solo cuando la ruta está establecida. Se observa también en [21] como mediante TDMA (acceso múltiple por división en el tiempo), basado en identificadores, permite el envío de mensajes beacons entre los vehículo mediante asignación de ranura temporales para la transmisión de la información.

Según lo que se ha encontrado se puede observar el avance que se ha tenido en los sistemas inteligentes de transporte, acercándose mucho más su aplicación para solucionar los problemas de movilidad con los que hoy en día se cuenta en el mundo entero, es un paso hacia la obtención de ciudades inteligentes, que estén en un continuo cambio según las necesidades de todos sus ciudadanos.

III. REDES AD HOC PRINCIPIOS

La alta demanda en la movilidad de los usuarios y la necesidad de crear sus propias redes para atender necesidades concretas fueron los principales motivos que llevaron al desarrollo de redes sin infraestructura fija, que solo están compuestas por nodos de fácil despliegue y bajo costo. Las redes *ad hoc*, se definen como una de las categorías de las redes inalámbricas que no depende de una infraestructura física desplegada para su funcionamiento, se denomina como una red flexible y de

bajo costo que solo requiere de dos o más nodos para desplegarse. Como se menciona en [22] y en [23] Cada uno de los nodos pueden actuar como transmisores, receptores o enrutadores, según sea preciso, sin necesidad de un punto de acceso centralizado. Simplemente cada uno de los nodos que llegue a la red debe tener la capacidad de adaptarse a la red, ya sea para transmitir o recibir información o como apoyo para que la comunicación entre dos nodos que no se encuentran dentro de sus radios de cobertura puedan comunicarse entre sí. Para el caso en el que los nodos de la red pueden moverse estas redes se denominan redes móviles *ad hoc* o (MANET), que en realidad son las más comunes.

Como se menciona en [25], [24] y [26], las redes *ad hoc* fueron creadas en la década de los 70, conocidas en ese entonces como las redes de radio paquetes desarrolladas por la agencia conocida como *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) y empleadas para proyectos militares. Posteriormente en 1994 DARPA inició un programa que permitirá suministrar conectividad a los usuarios inalámbricos en cualquier momento con los mismos beneficios de conectividad de internet, conocido como Global Mobile Information Systems (GloMo). Gracias al buen desempeño de estas redes se tomo el estándar 802.11 de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) que ya desarrollo el estándar 802.11 que abarca la tecnología inalámbrica para la operación de redes independientes permitiendo una comunicación entre ellas, dentro de este mismo estándar se desarrollo un extensión denominado 802.11s que busca permitir la comunicación en redes auto configurables de topología multisalto. Existen diferentes estándares y tecnologías que se catalogan como redes *ad hoc*, adicional a el protocolo 802.11, entre las cuales está el estándar bluetooth y las redes de área persona (PAN). En la figura 1 se puede observar un ejemplo de la estructura de estas redes.

Debido a la falta de infraestructura y la movilidad de los nodos que forman la red, las redes *ad hoc*, cuentan con algunas limitaciones e inconvenientes principalmente en el establecimiento de la comunicación, y en el recorrido de las información que se envía, ya que no hay un camino fijo definido desde el origen hasta el destino, en este caso depende de diferentes factores como el estado del canal y la distancia que exista entre los nodos. Además se debe tener en cuenta que gracias a que el medio de propagación es inalámbrico normalmente la señal se ve afectada por el desvanecimiento así que para el caso de modelos de propagación del canal se debe hacer de estadísticamente.

A. Características de las redes *ad hoc*.

Como se menciona en [26] las redes *ad hoc* tienen como propósito general apoyar de forma confiable, robusta y

eficiente el enrutamiento de la información entre los nodos móviles, pero contando con algunas restricciones que se mencionaran a continuación, debido a su generación espontanea.

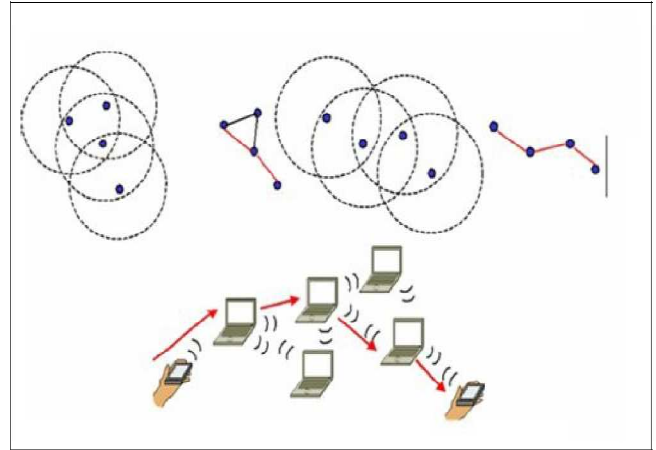


Fig. 1 Infraestructura de una red *Ad Hoc*

B. Características de las redes *ad hoc*.

Como se menciona en [26] las redes *ad hoc* tienen como propósito general apoyar de forma confiable, robusta y eficiente el enrutamiento de la información entre los nodos móviles, pero contando con algunas restricciones que se mencionaran a continuación, debido a su generación espontanea.

--Topología dinámica: Gracias a movilidad arbitraria de sus nodos, la topología de la red tiende a cambiar de forma aleatoria y rápida en todo momento, dificultando el establecimiento de la conectividad de la red, la cual debe mantenerse estable para que los servicios de comunicación puedan operar sin inconvenientes. En este caso el protocolo de enrutamiento es el debe modificarse o ajustarse.

--Operación en forma distribuida: En este caso el termino distribuido hace alusión al hecho de que cada nodo solo conoce la información que requiere es decir la de sus vecinos o los nodos que están dentro de su radio de transmisión, no contiene la información global de la red.

--Ancho de banda limitado: el ancho de banda en sistemas inalámbricos, que carecen de infraestructura física y más con dicha movilidad es mucho más reducido que el ancho de banda de redes que están preestablecidas.

--Fluctuación de los enlaces: La calidad de la información se ve afectada a medida que los saltos entre os nodos de las redes *ad hoc* se va incrementando debido a la adición de errores de bit entre cada salto.

--Operación de energía limitada: La energía es uno de los recursos que se busca optimizar con el fin de limitar el consumo de la potencia.

C. Arquitecturas de las redes *ad hoc*.

Las redes *ad hoc* [26], se pueden clasificar en dos diferentes arquitecturas que se definen según la estructura que forman al construirse la red, la arquitectura plana y la arquitectura jerárquica. En la arquitectura plana (figura 2), se realizan enlaces entre los nodos y sus vecinos de forma libre y se emplea el multihop para que la información llegue a los demás nodos, son redes relativamente pequeñas, presenta un bajo consumo de potencia y deja de ser escalable a medida de que la red va creciendo. En la arquitectura jerárquica (figura 3), se conforman grupos denominados clusters que se unen entre sí mediante un nodo que conocido como de cabecera o de borde que se comunica entre sí con otros nodos que permiten jerarquizar y darles diferentes funciones a los nodos que permitan la comunicación entre toda la red, se emplea normalmente para redes *ad hoc* más extensas, y depende de un algoritmo que permite la creación de cada uno de los clusters.

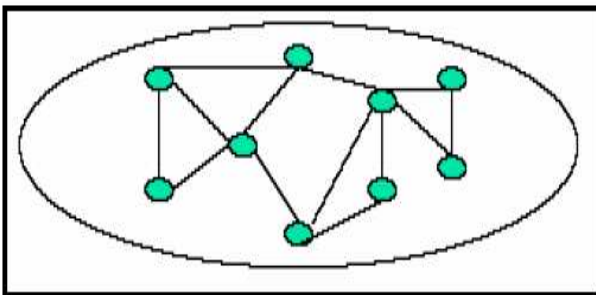


Figura 2. Arquitectura plana de las redes *Ad Hoc*

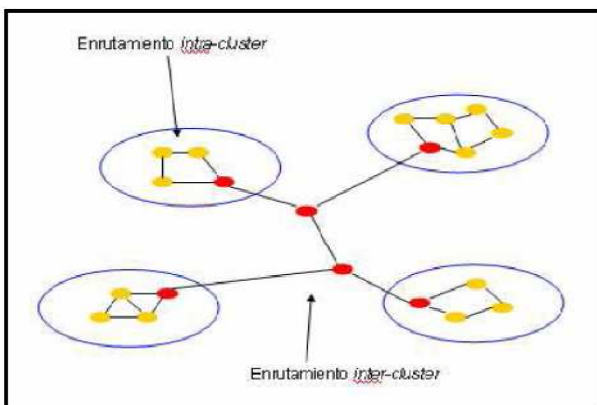


Figura 3. Arquitectura jerárquica de las redes *Ad Hoc*.

En general en las arquitecturas de las redes *Ad Hoc*, existen dos fenómenos en este medio, los conocidos nodos ocultos que es cuando 2 nodos transmisores no se ven entre sí y no coordinan para la transmisión,

generando interferencia en el nodo receptor; y los conocidos nodos expuestos que es cuando un nodo deja de transmitir porque cree que el canal está ocupado, cuando en realidad no, simplemente está en mismo radio del otro nodo transmisor pero no del receptor, reduciendo así la tasa de transmisión y retardando la transmisión de la información. Estos fenómenos deberán ser mitigados por los protocolos de comunicación empleados.

IV. REDES VANETS

Las redes VANETs (Vehicular Area Networks) o redes vehiculares como se definen en [27] y e [redes VANETs-TDG], no son más que redes MANETs en los cuales los nodos móviles son simplemente vehículos que buscan una comunicación entre sí. Este tipo de redes *Ad Hoc* cuentan con características [28] como autonomía, en la cual cada uno de los nodos tiene la capacidad de recibir, procesar, transmitir y enrutar información; control distribuido, es decir cada nodo realiza el control de la información; encaminamiento, capacidad de establecer una comunicación entre los nodos de la red y enrutar los paquetes; topología de red variable, los nodos pueden moverse arbitrariamente entrando y saliendo de la red cuando sea necesario, esto es debido a las altas velocidades de movilidad que presentan y capacidad variable de los enlaces, esto se debe a la cantidad de enlaces inalámbricos que debe atravesar en algunos casos para llegar a su destino. Gracias a estas características que van ligadas a las altas velocidades a las cuales se desplazan los nodos hacen de estas redes un punto fuerte de investigación especialmente en el área de los protocolos de enrutamiento de los paquetes, ya que los protocolos existentes no funcionan adecuadamente para estas redes.

Las redes VANET como se menciona en [29], pueden suministrar 3 tipos de servicio, el primero es el paso de la información que los sensores recopilan de la información enviada por otros vehículos, el segundo es el procesamiento de esta información para entregar conclusiones y el tercero ya no tanto por seguridad del usuario sino por comodidad es el de la navegación (internet).

A. Tecnologías empleadas en las VANETs.

802.11p

Para el desarrollo de las VANET se requieren ciertas tecnologías, como se puede ver en [16], [17] y en [28], se ha desarrollado la tecnología 802.11p denominada WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*) que se ha venido estudiando específicamente para estas redes y que permiten una mayor velocidad de transmisión, una menor latencia en zonas pequeñas,

trabajan en la frecuencia de 5.9 Ghz, y permite un acceso al medio aleatorio. Este estándar es la evolución de 802.11a, con algunas modificaciones en la capa física y MAC que permitan un mejor desempeño en un entorno vehicular.

Bluetooth

Como se menciona en [17] es conocida como 802.15.1, una tecnología de comunicación inalámbrica personal que puede clasificarse según su alcance y su consumo de potencia alcanzando tasa de 2 Mbps y distancias de hasta 100m.

B. Clasificación de los Protocolos.

El área principal de investigación dentro de las redes VANETs son como ya se mencionó son los protocolos de comunicación, que como en [17] se clasifican según:

- El alcance: unicast, broadcast o multicast, geocast, etc.
- El modo de descubrimiento de rutas: proactivo, reactivo, híbrido.
- Tipo de algoritmo que implementan: vector de distancias, estado de enlace.

Los basados en el alcance, se tienen los unicast que envían información de un único nodo emisor a un único nodo receptor, los multicast que envían la información de un único nodo emisor a un grupo de nodos receptores, broadcast que envía la información de un único nodo emisor a todos los nodos receptores de la red y un grupo especial de las redes MANETs que es similar a las multicasts que consiste en enviar información de un único nodo emisor a un grupo de nodos receptores ubicados en una misma zona geográfica, denominados geocast.

Los protocolos basados en el modo de descubrimiento de rutas como se define en [22] se clasifican en protocolos proactivos que cuentan con características como determinación de todas las posibles rutas entre emisor y receptor, se mantienen las tablas de enrutamiento y se cuenta con transmisión periódica de mensajes de actualización; protocolos reactivos, que solo establecen una ruta cuando la necesitan, y no cuentan con todas las tablas de enrutamiento en todo momento y los protocolos híbridos que son la combinación de las principales características de los protocolos reactivos y proactivos.

Los protocolos basados en tipo de algoritmo que implementan, cuenta con los vector distancia que mantiene una tabla de enrutamiento que contiene la cantidad de saltos que hay desde el destino hasta el nodo que se quiere alcanzar, y el estado de enlace que almacena la tabla de enrutamiento de toda la red.

En la siguiente tabla se obtiene un resumen de cada uno de los protocolos que en algún momento se desarrollaron

y se estudiaron y su clasificación según la clasificación anterior.

TABLA 1. PROTOCOLOS Y SUS CARACTERÍSTICAS. EXTRAÍDA DE [17].

Protocolo	Alcance	Esquema	Información Geográfica
Blind Flooding	Broadcast	--	No
MPR	Broadcast	--	No
NES	Broadcast	--	No
CDS	Broadcast	--	No
DSDV	Unicast	Proactivo	No
DSR	Unicast	Reactivo	No
AODV	Unicast	Reactivo	No
LAR	Unicast	Proactivo	Sí
TORA	Unicast	Reactivo	No
ZRP	Unicast	Híbrido	No
FSR	Unicast	Proactivo	No
OLSR	Unicast	Proactivo	No
MAODV	Multicast	Reactivo	No
LBM	Geocast	Proactivo	Sí
GeoTORA	Geocast	Reactivo	Sí
GeoGRID	Geocast	Reactivo	Sí
GAMER	Geocast	Proactivo	Sí

En esta tabla se pueden observar algunos de los protocolos que se han desarrollado y probado para las redes VANETs. Como se estudia y presenta en [20] y en [18] DSR que es un protocolo que según las pruebas realizadas se desempeña de manera muy efectiva en entornos donde la concentración de nodos es adecuada, mientras que pierde fiabilidad en casos en los que la cantidad de nodos disminuye.

V. CONCLUSIONES.

Las redes VANETs son una solución muy viable a la gran problemática que se puede encontrar en cuanto a la movilidad en muchos países. Las ventajas que se presentan al prestar los servicios de comunicación entre los pasajeros y usuarios de la red se convierten en una atracción para la investigación y el desarrollo de esta tecnología no solo por las universidades sino por los consorcios y las empresas de vehículos, que buscan prestar siempre un buen servicio a sus clientes. La gran problemática encontrada ha sido el desarrollo de un protocolo que se adapte adecuadamente a las condiciones de movilidad de estas redes y que permita establecer una comunicación adecuada y confiable, en la cual la

seguridad, fiabilidad y escalabilidad de las redes sea posible. El adelanto de estas redes se puede observar principalmente en Europa pero no es tan descabellada la idea de implementar en países como Colombia esta tecnología. La idea principal es tener un conocimiento de esta tecnología que ya está tan avanzada en otros países para entrar a investigar y desarrollar aportes en el tema, pasando por realización de pruebas pilos hasta llegar a la implementación de estas redes en nuestro país.

REFERENCES

- [1] Valerio, Danilo.; Witek, Tobias.; Ricciato, Fabio.; Pilz, Rene.; Wiedermann, Werner.; "Road traffic estimation from cellular network monitoring: a hands-on investigation.". 20th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC'09), Tokyo, Japan, September 13-16, 2009
- [2] www.cellint.com. [Consulta: 26 de Marzo, 2011]
- [3] S. Eichler, C. Schroth and J. Eberspächer. "Car-to-Car Communication". VDE-Kongress 2006 - Innovations for Europe - Fachtagungsberichte der ITG/BMBF - GMM - ETG - GMA - DGBMT
- [4] A. Festag, H. Füllner, H. Hartenstein, A. Sarma, and R. Schmitz. "FLEETNET: Bringing Car-To-Car Communication Into The Real World". Proceedings of the 11th World Congress on ITS, Nagoya, Japan., 2004.
- [5] A. Vinel, D. Staehle, A. Turlikov. "Study of Beaconing for Car-to-Car Communication in Vehicular Ad-Hoc Networks". Communications Workshops, ICC Workshops. IEEE. 2009. pp. 1 - 5.
- [6] S. Dashtinezhad, T. Nadeem, B. Dorohonceanu, C. Borcea, P. Kang and L. Ifode. "TrafficView: a driver assistant device for traffic monitoring based on car-to-car communication". Vehicular Technology Conference. 2004. pp. 2946 - 2950 Vol.5
- [7] C. Gorgorin, V. Gradinescu, R. Diaconescu, V. Cristea and L. Ifode. "An Integrated Vehicular and Network Simulator for Vehicular Ad-Hoc Networks". Rumania. Estado Unidos.
- [8] S. Kraus, R. Parshani and Y. Shavitt. "A Study on Gossiping in Transportation Networks". Vehicular Technology, IEEE Transactions. 2008. Pp. 2602 - 2607
- [9] Haas, Z.J.; Halpern, J.Y.; Li Li; , "Gossip-based ad hoc routing," INFOCOM 2002. Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE , vol.3, no., pp. 1707- 1716 vol.3, 2002.
- [10] A. Triviño, C. J. García de la Nava, E. Casilari, and F. J. González C. "Análisis de la Duración de las Rutas en Redes Móviles Ad Hoc". <pc23te.dte.uma.es/Recursos/Publicaciones/JITEL2007_MANETS.pdf>. [Consulta: 4 de Abril, 2011]
- [11] M. Jerbi, P. Marlier and S.M. Senouci. "Experimental Assessment of V2V and I2V Communications". Mobile Adhoc and Sensor Systems. IEEE. 2007. Pp. 1 - 6
- [12] L. Han. "Wireless Ad-Hoc Networks". October 8, 2004
- [13] S. Zeadally, R. Hunt, Y.S. Chen, A. Irwin and A. Hassan. "Vehicular ad hoc networks (VANETS) status, results". Telecommun Syst. 2010. Pp 1-25
- [14] C. Ho, K. Obraczka, G. Tsudik and K. Viswanath. "Flooding for Reliable Multicast in Multi-Hop Ad Hoc Networks". USA. March 30. 2001. Pp. 1-22
- [15] J.A. Guerrero, C. Flores, A. Barba and A. Reyes. "Análisis de desempeño de estándar 802.11p en situaciones de handoff dentro de un entorno de redes vehiculares". XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de Informática y Computación. Pp148-154
- [16] A. Pachón, C.F. Nieto and M.L. Velasco. "Modelos de comportamiento de las redes vehiculares en sus escenarios más representativos, utilizando simulación en la herramienta NCTUns". SISTEMAS & TELEMÁTICA. Junio 2010. Vol. 8 No. 15. Pp. 123-25
- [17] H. Doumenc and J.M. Pena. "Estudio Comparativo De Protocolos De Encaminamiento De Redes Vanet". Proyecto de Fin de Carrera. Junio 2008.
- [18] R. Chen, W. Jin, and A. Regan. "Broadcasting in Vehicular Networks: Issues and Approaches".
- [19] S.Y. Ni, Y.Ch. Tseng, Y.Sh. Chen, and J.P. Sheu. "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network". Wireless Networks Volume 8, Numbers 2-3, 153-167, DOI: 10.1023/A:1013763825347
- [20] M. Saumett and E. Castro "Análisis del Desempeño del Protocolo de Enrutamiento DSR bajo Diferentes Modelos de Movilidad". Épsilon. Bogotá, Colombia. 2007. Pp. 111-123
- [21] J. Bautista, T. Gabarrón and J. García. "Protocolo MAC Basado en Identificadores Para Redes Ad-hoc Vehiculares". Universidad Politécnica de Cartagena. 2009
- [22] www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/317/1/T-ESPE-021354.pdf. [Consulta: 2 de Abril, 2011]
- [23] E. Morgado, A. Camaño and I. Jiménez. "Prestaciones De Las Redes Ad-Hoc Inalámbricas Teoría A Través De Capas". Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos. 2009.
- [24] A. Mercado, R. Berrios and P. Chan. "Redes Inalámbricas Ad Hoc". < bc.inter.edu/facultad/cgonzalezr/ELEN4618/Adhoc.pdf>. [Consulta: 16 de junio, 2011]
- [25] J. C. Cano, C. T. Clafate, M.P. Malimbres and P. Manzoni. "Redes Inalámbricas Ad Hoc como Tecnología de Soporte para la Computación Ubicua". Valencia, España. pp. 1-10. < atc.umh.es/gatcom/Ficheros/Articulos/main_novaticas.pdf> [Consulta: 12 de Mayo, 2011].
- [26] Redes Móviles Ad Hoc. eav.upb.edu.co/banco/files/04CAPITULOS.pdf. [Consulta: 18 de Mayo, 2011]
- [27] R. Santos L and M.C. Domingo. "Simulación de VANETS (Vehicular Ad-Hoc Networks)". Trabajo de Fin de Carrera. España. Noviembre 2007.
- [28] I. Lequerica and I. Cortazar. "Rendimiento de VANETS en Escenarios de Uso Realista". www.tid.es/netvehicles/media/papers07/VANETS.pdf. [Consulta: 2 de Junio, 2011]
- [29] A. Triviño and E. Casilari. "Acceso a Internet desde los Vehículos". Ponencia. España. < aui.es/IMG/ponencia905.pdf>. [Consulta: 15 de Mayo, 2011]