

Vehículos Interconectados: Estado del arte de la Implementación

Mayorga Arias Carlos Julio, Master en Economía¹, Ortíz Jonathan, Master en Matemáticas²

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador, cjmayorgaa@puce.edu.ec

²Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, jonathan.ortiz.c347@gmail.com

Resumen: Con mayor frecuencia salen de fábrica, vehículos con mayores niveles de interconexión, tanto entre dispositivos propios del auto o con dispositivos de los conductores o transeúntes, los nuevos vehículos "inteligentes", incluso prevén poseer tecnología telecomunicacional de punta que les permita interactuar, tanto con el operador humano como con su entorno, en el cual, se incluyen otros vehículos, peatones, o cualquier otra marca vial que permita la autonomía del auto. Esta nueva generación de vehículos, son hoy en día objeto de muchos estudios y se espera así mismo que estos revolucionen la industria del automóvil en un futuro próximo. Proporcionar una variada conectividad inalámbrica para vehículos permite la comunicación entre estos y sus entornos internos y externos. Por otra parte, estos vehículos también tienen la capacidad de conectarse a los puntos de acceso de internet de edificios del entorno o convertirse cada uno en un punto de acceso móvil. Amplias actividades de investigación y numerosas iniciativas industriales han allanado el camino para la próxima era de los vehículos conectados. En este artículo, nos enfocamos en las tecnologías inalámbricas y de los potenciales desafíos que puedan generarse en el desarrollo definitivo de sistemas de interconexión dentro y fuera del automóvil. En particular, discutimos los desafíos y revisamos las soluciones inalámbricas de vanguardia para conectividad entre vehículo y sensor, vehículo y vehículo, vehículo a Internet y vehículo a carretera. También se identifican problemas de investigación futuros para la construcción de vehículos conectados.

Palabras clave: Vehículos Conectados, Internet de Vehículos, Redes de Sensores Intra Vehículos Inalámbricos, Redes Vehiculares, Sistemas Inteligentes de Transporte.

Abstract— *Vehicles with higher levels of interconnection, either between the car's own devices or with drivers or passers-by devices, are more often left in the factory, the new "smart" vehicles even anticipate having state-of-the-art telecommunication technology that allows them to interact, both with the human operator and his environment, which includes other vehicles, pedestrians, or any other road mark that allows the autonomy of the car. This new generation of vehicles is now the subject of many studies and is expected to revolutionize the automobile industry in the near future. Providing a variety of wireless connectivity for vehicles allows communication between these and their internal and external environments. On the other hand, these vehicles also have the ability to connect to the Internet access points of surrounding buildings or each become a mobile access point. Extensive research and numerous industrial initiatives have paved the way for the next era of connected vehicles. In this article, we focus on wireless technologies and the potential challenges that can be generated in the definitive development of interconnection systems inside and outside the car. In particular, we discussed the challenges and reviewed state-of-the-art wireless solutions for connectivity between vehicle and sensor, vehicle and*

vehicle, vehicle to the Internet and vehicle to road. Future research problems are also identified for the construction of connected vehicles.

Keywords: *Connected Vehicles, Vehicle Internet, Intra Wireless Sensor Networks, Vehicular Networks, Intelligent Transport Systems.*

I. INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación, se logró la conectividad entre los vehículos y entre estos y la infraestructura de transporte. Por ejemplo, los detalles de las señales de tránsito o semáforos, además del tiempo, la ubicación y la velocidad de los autos podrían ser fácilmente transmitidos a receptores específicos que pudieran ejercer algún control o monitoreo. Durante las últimas décadas, muchos estudios se han centrado en el tiempo de cambio de las luces en los semáforos para así minimizar el retraso de los vehículos y el consumo de combustible.

Recientemente, diversos investigadores emplearon vehículos no tripulados y autómatas para desarrollar estrategias de conducción ecológica que sean más eficientes en el consumo de combustible.

Hoy en día, las personas esperan más que calidad y fiabilidad de cualquier vehículo nuevo. Con el rápido desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación, se espera que el equipamiento de automóviles con capacidades y dispositivos que permitan la comunicación inalámbrica, sea la próxima frontera para la revolución automovilística.

El término Internet de las Cosas (en inglés, Internet of things, abreviado IoT) se refiere a la arquitectura basada en Internet que facilita el intercambio de servicios, información y datos entre miles de millones de objetos, una gran proporción de estos dispositivos se encuentran incorporados en los automóviles; este tipo de autos con tecnología de interconexión incorporada son proactivos, cooperativos, bien informados y coordinados, pudiendo en la actualidad detectar posibles colisiones, alertar de cambio de carril, control de señales de tráfico así como otros servicios dependientes de la

ubicación como punto de interés y optimización de rutas, además de acceso a Internet en el vehículo.

El IoT proporciona la conexión entre todos estos objetos para facilitar y hacer más cómoda y eficiente la vida de las personas en la mayoría de las situaciones. Dentro de este enfoque, diversos elementos de software y hardware son desarrollados al unísono para así lograr generar el internet de las cosas.

El mercado de vehículos conectados está en auge y, según un reciente informe de negocios, se espera que el mercado mundial de estos, alcance para el año 2019 los USD 131.900 millones.

En términos generales se puede dilucidar que son dos los principales efectores de la incorporación de la conectividad inalámbrica a los vehículos.

La primera es la necesidad urgente de mejorar la eficiencia y la seguridad de los sistemas de transporte por carretera. La creciente urbanización genera una creciente saturación de vehículos en las grandes ciudades, lo cual, es uno de las principales causas del congestionamiento del tráfico, lo cual, posee su incidencia en términos de costos y problemas ambientales.

Las innovaciones para la interconexión de vehículos y su entorno, vislumbran como una alternativa viable para aliviar las congestiones de tráfico a través de control de tráfico inteligente además de la gestión de este, y la mejora de las condiciones de seguridad vial, por medio de avanzados sistemas de conducción y asistencia.

El segundo impulsor, corresponde a la demanda cada vez mayor de datos móviles de usuarios en carretera. En los últimos años, la demanda de servicios de Internet móvil de alta velocidad ha aumentado dramáticamente. Las personas en sus propios coches esperan tener la misma conectividad que tienen en casa y en el trabajo.

La conexión de vehículos a Internet se puede concebir no sólo para satisfacer la demanda de datos móviles, sino también para enriquecer las aplicaciones relacionadas con la seguridad, tales como el diagnóstico en línea y alarmas inteligentes, además del almacenamiento en la nube y en tiempo real datos de conducción y del vehículo.

Los vehículos integrados en Internet ya están en las calles, y se prevé que el porcentaje de servicios integrados de Internet aumentará de un 10% hoy en la actualidad a un 90% en 2020.

Así mismo, la Comisión Europea propuso implementar un sistema "eCall" obligatorio en los automóviles a partir de 2015, mediante el cual, los automóviles pueden establecer automáticamente un enlace telefónico con los servicios de

emergencia en caso de colisiones. No es sorprendente que el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) de la Administración Nacional de Seguridad de Tráfico de Carreteras (NHTSA) anunció recientemente que comenzará a tomar medidas para permitir las comunicaciones entre vehículos ligeros.

Cuando se dice "vehículos interconectados" se hace referencia a vehículos habilitados para la conectividad inalámbrica que pueden comunicarse con sus entornos internos y externos, es decir, que soportan las interacciones de vehículo a vehículo (V2V), vehículo a infraestructura (V2I), infraestructura a vehículo (I2V).

Estas interacciones, que establecen múltiples niveles de flujos de datos en el vehículo, mejoran el conocimiento de la situación de los vehículos y proporcionan a los conductores o pasajeros un entorno de viaje totalmente completo en cuanto a datos e información. Además, los vehículos conectados son considerados como un sistema dinámico de comunicación móvil que puede recolectar, intercambiar, procesar, y liberar de forma segura información que capta o genera del entorno, lo cual facilita la evolución a la próxima generación de Sistemas de Transporte Inteligente.

El desarrollo y despliegue de vehículos totalmente conectados requiere una combinación de varias tecnologías disponibles y emergentes, y existe gran incertidumbre en cuanto a la factibilidad de cada tecnología. En este artículo, nos centramos en las tecnologías inalámbricas, además de presentar una visión general de los avances industriales y académicos para establecer la conectividad entre vehículos y el entorno (V2X).

II. MARCO TEÓRICO/METODOLOGÍA

Las grandes congestiones del tráfico son un importante problema cotidiano, que además genera grandes molestias en la población y retrasos o estancamientos en los comercios, especialmente en zonas urbanas densamente habitadas. Esto provoca retrasos en el tiempo de los recorridos, estrés en los conductores, ruido, problemas en la organización del transporte público y desvíos improvisados de las rutas preestablecidas o más concurridas, altos índices de contaminación del aire, consumo de combustible y energía, entre otros.

Se estima que en los Estados Unidos, los conductores pueden perder anualmente y de manera aproximada unas 6.900 millones de horas y 3.100 millones de galones de combustible (Schrank, Eisele, Lomax, & Bak, 2015). El CEBR (Centre for Economics and Business Research) en el año 2014, emitió un reporte en el cual se pronostica que el costo a causa de los embotellamientos a nivel mundial podría ascender a 293,1 mil millones de dólares en 2030, un poco más del 50% de lo que resultó para el año 2013 (CEBR, 2014).

Otro problema importante con los automóviles son los accidentes de tránsito y sus consecuencias. Según la OMS para el año 2013 en todo el mundo el número total de muertes por accidentes de tráfico reportado fue de al menos 1,2 millones de personas, de las cuales, el 90% ocurrió en países con ingresos económicos medios y bajos, provocando en estos a nivel mundial pérdidas en promedio de al menos el 3% del PIB de cada país (OMS, 2017).

De lo anterior, surge la necesidad de soluciones innovadoras capaces de disminuir la congestión del tráfico, así como el número y las consecuencias de los accidentes. Según Smith, Welch, Webb and White LLC (2016), alrededor del 94% de todos los accidentes automovilísticos en los EE.UU. implican errores humanos, por lo que la eliminación de este factor parece ser la mejor manera de reducir el riesgo de colisiones.

Una solución innovadora para ello es la introducción de vehículos autónomos (autodirigidos) y conectados, capaces de conducir sin acciones humanas y comunicarse entre sí y con la infraestructura vial que se encuentra alrededor de donde transita, esto, con el fin de garantizar la seguridad y la suavidad del tráfico.

Los vehículos autónomos y conectados son hoy en día el área de la investigación extensa. Muchas compañías de la industria automotriz y de tecnologías de la Información (TI) tratan de construir sus propios modelos de automóviles automatizados para desarrollar sus propios estudios, así mismo y de manera simultánea, los esfuerzos de investigación se centran en conocer el impacto de dichos vehículos en el tráfico, la congestión, la seguridad, la sociedad y la economía mundial.

Hay indicios para sospechar que la introducción de vehículos autónomos y conectados puede revolucionar toda el área de transporte, gracias a estos, las personas con discapacidad, ancianos o personas sin licencia de conducir válida, podrían viajar con seguridad a largas distancias. La industria de la logística puede cambiar, los despachos podrían ser entregados a un menor costo y con más rapidez, especialmente en el caso de los envíos terrestres lejanos (por ejemplo de una provincia a otra).

Se estima que los automóviles autodirigidos podrían reducir el número de accidentes en un 90%, ahorrando muchas y millones de dólares en daños. La comunicación V2I puede sustituir totalmente a la actual infraestructura de sensores en las vías, (por ejemplo, radares y cámaras de video). Los automóviles podrían comunicarse con la infraestructura y enviar sus posiciones, velocidades, y rutas al centro de gestión de tráfico, en el cual, poderosos servidores equipados con mapas realistas pueden construir modelos de la situación existente del tráfico en tiempo real y ejecutar simulaciones de tráfico a pequeña escala, con el fin de hacer predicciones de las condiciones del tráfico muy precisas y a corto plazo.

A Bluetooth

Bluetooth es una tecnología inalámbrica de corto alcance basada en el estándar IEEE 802.15.1 y que opera en la banda de frecuencia industrial, científica y médica (2.4 GHz).

Permite la comunicación entre dispositivos portátiles a una velocidad de datos de hasta 3 Mbps, y está altamente comercializado en el área de la electrónica de consumo. Los dispositivos Bluetooth son comunes en los automóviles actuales, como los auriculares Bluetooth y espejo retrovisor. Sin embargo, la transmisión Bluetooth requiere un alto nivel de energía y para que los sensores sean accionados se requiere en extremo del empleo de la batería del automóvil. Además, debido a la escasa escalabilidad, una red Bluetooth sólo puede soportar ocho dispositivos activos (siete dispositivos esclavos y un dispositivo maestro).

B ZigBee:

Una opción para habilitar la conectividad V2S es a través de la tecnología ZigBee, que se basa en el estándar IEEE 802.15.4 y opera en el espectro de radio ISM (868 MHz, 915 MHz y 2,4 GHz).

Investigaciones como las de Agrawal y Saurabh (2017) realizadas recientemente en la India, demuestran la factibilidad de implementación de esta tecnología en vehículos, y los beneficios que estos podrían generar para sectores tan sensibles como el hospitalario, con el cual, se podrían integrar a las ambulancias ciertas ventajas en conductividad que podrían permitir salvar muchas más vidas.

Este estudio demuestra que ZigBee es una solución viable y prometedora para la implementación de una red intra-vehículo

de sensores inalámbricos. ZigBee es de bajo costo y puede proporcionar una velocidad de datos aceptable (250 Kbps en la banda de frecuencia de 2,4 GHz). Sin embargo, el desafío para lograr la armónica integración de los sensores ZigBee al vehículo, es combatir el ruido del motor y la interferencia de los dispositivos Bluetooth.

Noreen y col. (2017) estudiaron el desempeño de diversas redes de sensores intra-vehículo, entre los que se encontraba el sistema ZigBee. En este sistema se demostró que la presencia de interferencias Bluetooth, afecta la interconexión de los sistemas que emplean esta tecnología (ZigBee), por lo cual, esgrimen que la latencia de datos de las aplicaciones de sensores en el vehículo, es un factor de notable consideración por parte de los diseñadores de estas redes.

Para estos investigadores es necesario satisfacer los requisitos de fuerte latencia requeridos por esta tecnología, por medio de protocolos de control de acceso al medio (MAC, por las siglas en inglés, Medium Access Control) basado en una topología en estrella.

C RFID

Ó identificación por radiofrecuencia (del inglés Radio Frequency Identification) La tecnología RFID, fue desarrollada a partir de la última década del siglo pasado, esta tecnología se centra en la identificación sin contacto mediante sistemas de radiofrecuencias que mantienen una comunicación bidireccional en la que se intercambian datos y por el cual se realiza la identificación del objeto (Qing-xue & Jiang, 2017).

La viabilidad de utilizar la tecnología RFID para la construcción de redes de sensores intra-vehículo se sustenta en que cada sensor está equipado con una etiqueta RFID y un lector conectado a la Unidad de Control de Motor (ECU, por las siglas en inglés de Engine Control Unit), la ECU recupera periódicamente los datos detectados enviando un impulso de activación a cada etiqueta (Mohankumar, y otros, 2017).

Parte del estudio de Mohankumar pretendió comprender las capacidades y limitaciones de la tecnología RFID, incluyendo las características de los canales inalámbricos entre el lector y las etiquetas RFID en diferentes ubicaciones de los vehículos, la velocidad de recepción de paquetes y el máximo retardo de los mismos. De ese estudio se desprende que la implementación de sistemas RFID posee beneficios evidentes a la automatización: bajo costo y ningún requerimiento de energía por parte de las etiquetas RFID. Además, los experimentos muestran resultados prometedores en términos de ancho de banda de coherencia y fiabilidad de transmisión.

No obstante, el mismo estudio muestra las principales debilidades de esta tecnología: interrupción de la conexión debida a grandes pérdidas de potencia en algunos lugares y dificultad para garantizar la transmisión de datos críticos

debido a interferencias ocasionadas por transmisiones simultáneas.

En base a lo anterior, estimamos que la solución sugerida más apropiada para abordar los retos planteados es utilizar antenas avanzadas o la tecnología RFID activa y para el segundo desafío, deberían desarrollarse protocolos MAC eficientes y fiables para la red de sensores RFID.

D Ultra-banda ancha

La banda ultra larga (UWB, del inglés Ultra-wideband) se refiere a la tecnología de radio que opera en la banda de frecuencia 3.1-10.6 GHz y puede soportar comunicaciones de corto alcance a una velocidad de transmisión de datos de hasta 480 Mbps ya un nivel de energía muy bajo (Malik, Patnaik, & Kartikeyan, 2017, pág. 6).

Esta tecnología, posee ventajas únicas, tales como la resistencia a desvanecimientos y sombras de señal generadas por otros canales inalámbricos, alta señal para la transferencia de datos, lo que facilita y garantiza el adecuado funcionamiento de aplicaciones de localización y seguimiento, bajo coste y baja complejidad de procesamiento (Reddy, Kamma, Kharche, Mukherjee, & Mishra, 2015).

La UWB ha sido adoptada como una tecnología de capa física (PHY) clave especificada en la ECMA-368 (Ecma International, 2008), e indicada por la *WiMedia Alliance* como dispositivo apropiado para incorporar en el interior de los vehículos (WiMedia, 2015).

El diseño e implementación de una UWB dentro de los vehículos UWB permite entre tantas cosas, transmitir de manera eficiente las velocidades de las ruedas de los vehículos en movimiento, los sensores logran transmitir a alta velocidad los datos de cada neumático a un dispositivo receptor (Niu, Li, Liu, & Talty, 2007).

El resultado de las mediciones realizadas por Niu y col. (2007), muestra una alta fiabilidad de entrega de datos. La mayoría de los trabajos existentes tienen por objeto proponer modelos apropiados que puedan captar eficientemente los datos recogidos por un sensor en particular dentro del vehículo de manera adecuada (Askari & Kamarei, 2017; Ellassali, y otros, 2017).

E 60 GHz Millimeter Wave

Las comunicaciones a una banda de 60 GHz, a menudo denominadas comunicaciones de onda milimétrica (mmWave), abren otra vía para construir conectividad intra-vehículo.

Esta tecnología opera en la banda de frecuencia ubicada entre 57 y 64 GHz, las mismas, pueden soportar conexiones inalámbricas multi-Gbps de corto rango en aplicaciones multimedia que requieran un amplio ancho de banda (Wu, y otros, 2017).

La capa PHY basada en mmWave se ha especificado en IEEE 802.15.3c (IEEE, 2009) y IEEE 802.11ad (IEEE, 2012). Recientemente se ha generado un creciente interés en la investigación sobre las aplicaciones de la tecnología mmWave en la transmisión multimedia dentro de los vehículos, entre estas, la transmisión de vídeo de alta definición para los monitores de asiento en los autos (Zhang, Zhang, Fang, Yang, & Shen, 2017).

Los resultados de los recientes estudios previamente citados, muestran que mmWave es una solución inalámbrica prometedora para transmisiones multimedia dentro de los vehículos.

F Automóviles autónomos y conectados

Los experimentos con autos autónomos y conectados se han realizado desde por lo menos 1925, cuando un coche sin conductor estaba conduciendo en las calles de Milwaukee (Drury, Lucia, & Caruso, 2017).

Sin embargo, el automóvil no era verdaderamente autónomo, fue conducido por radio desde otro vehículo (actualmente sería considerado como un caso de comunicación entre vehículos, o, V2V).

Los primeros enfoques de la conducción autónoma, incluso fueron avanzados para la época donde surgieron, se basaban en las redes neuronales (Guidolini, De Souza, Mutz, & Badue, 2017). En la actualidad es común ver en la prensa noticias sobre la conducción de vehículos autónomos en las carreteras de diversos países, a los cuales, los respectivos gobiernos han entregado las respectivas concesiones para que puedan ejecutar dichas pruebas.

Existen interesantes proyectos con el objetivo de demostrar el potencial de vehículos autónomos, por ejemplo, CityMobil2 (2016), Beta City Initiative (Dallke, 2015). Sin embargo, y a pesar de todos estos proyectos y de lo común que pudiera resultar para los residentes de algún país o región, observar por las calles autos sin conductores, estos, todavía no son totalmente automáticos.

La NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), propone una clasificación formal de la automatización, desde el Nivel 0 (Sin Automatización) hasta el Nivel 4 (Automatización Total) (NHTSA, 2016).

En nuestra investigación nos centramos en modelos en los que no se requiere control del conductor (nivel 4 de automatización), sin embargo, solo se abordan para el análisis las maniobras estándar, por lo que los resultados de nuestra investigación también pueden aplicarse a la automatización del nivel 3.

Los vehículos autónomos exploran el área circundante para detectar otros vehículos y obstáculos, pero el alcance de tal detección es relativamente bajo y las computadoras de a bordo tienen que interpretar los datos percibidos de forma rápida y correcta.

En la Figura 1 se muestran las diversas interacciones entre los vehículos automatizados

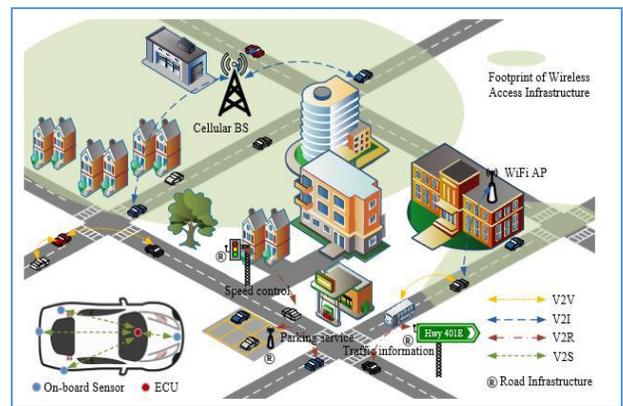


Fig 1 Niveles de Interconexión entre vehículos. Fuente: (VANETs, 2017)

G Conexión de vehículos

1) Conectividad intra vehicular

Con el aumento de la inteligencia, los vehículos modernos están equipados con más y más sensores, como los destinados a detectar las condiciones del camino y la fatiga del conductor, sensores para controlar la presión de los neumáticos y la temperatura del agua en el sistema de refrigeración y sensores avanzados para control autónomo (Anaya, 2016), y se prevé que el número de sensores en los próximos años incremente notablemente para el 2020.

Para lograr una completa automatización de los autos, se requiere una cantidad grande de elementos de detección para logre informarse efectivamente a las ECU de todos los pormenores dentro y fuera del vehículo y recibir retroalimentación si es necesario.

Para ello, debe diseñarse cuidadosamente una red de comunicación intra-vehículo. Las soluciones cableadas, como el protocolo de la red de área de controlador (CAN), FlexRay y TTEthernet, requieren conexiones de cable entre la ECU y los sensores (Anaya, 2016).

Los cables y otros accesorios hoy en día pueden agregar un peso significativo a los carros automatizados, por otra parte, la instalación y el mantenimiento de muchos de los sensores disponibles en el mercado representarían dificultades técnicas en la instalación debido a la incorporación de cableados adicionales.

Los avances recientes en tecnologías de comunicaciones y redes de sensores inalámbricos han allanado el camino para acceder a una alternativa de instalación adecuada, donde la ECU y los emisores-receptores, están compuestos por una red de sensores inalámbricos dentro del vehículo, lo que lleva a una reducción significativa del coste y la complejidad del despliegue. Existen múltiples tecnologías inalámbricas candidatas para construir redes de sensores inalámbricos intra vehiculares, además que la viabilidad de diferentes opciones inalámbricas para los habitáculos de los vehículos ha sido un foco reciente de investigaciones (Anaya, 2016).

G Características y desafíos

A diferencia de las redes de sensores inalámbricos genéricos, las redes de sensores inalámbricos intra vehiculares muestran características únicas que proporcionan el espacio necesario para la optimización de dichos sistemas. Los sensores son estacionarios, de modo que la topología de la red no cambia con el tiempo y los mismos, están típicamente conectados a la ECU a través de un salto, lo que genera una simple topología en estrella.

H Conectividad entre vehículos

Se cree ampliamente, que los avances de las comunicaciones entre vehículos rediseñarán el futuro de los sistemas de transporte por carretera, donde los vehículos interconectados ya no son islas aisladas de la información.

Por medio de las comunicaciones entre vehículos o las comunicaciones V2V, la información generada por el ordenador del vehículo, el sistema de control, los sensores a bordo o los pasajeros pueden difundirse de forma eficaz entre los vehículos cercanos o a través de redes ad hoc específicamente diseñadas para vehículos (VANET) (Anaya, 2016).

Además, dado que es una tecnología en auge, todavía deben desarrollarse e instalarse otras infraestructuras de comunicación externas a los autos, que en muchos casos sería fija en el terreno, y que se encargue de la detección de colisión, alertas de cambio de carril, además de aplicaciones de información y entretenimiento como por ejemplo, juegos interactivos internet entre otros, los cuales, se interconectarían con los sensores de los vehículos y complementarían el entorno automatizado de estos.

I Características y desafíos

Las VANETs y sobre cómo establecer vínculos inalámbricos eficientes y confiables han atraído la atención de gran cantidad de investigadores en el tema durante muchos años, convirtiéndose esta área en un importante foco de investigaciones.

El principal desafío es combatir el agreste ambiente de las interconexiones y las telecomunicaciones en entornos urbanos. En los escenarios urbanos, la pérdida de la línea de visión (LOS, por las siglas en inglés de line-of sight), es decir de la interconexión directa entre el emisor y el receptor de una señal, en las comunicaciones V2V es común debido a la interferencia generada por edificaciones. Mientras que en una autopista, los camiones, por su gran tamaño, podrían generar algún tipo de atenuación significativa de señal y la consecuente pérdida de paquetes, trabajos en este estilo todavía deben generarse para buscar posibles soluciones a lo que se plantea.

Lo anterior, es preponderante para alcanzar el diseño de sistemas de comunicación V2V confiables. Una posible alternativa a corto plazo para solventar estos problemas, podría ser la inclusión de múltiples antenas dentro o fuera del vehículo, estas antenas externas también se podrían duplicar en el camino, a modo de repetidoras, con las que se mantenga eficientemente el intercambio de paquetes de datos.

Desde una perspectiva de red, en comparación con los típicos sistemas de comunicación móvil nómada de baja velocidad, las VANET también presentan características únicas que tienen un impacto significativo en la conectividad entre vehículos. La topología de la red cambia con frecuencia y muy

rápido debido a la alta movilidad del vehículo y a las diferentes trayectorias de movimiento de cada vehículo.

Debido a la alta dinámica de la topología de red y el alcance limitado de la comunicación V2V, podría ocurrir frecuentemente caídas en la conexión, lo que resulta en desconexiones de flujo de datos.

J Parámetro del sistema

1) Comunicaciones de corto alcance dedicadas

Las comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) son una tecnología inalámbrica clave que permite la comunicación V2V y V2R (Anaya, 2016). La Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC) ha asignado un ancho de banda de 75 MHz a 5,9 GHz para DSRC (FCC, 2004).

El ancho de banda dedicado se divide además en siete canales para soportar además de los servicios civiles, los de seguridad. Así mismo, se especifican las especificaciones de DSRC requeridas, en el estándar IEEE para acceso inalámbrico en entornos vehiculares (WAVE), en el cual se incluyen las normas IEEE 802.11p para capas PHY y MAC y las de la familia IEEE 1609 para capas superiores.

Muchos fabricantes de automoción y TIC, además del entorno académico y de los gobiernos han respondido de manera positiva a estas iniciativas, y se encuentran trabajando activamente y en colaboración para desarrollar completamente esta prometedora tecnología.

De Igual forma, es notable el esfuerzo de muchos centros de investigación así como el de investigadores, que en los últimos dos años han generado una inmensa cantidad de estudios destinados a caracterizar todas las propiedades de comunicación de los DSRC y mejorar el rendimiento de las mismas, tanto en la capa PHY como en la capa MAC.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

K Acceso dinámico al espectro

A pesar del amplio espectro de las DSRC, las comunicaciones V2V aún enfrentan el problema de la escasez de espectro debido a las siguientes razones:

- Las aplicaciones de infotainment (Información y entretenimiento) cada vez son más, lo cual implica la generación de una mayor transmisión de datos de alta calidad en diversos entornos que para la sociedad actual son cotidianos, entre estos se encuentran los espacios internos de los vehículos debido a la gran cantidad de horas que los humanos pasan dentro de los mismos, por lo cual, se requiere una gran cantidad

de recursos además que la QoS es difícil de satisfacer simplemente por el ancho de banda dedicado.

- En los entornos urbanos, la escasez del espectro es más severa debido a la elevada densidad de vehículos, especialmente en algunos lugares y horas del día, donde la densidad vehicular es mucho más alta de lo normal.

Lo anteriormente expuesto, induce a asumir que para solventar los problemas planteados, deben utilizarse diferentes tipos de conectividades, como por ejemplo, vehículo a vehículo, vehículo a sensor, vehículo a carretera y vehículo a la infraestructura vial, a fin de lograr integrar todos los sistemas de los vehículos, y asegurar, que en base a la garantía de recepción íntegra de datos, que bien pueden ser del propio vehículo, de sus ocupantes o de todos los elementos bien sean humanos o no que se encuentren fuera del vehículo automatizado, dicha automatización sea efectiva y práctica.

IV. CONCLUSIONES

En este artículo hemos presentado una visión general de las soluciones inalámbricas de vanguardia a la conectividad de infraestructura V2S, V2V, V2I y V2R. Hemos discutido los retos potenciales e identificado el espacio para futuras mejoras. Para habilitar varias conectividades inalámbricas, se deben implementar múltiples interfaces de radio, como las interfaces DSRC/WAVE, WiFi y 3G/4G-LTE, lo que puede ocasionar un alto costo y, por lo tanto, impedir el desarrollo de vehículos conectados.

Se requiere de la unificación de tecnologías, de tal manera, que se logre proporcionar conectividades V2X de bajo costo.

REFERENCES

- [1] Agrawal, A., & Saurabh, S. Traffic Control System using Zigbee Module. International Journal of Engineering Science and Computing, 11150-11153. (2017).
- [2] Anaya, J. Sistemas de comunicaciones V2X para vehículos inteligentes como soportes para sistemas cooperativos. Madrid: Repositorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos (Tesis Doctoral). (2016).
- [3] Askari, G., & Kamarei, M. Design, analysis and implementation of Ultrahigh Data Rate UWB six-port receiver up to 7 Gbps For 5 G New Spectrum Radio Access and car. Progress In Electromagnetics Research B, 73, 31-48. (2017).
- [4] CEBR. The future economic and environmental costs of gridlock in 2030. An assessment of the direct and indirect economic and environmental costs of idling in road traffic congestion to households in the UK, France, Germany and the USA. Londres: CEBR-INRIX. (2014).
- [5] CityMobil2 Project. CityMobil2 Project. Obtenido de Web de CityMobil2 Project: www.citymobil2.eu/en/upload/Deliverables/PU/CityMobil2%20booklet%20web%20final_17%2011%202016.pdf (2016).

- [6] Dallke, J. Chicago Is Identifying ‘Innovation Zones’ to Test Driverless Cars in Mayor’s New Beta City Initiative. Obtenido de Web de AMERICANINNO: <https://www.americaninno.com/chicago/first-look/chicago-is-identifying-innovation-zones-to-test-driverless-cars-in-mayors-new-beta-city-initiative/> (1 de septiembre de 2015).
- [7] Drury, M., Lucia, J., & Caruso, V. Autonomous Vehicles: An Ethical Theory to Guide Their Future. *Lehigh Review*, 25, 37-49. (2017).
- [8] Ecma International. Standard ECMA-368: High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard. Geneva: Ecma International. (2008).
- [9] Ellassali, M., Hamidoun, K., Elhillali, Y., Reving, A., Elbahhar, F., Elbaamrani, K., & Maatougui, L. Performance Evaluation of High Data Rate M-OAM UWB Physical Layer for Intelligent Transportation Systems. *Wireless Personal Communications*, 94(4), 3265–3283. (2017).
- [10] FCC. Federal Communications Commission FCC 03-324. Washington: FCC. (2004).
- [11] Guidolini, R., De Souza, A., Mutz, F., & Badue, C. Neural-Based Model Predictive Control for Tackling Steering Delays of Autonomous Cars. International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) (págs. 4324-4331). Anchorage: IJCNN. (2017).
- [12] IEEE. Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 15.3: Amendment 2: Millimeter-wave-based Alternative Physical Layer Extension in IEEE Std 802.15.3c-2009 (Amendment to IEEE Std 802.15.3-2003) . IEEE Standard for Information technology. (2009).
- [13] IEEE. Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 3: Enhancements for Very High Thro. IEEE Standard for Information technology. (2012).
- [14] Malik, J., Patnaik, A., & Kartikeyan, M. Compact Antennas for High Data Rate Communication: Ultra-wideband (UWB) and Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO) Technology. Cham: Springer. (2017).
- [15] Mohankumar, S., Gobinath, V., Rajarathnam, D., Selvan, B., Kumar, M., Kumar, K., & Chandran, J. Design of Employee Attendance Monitoring System by Using Radio Frequency Identity Cards. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(3), 1693-1695. (2017).
- [16] NHTSA. Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles. Washington: NHTSA. (2016).
- [17] Niu, W., Li, J., Liu, S., & Talty, T. Intra-Vehicle Ultra-Wideband Communication Testbed. Military Communications Conference (MILCOM 2007). Orlando: IEEE. (2007).
- [18] Noreen, U., Bounceur, A., & Clavier, L. (2017). Modeling Interference for Wireless Sensor Network Simulators. Proceedings of the International Conference on Future Networks and Distributed Systems (ICFNDS '17) (pág. 6 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3102304.3102347>). NY, USA, Article 43.: ACM.
- [19] OMS. (2017). Muerte en la Carretera. A partir del Informe sobre la situación mundial de la seguridadvial Obtenido de Web de la Organización Mundial de la Salud: <http://roads.live.kiln.digital/?lang=es#deaths> 2015.
- [20] Qing-xue, Y., & Jiang, Z. RFID Assisted Intelligent Vehicle Communication Management System. 3rd International Conference on Social Science, Management and Economics (SSME 2017), (págs. 444-449). Guangzhou. (2017).
- [21] Reddy, G., Kamma, A., Kharche, S., Mukherjee, S., & Mishra, S. Cross-configured directional UWB antennas for multi directional pattern diversity characteristics. *EEE Trans. Antennas Propag.*, 63(2), 853–858. (2015).
- [22] Schrank, D., Eisele, B., Lomax, T., & Bak, J. (2015 Urban Mobility Scorecard. Texas: Texas A&M Transportation Institute and INRIX. 2015).
- [23] Smith, Welch, Webb and White LLC. New Data Shows 94 Percent of Car Accidents Caused by Human Error. Obtenido de Web de Smith, Welch, Webb and White LLC: http://southsideinjuryattorneys.com/lawyer/2016/07/21/Personal-Injury/New-Data-Shows-94-Percent-of-Car-Accidents-Caused-by-Human-Error_bl25860.htm (21 de Julio de 2016).
- [24] VANETs. Security and Privacy in Vehicular Ad Hoc Networks. Obtenido de Web de VANETs: https://ece.uwaterloo.ca/~kan.yang/security_bbcr/img/VANET.jpg (2017).
- [25] WiMedia. WiMedia Specifications. Obtenido de Web de WiMedia Alliance: <http://www.wimedia.org/en/specs.asp> (2015).
- [26] Wu, X., Wang, C.-X., Sun, J., Huang, J., Feng, R., Yang, Y., & Ge, X 60 GHz Millimeter-Wave Channel Measurements and Modeling for Indoor Office Environments. *IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION*, 65(4). (2017).
- [27] Zhang, S., Zhang, N., Fang, X., Yang, P., & Shen, X. Self-Sustaining Caching Stations: Toward Cost-Effective 5G-Enabled Vehicular Networks. *IEEE Communications Magazine*, 99, 2-8. (2017).