



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**V2X MÓDULO DE COMUNICACIONES ENTRE VEHÍCULOS
AUTOMATIZADOS Y SEMI-AUTOMATIZADOS**

Por:
Carlos Eduardo Hidalgo Viera

PROYECTO DE GRADO
Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al Título de
Ingeniero Electrónico

Sartenejas, en algún momento de 2018



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**V2X MÓDULO DE COMUNICACIONES ENTRE VEHÍCULOS
AUTOMATIZADOS Y SEMI-AUTOMATIZADOS**

Por:
Carlos Eduardo Hidalgo Vieira

Realizado con la asesoría de:
Gerardo Fernández-López
Joshué Manuel Pérez Rastelli

PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al Título de
Ingeniero Electrónico

Sartenejas, en algún momento de 2018

Capítulo 1

Introducción

1.1. Antecedentes

El hombre en la búsqueda de sasear su hambre de conocimiento, ha logrado obtener grandes avances en todas las áreas que ha descubierto y así, con el pasar de los años ha podido solucionar problemas que parecían casi imposibles, mejorar los inventos que se pensaban como óptimos, y crear lo que una vez parecía inimaginable.

Un claro ejemplo de esta gran cualidad, es la invención del automóvil, el cual llegó como solución al problema de la movilización por tierra, de una forma más cómoda y práctica. Dicho problema no se resolvió hasta que el ingeniero alemán Karl Friedrich Benz creó el primer automóvil en 1885, abriendo de esta forma, las puertas a un nuevo mundo para la investigación.

A partir de esta invención, lo que se ha buscado es mejorar su calidad, así como la experiencia en su utilización. En este ámbito es donde entran los vehículos autónomos, buscando resolver cualquier problema relacionado con dicho tema. Siendo en 1939 su primera aparición,

el diseñador industrial Norman Bel Geddes, presentó en la feria de muestras Futurama, varios modelos de carreteras automáticas, que infundían energía a vehículos eléctricos controlados por radio. Más tarde en la década de los 60, un equipo de investigadores alemanes construyó el primer carro completamente robotizado, el cual hizo uso de visión sacádica, cálculos probabilísticos y computación paralela, para resolver distintos problemas simultáneamente. Ya con las investigaciones un poco más avanzadas, varios países europeos decidieron enfocarse más en la investigación de los vehículos autónomos, consiguiendo de esta forma un gran progreso en temas de seguridad, confort e inteligencia, pudiendo ser apreciados en un vehículo construido por la Mercedes Benz en 1994, el cual recorrió más de 1.000 km en París logrando adelantar vehículos, y alcanzar velocidades cercanas a los 130 km/h (1).

De estos progresos se pueden destacar los sistemas avanzados de asistencia al conductor, *ADAS* (del inglés, *Advanced Driver Assistance Systems*), los cuales se enfocan en garantizar la seguridad y aumentar el confort a la hora de conducir, con el fin de poder reducir el número de accidentes. Estos sistemas fueron introducidos por primera vez en 1986, en el que varios institutos de Europa, formaron la iniciativa Prometheus, buscando soluciones prácticas a problemas de tráfico urbano. Los sistemas ADAS emplean en su mayoría un conjunto de subsistemas enfocados a la interacción con el usuario, de los cuales se pueden nombrar: los sistemas de velocidad de cruce autónomo, sistemas de advertencia de conducción incorrecta, detector de cambio de carril, sistemas anticollisión, entre otros (2).

Por otro lado, englobando todo lo que se refiere a transporte se encuentran los sistemas de transporte inteligente, ITS (del inglés, *Intelligent Transport System*), los cuales se presentan como una combinación de distintos sistemas avanzados de información, comunicación y control aplicados tanto a vehículos como a infraestructuras (3). Al acondicionar no solo

los vehículos sino también las infraestructuras se obtiene como resultado que la cantidad de problemas a resolver son menores, ya que las mismas se pueden encargar de situaciones que estén fuera del alcance de los vehículos, como por ejemplo la coordinación de los mismos en momentos de una intersección, así como también optimizar una cierta cantidad procesos, como lo pueden ser el cobro electrónico de peajes, el control de disponibilidad y ubicación de puestos en un estacionamiento, entre otros.

Con el pasar del tiempo el tema de los vehículos autónomos ha ido cobrando mucha importancia, pudiéndose ver en el hecho de que cada vez más empresas, universidades e institutos se han dedicado al desarrollo y optimización de los mismos, un ejemplo son los institutos dedicados a las telecomunicaciones, como el instituto europeo de normas de telecomunicaciones, ETSI (del inglés, *European Telecommunications Standards Institute*), el cual diseñó los estándares europeos por los cuales se rigen las comunicaciones vehiculares, lo que hace posible que se lleve a cabo de forma efectiva la conexión entre vehículos e infraestructuras.

Otro ejemplo que se puede resaltar es la corporación *TECNALIA Research & Innovation*, la cual a través de esfuerzo, tiempo y dinero ha colaborado con el desarrollo de los ITS, y de esta forma acelerar la llegada de estos sistemas al mundo comercial.

El presente proyecto busca desarrollar un sistema de comunicación entre vehículo e infraestructura empleando elementos comerciales, el cual pueda ser utilizado para validar distintas maniobras cooperativas en distintos ambientes de pruebas, presentes en las instalaciones de la corporación *Tecnalia Research & Innovation*.

1.2. Justificación y Planteamiento del Problema

En la actualidad, más de 1,25 millones de personas mueren cada año como consecuencia de accidentes de tránsito, y aproximadamente 50 millones sufren traumatismos no mortales, los cuales pueden llegar a producir alguna discapacidad (1P). Dichos siniestros son causados, en su mayoría por la imprudencia del ser humano. Si no se toman medidas correctivas se espera que estas cifras tan alarmantes aumenten para el año 2030, de tal forma que se conviertan la séptima causa de muerte en el mundo. Es por eso que la organización de las naciones unidas, ONU (del inglés, *Organization of United Nation*) adoptó *La agenda 2030* para el desarrollo sostenible, donde se espera que para el 2020 se disminuyan estos números a la mitad, a través de distintos planes.

Para apoyar estas soluciones que se pretenden poner en práctica, el desarrollo e implementación de los ITS juegan un papel muy importante, ya que los mismos buscan solventar los fallos del ser humano, ya sea mediante acciones pasivas, como lo puede ser una simple notificación al conductor de alguna falla o infracción que este cometiendo, o mediante acciones activas, como lo puede ser tomar el control del vehículo, en caso de una emergencia. Para lograr que se puedan realizar efectivamente estas labores, cada uno de los sistemas integrados en los ITS deben de ofrecer el mejor rendimiento, es por esta razón que los estudios actualmente se centran en la mejora de dichos sistemas.

De estos sistemas se pueden destacar los relacionados al área de las comunicaciones, los cuales son los encargados de conectar vehículos, peatones e infraestructuras entre sí, y que de esta forma se puedan intercambiar distintos datos, como por ejemplo velocidad, posición, aceleraciones, etc, así como mensajes de advertencia de siniestros, riesgos, entre otros. A su

vez, los sistemas de comunicación dan paso a los sistemas cooperativos, los cuales poseen un extenso campo de aplicaciones, donde se pueden resaltar las que involucran maniobras con más de un vehículo.

El desarrollo de los ITS puede llegar a ser muy complicado y en casos muy peligroso, si se toma en cuenta el hecho de que actualmente los avances no solo están enfocados para mejorar el desempeño del vehículo como individuo, si no como conjunto, es decir, están más centrados en la mejora de la interacción de los mismos con su entorno. Es en este escenario donde entran centros de investigación como TecNALIA, que con sus esfuerzos buscan formas más seguras de poder desarrollar estos sistemas, muestra de esto es el simulador Dynacar, el cual permite realizar la simulación de los vehículos en distintas situaciones, asegurándose de esta forma que el vehículo cumpla con los objetivos propuestos antes de ser probado en la realidad, reduciendo de esta forma los riesgos que pueda generar la prueba planteada.

Sin embargo, Dynacar es un simulador aún en desarrollo, lo que implica que carece de todos los componentes necesarios para probar todos los escenarios conocidos. Dentro de estas carencias se encuentra la falta de un sistema de comunicación que permita probar varias maniobras cooperativas en más de una computadora. Es por esta razón que el presente trabajo tiene como finalidad, desarrollar un sistema de comunicación de bajo coste que permita la realización de distintas maniobras que involucren más de un vehículo, las cuales puedan ser probadas primero en el simulador Dynacar, para luego ser llevadas a cabo en la realidad con carros de verdad y más aún que permita la prueba de estas maniobras en un entorno combinado entre vehículos reales y vehículos virtuales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Implementar un sistema de comunicación entre infraestructura y vehículo, con el fin de que se puedan realizar distintas maniobras cooperativas en distintos ambientes de prueba.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Revisar el estado del arte de los vehículos autónomos, haciendo énfasis en las comunicaciones entre infraestructuras y vehículos.
- Desarrollar e implementar un sistema de monitoreo de vehículos empleando el simulador Dynacar.
- Desarrollar e implementar un sistema de comunicación efectivo entre vehículos infraestructuras.
- Elaborar e implementar los respectivos controladores para las maniobras cooperativas.
- Probar las maniobras cooperativas en los distintos entornos.
- Realizar el informe final así como la debida documentación de cada bloque realizado.

1.4. Estructura del Trabajo

Habiendo realizado la respectiva introducción al problema a tratar en el proyecto, así como los objetivos de este, a continuación se presentarán 7 capítulos más con sus respectivos resúmenes.

En el capítulo 2, se presentará una descripción del instituto receptor, *TECNALIA Research & Innovation*, exponiendo su historia y una breve presentación del equipo de Automated Driving, con el cual se realizó este proyecto, dando a conocer sus objetivos y los vehículos que cuenta.

La revisión del estado del arte es expuesta en el capítulo 3, donde se tocan distintos conceptos relacionados con temas de comunicación, y de vehículos autónomos, buscando una mejor comprensión del proyecto. Luego se habla sobre los sistemas de comunicación, tanto vehiculares, como comerciales. Seguidamente se presenta una descripción de los sistemas cooperativos, así como una lista de las maniobras cooperativas realizadas, dejando de último descripción de la estrategia de control empleada, que en este caso fue la lógica borrosa.

En el capítulo 4, se hará una descripción del software a emplear, Matlab, así como también del simulador Dynacar, haciendo énfasis en su arquitectura y distintos componentes.

El capítulo 5, se describe el sistema de comunicación elaborado, en donde primero se analizarán las razones por las cuales se empleó el sistema de comunicación comercial, para luego describir los bloques realizados en Matlab para el simulador Dynacar, junto con su respectivo análisis de rendimiento.

En el capítulo 6, se presentarán las maniobras cooperativas realizadas, ACC, el control lateral, Stop and Go, y el ACC más el control lateral. En el caso de las dos primeras se describirán los algoritmos de control, así como su implementación en Dynacar y con sus respectivas pruebas, mientras que, para las dos últimas solo se describirán las pruebas realizadas con dichas maniobras.

En el capítulo 7, se presentarán los resultados obtenidos al realizar las respectivas pruebas de cada maniobra en los entornos de prueba, los cuales son: Comunicación PC-PC, Vehículo-Vehículo y Vehículo-PC.

En el capítulo 8, se presentarán las conclusiones del trabajo, así como los trabajos a futuro que se puedan realizar teniendo como base el presentado.