

Sistema automático de evitación de colisiones basado en un cálculo preciso del tiempo restante para el impacto

F. Jiménez Alonso⁽¹⁾, O. Gómez Casado⁽¹⁾, J. E. Naranjo Hernández⁽²⁾

(1) Dpto. de Ingeniería Mecánica y Fabricación. Universidad Politécnica de Madrid
felipe.jimenez@upm.es

(2) Dpto. de Sistemas Inteligentes Aplicados. Universidad Politécnica de Madrid

Entre los sistemas de seguridad orientados a evitar el accidente (seguridad activa) o los orientados a reducir sus consecuencias (seguridad pasiva), en los modelos de seguridad integrada, se han definido aquellos sistemas que, empleando información propia de sistemas de seguridad activa, actúan sobre los de seguridad pasiva. De esta forma, es posible tomar medidas con antelación, permitiendo acciones que no se podrían contemplar de otra manera o mejorando la efectividad de medidas más convencionales.

En estos sistemas resulta crucial discriminar las características de los obstáculos detectados, su cinemática y las características de un posible impacto (como punto y ángulo de colisión). Asimismo, debe conocerse si una colisión es evitable o no, y cuánto tiempo resta para el impacto una vez identificado un obstáculo y su cinemática. En este artículo, se presenta la implementación de un método preciso de cálculo del TTC (Time-to-collision) en un sistema de evitación de colisiones embarcado, solventando las carencias de otros algoritmos más simplificados que pueden conducir a falsos positivos o falsos negativos que disminuirían la efectividad de estos sistemas.

Este tiempo se calcula de forma continua en cuanto se detecta un obstáculo y se va evaluando las diferentes acciones que se pueden adoptar para evitar la colisión, así como si las acciones que toma el conductor son apropiadas para ello. En caso de no serlo, se emiten los avisos correspondientes, hasta alcanzar un umbral de tiempo para la colisión por debajo del cual debe actuar el vehículo de forma automática. Las actuaciones previstas son sobre los pedales y el volante. Para ello, se ha implementado un sistema de control automático de estos mandos en un turismo. Estas actuaciones son controladas por el sistema de control de más alto nivel que evalúa los obstáculos y el tiempo para la colisión.

1. INTRODUCCIÓN

Los datos de accidentes de tráfico han demostrado una clara reducción de los accidentes en los últimos años. Esta reducción se ha logrado mediante la introducción de medidas que afectan a todas las áreas de transporte por carretera (infraestructura, vehículo y conductor) [1]. Quizás, donde estos avances son más evidentes es en el área relacionada con los vehículos donde se han introducido numerosos sistemas de seguridad. Se estima que el 90% de los accidentes son causados por error humano, principalmente debido a las distracciones, error de juicio o la falta de conocimiento de la situación [2]. Así, se están introduciendo sistemas para ayudar a mejorar la percepción de los conductores, y los sistemas que procesan la información y alertan al conductor de posibles riesgos e incluso intervienen en caso necesario.

Podemos distinguir los sistemas de seguridad primaria que están diseñados para evitar accidentes, y los sistemas de seguridad secundaria que tratan de reducir las consecuencias de dichos accidentes. Con el fin de mejorar los modelos integrados de seguridad de vehículos de carretera, se ha definido una fase de interacción entre los sistemas de seguridad primaria y secundaria [3]. Por lo tanto, existe también un grupo de sistemas de seguridad, sistemas pre-colisión, que reutilizan la información proporcionada por los sistemas primarios para lograr los objetivos de los sistemas de seguridad primaria y secundaria. Estos sistemas utilizan la información capturada por los sensores de modo que puedan actuar sobre el control y los sistemas de protección con el fin de reducir la

probabilidad y consecuencias del accidente. Permiten la adopción de medidas con una cierta antelación, permitiendo nuevas medidas y/o aumentar su eficacia de otras. Algunas de las acciones son frenado automático, acción automática en el sistema de dirección para mejorar el ángulo de impacto, la activación del pretensor, la preparación de airbags y las medidas para mejorar la compatibilidad entre los vehículos tales como parachoques extensibles, el control de la suspensión en altura, etc, o la implementación de medidas para minimizar los efectos de los atropellos.

Varios proyectos han desarrollado este tipo de sistemas. En concreto, por ejemplo, se puede mencionar el Proyecto Integrado PREVENT [4] dentro del Sexto Programa Marco, que incluye varios sub-proyectos en los que se considera la fusión de datos para representar el entorno para que se puedan tomar medidas antes de la colisión. El WG19 del EEVC (European Enhanced Vehicle-safety Committee) ha llevado a cabo un intensivo trabajo de revisión [5].

La evaluación de la eficacia de las limitaciones y posibles de los sistemas de pre-colisión se ha estudiado en varios proyectos tales como el proyecto europeo, ASSESS [6]. El objetivo principal es desarrollar procedimientos estandarizados de evaluación dirigidos a los sistemas pre-colisión frontales. Las herramientas de evaluación proporcionan recomendaciones para facilitar la aplicación de las tecnologías más importantes e identificar las barreras de los sistemas integrados de seguridad. Con la acción temprana, la eficacia de los sistemas de seguridad secundaria se puede aumentar en un 10% [7] y, por otra parte, se estima que, en la actualidad, sólo el 50% del potencial de los sistemas de seguridad primaria ha sido utilizada. Se debe tener en cuenta que, si se dispone de medio segundo más, el 60% de los accidentes podrían evitarse y con un segundo, esta cifra podría alcanzar el 90%. De acuerdo con esto, y teniendo en cuenta que en 2 terceras partes de los accidentes hay mayores tiempos entre el evento de disparo del sistema y el impacto, es claramente posible tomar medidas. En [8], los autores examinaron los efectos de los sistemas de pre-colisión en 50 escenarios de accidentes. Se consideran acciones como avisos sonoros, visuales y táctiles, y frenada de forma automática en caso necesario. Diversos estudios muestran que el sistema podría haber evitado el 38% de los accidentes, con una reducción del 44% en la probabilidad de tener resultados fatales. Otro estudio realizado por Daimler Chrysler y Mercedes [9] sugiere una reducción de 30-50% en lesiones en la cabeza y el 20-40% de lesiones en el cuello.

Por otra parte, es necesario el desarrollo de sensores y algoritmos para la detección de una colisión inminente [10], estimando el tiempo para que suceda, y, finalmente, decidir cuándo se hace inevitable. Un aspecto clave en estos sistemas es la decisión de si la colisión es inevitable o no, ya que condiciona el tipo de acción que debe tomar el vehículo de forma automática (acciones reversibles o irreversibles). A partir del análisis en tiempo real de la situación, el sistema debe calcular el TTC (Time-to-Collision) y comparar con el TTA (Time-to-Avoidance). Otros datos de interés son la velocidad relativa de impacto, la probabilidad de ocurrencia, su ubicación, características de la masa y la rigidez del obstáculo y su identificación [5]. Estas necesidades determinan las especificaciones de los sensores y, a menudo, implican la fusión de datos para obtener resultados sólidos y fiables.

En este artículo se presenta un algoritmo mejorado para el cálculo de TTC que permite reducir los falsos positivos o negativos. De igual forma, este algoritmo se ha implementado sobre un vehículo automatizado de forma que, en caso de detectar que se va a producir un accidente, toma el control para realizar las maniobras oportunas.

2. MÉTODO SIMPLIFICADO PARA EL CÁLCULO DEL TTC

En [11], se presenta un procedimiento para calcular el TTC entre dos vehículos. Los datos que se consideran son las posiciones iniciales de los vehículos, sus velocidades y direcciones, junto con la suposición de que los vehículos son dos puntos ideales (Figura 1). A continuación, se calcula el punto de intersección de los dos vehículos. Una vez encontrado el punto de intersección, se calcula el tiempo que tarda cada uno de los dos vehículos para llegar a la intersección. Cuando estos dos tiempos coinciden, ese es el tiempo restante para la colisión (TTC). Con el fin de tener en cuenta un margen de seguridad que compensa las simplificaciones realizadas, se considera un factor δ , con lo que se considera que existe

colisión cuando la diferencia entre los dos tiempos calculados es inferior a ese parámetro. Obsérvese que, cuanto mayor es δ , más conservador es el algoritmo.

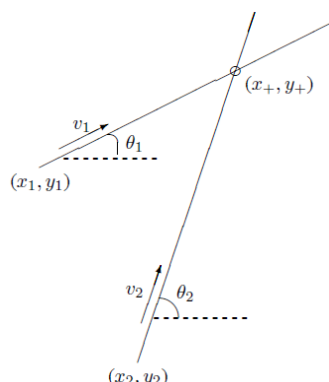


Figura 1: Diagrama para el cálculo simplificado de TTC

3. MÉTODO MEJORADO DE CÁLCULO DEL TTC

El procedimiento anterior es simple, pero los resultados pueden llegar a ser muy dependientes del parámetro δ . Así, utilizando la metodología anterior, se presenta el cálculo suponiendo la geometría rectangular del vehículo, hipótesis que, aunque no es exacta, es una aproximación mucho mejor a la realidad.

Cuando se produce un accidente entre dos vehículos, puede verse que la esquina de uno de ellos es el primer punto que entra en contacto. Este hecho nos lleva a lo que llamamos las configuraciones normales de colisión. Esto sucede siempre a menos que el choque sea perfectamente paralelo o perpendicular. En este caso, tanto la esquina y el resto de los puntos laterales colisionan con el otro vehículo al mismo tiempo, pero se puede suponer que una esquina siempre golpea primero para el cálculo de los tiempos de colisión. Otro caso especial surge cuando ambos vehículos choquen entre sí en una esquina, pero esto no hace falta ser tratado específicamente.

En el caso general, existen 32 posibles situaciones, dado que cada esquina de cada vehículo (4 esquinas) puede afectar a cualquiera de los 4 lados del otro vehículo y el cálculo debe ser repetido con ambos vehículos. Sin embargo, sólo 10 configuraciones de accidentes son posibles. Se pueden distinguir dos posibles configuraciones iniciales teniendo en cuenta el ángulo α entre los vectores de movimiento de ambos vehículos: $\alpha < 90^\circ$ y $\alpha > 90^\circ$ (Figura 2).

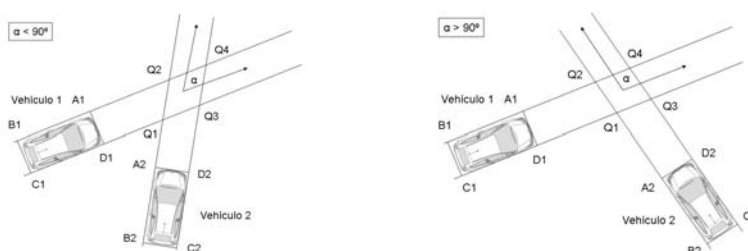


Figura 2: Configuraciones iniciales ($\alpha < 90^\circ$; $\alpha > 90^\circ$)

3.1. Configuración de accidente con $\alpha < 90^\circ$

En esta situación, son identificadas 6 configuraciones posibles. La Tabla 1 muestra esas configuraciones, incluyendo las condiciones de tiempo que se deben cumplir en cada una y la configuración que podría tener lugar si esas condiciones de tiempo no se satisfacen. Cabe señalar que, en 3 configuraciones, el vehículo 2 golpea el vehículo 1 y, en otras 3, es el vehículo 1 el que impacta con el 2.


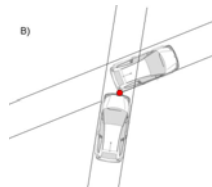


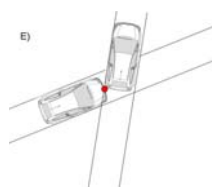

	Situación	Diagrama	Condiciones de tiempo (Situación en el caso de que la condición de tiempo no se satisfice)	TTC														
A)	Esquina del vehículo 2 golpea el lateral del Vehículo 1		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TC11</td> <td>></td> <td>TA21</td> <td>></td> <td>TD11</td> </tr> <tr> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td>D</td> <td></td> </tr> </table>	TC11	>	TA21	>	TD11		B		D		TA21				
TC11	>	TA21	>	TD11														
	B		D															
B)	Frontal del Vehículo 2 golpea la esquina del Vehículo 1		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TC13</td> <td>></td> <td>TD23</td> <td>></td> <td>TA21</td> <td>></td> <td>TC11</td> </tr> <tr> <td></td> <td>C</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td>A</td> <td></td> </tr> </table>	TC13	>	TD23	>	TA21	>	TC11		C		*		A		(TA21, TD23)
TC13	>	TD23	>	TA21	>	TC11												
	C		*		A													
C)	Esquina del Vehículo 2 golpea la trasera del Vehículo 1		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TB14</td> <td>></td> <td>TD24</td> <td>></td> <td>TD23</td> <td>></td> <td>TC13</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td>B</td> <td></td> </tr> </table>	TB14	>	TD24	>	TD23	>	TC13		X		*		B		(TD23, TD24)
TB14	>	TD24	>	TD23	>	TC13												
	X		*		B													
D)	Esquina del vehículo 1 golpea el lateral del Vehículo 2		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TB21</td> <td>></td> <td>TD11</td> <td>></td> <td>TA21</td> </tr> <tr> <td></td> <td>E</td> <td></td> <td>A</td> <td></td> </tr> </table>	TB21	>	TD11	>	TA21		E		A		TD11				
TB21	>	TD11	>	TA21														
	E		A															
E)	Frontal del Vehículo 1 golpea la esquina del Vehículo 2		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TB22</td> <td>></td> <td>TA12</td> <td>></td> <td>TD11</td> <td>></td> <td>TB21</td> </tr> <tr> <td></td> <td>F</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td>D</td> <td></td> </tr> </table>	TB22	>	TA12	>	TD11	>	TB21		F		*		D		(TD11, TA12)
TB22	>	TA12	>	TD11	>	TB21												
	F		*		D													
F)	Esquina del Vehículo 1 golpea la trasera del Vehículo 2		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TC24</td> <td>></td> <td>TA14</td> <td>></td> <td>TA12</td> <td>></td> <td>TB22</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td>*</td> <td></td> <td>E</td> <td></td> </tr> </table>	TC24	>	TA14	>	TA12	>	TB22		X		*		E		(TA12, TA14)
TC24	>	TA14	>	TA12	>	TB22												
	X		*		E													

Tabla 1: Configuraciones de accidente cuando $\alpha < 90^\circ$

3.2. Configuración de accidente con $\alpha > 90^\circ$

En esta situación, 4 configuraciones posibles son identificados. Tabla 2 que ilustra. Cabe señalar que en una de las configuraciones del vehículo 2 golpes del vehículo 1 y, en otro, vehículo 1 llega a la otra. En las otras dos configuraciones tanto choque de vehículos, pero no es posible decir que un disparo al otro.

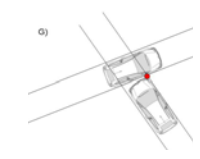



	Situación	Diagrama	Condiciones de tiempo (Situación en el caso de que la condición de tiempo no se satisface)	TTC																																								
G)	Esquina de Vehículo 2 golpea el lateral del Vehículo 1		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TC13</td> <td>></td> <td>TD23</td> <td>></td> <td>TD13</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td>H</td> <td></td> </tr> </table>	TC13	>	TD23	>	TD13		X		H		TD23																														
TC13	>	TD23	>	TD13																																								
	X		H																																									
H)	Esquina de Vehículo 1 golpea el frontal del Vehículo 2		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TD13</td> <td>></td> <td>TD23</td> <td></td> <td>TA21</td> <td>></td> <td>TD11</td> </tr> <tr> <td></td> <td>G</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>I</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TA21</td> <td>></td> <td>TD23</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table> </td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TD13</td> <td>></td> <td>TD11</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table> </td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>	TD13	>	TD23		TA21	>	TD11		G				I		<table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TA21</td> <td>></td> <td>TD23</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table>			TA21	>	TD23		*						<table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TD13</td> <td>></td> <td>TD11</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table>			TD13	>	TD11		*						(max(TD11,TD23), min(TA21, TD13))
TD13	>	TD23		TA21	>	TD11																																						
	G				I																																							
<table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TA21</td> <td>></td> <td>TD23</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table>			TA21	>	TD23		*																																					
TA21	>	TD23																																										
	*																																											
<table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TD13</td> <td>></td> <td>TD11</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table>			TD13	>	TD11		*																																					
TD13	>	TD11																																										
	*																																											
I)	Esquina de Vehículo 2 golpea el frontal del Vehículo 1		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TD11</td> <td>></td> <td>TA21</td> <td></td> <td>TA22</td> <td>></td> <td>TA12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>H</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>J</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TD11</td> <td>></td> <td>TA12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table> </td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TA22</td> <td>></td> <td>TA21</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table> </td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>	TD11	>	TA21		TA22	>	TA12		H				J		<table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TD11</td> <td>></td> <td>TA12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table>			TD11	>	TA12		*						<table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TA22</td> <td>></td> <td>TA21</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table>			TA22	>	TA21		*						(max(TA21,TA12), min(TD11, TA22))
TD11	>	TA21		TA22	>	TA12																																						
	H				J																																							
<table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TD11</td> <td>></td> <td>TA12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table>			TD11	>	TA12		*																																					
TD11	>	TA12																																										
	*																																											
<table border="1" style="margin: 5px auto;"> <tr> <td>TA22</td> <td>></td> <td>TA21</td> </tr> <tr> <td></td> <td>*</td> <td></td> </tr> </table>			TA22	>	TA21		*																																					
TA22	>	TA21																																										
	*																																											
J)	Esquina de Vehículo 1 golpea el lateral del Vehículo 2		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>TB22</td> <td>></td> <td>TA12</td> <td>></td> <td>TA22</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td>I</td> <td></td> </tr> </table>	TB22	>	TA12	>	TA22		X		I		TA12																														
TB22	>	TA12	>	TA22																																								
	X		I																																									

Tabla 2: Configuraciones de accidente cuando $\alpha > 90^\circ$

3.3. Justificación de las condiciones de tiempo y el cálculo de TTC

Caso 1: La esquina de un vehículo golpea el lateral de otro vehículo.

Cuando una esquina de un vehículo golpea el lado del otro vehículo (casos A, D, G y J), el punto de choque está situado en una de las intersecciones de las líneas de prolongación de los lados de los vehículos. Por ejemplo, en la configuración A), la esquina del vehículo 2, definido por el punto A2 golpea el lado C1D1 del vehículo 1. Si la colisión ocurre entre la esquina del vehículo 2 y el lado del vehículo 1, el punto de intersección debe ser Q1. Se deben cumplir dos condiciones:

- A2 debe llegar a la esquina Q1 (TA21) después que D1 (TD11).
- El tiempo que A2 tarda en alcanzar Q1 (TA21) debe ser menor o igual a lo que necesita C1 en llegar a Q1 (TC11) porque, si C1 llega antes, el vehículo 1 ha pasado por el punto de intersección y por lo tanto no hay impacto en A2.

Así, si $TTC1 \geq TTA2 \geq TTD1$, la colisión tiene lugar y TTC está dado por el tiempo que la esquina tarda en alcanzar el punto de intersección, esto es, $TTC = TA21$.

Caso 2: La esquina de un vehículo golpea el frontal o la parte trasera del otro vehículo.

Cuando una esquina golpea el frontal o la parte trasera del otro vehículo, la ubicación del punto de choque es desconocido a priori. Por ejemplo, para ilustrar esta situación, podemos considerar la configuración I). La colisión se lleva a cabo en algún lugar de la línea entre Q1 y Q2. Para que este tipo de colisión que se produzca, deben cumplirse dos condiciones:

- A2 debe llegar a Q1 (TA21) antes que el punto D1 (TD11). Si D1 llega antes, la colisión no ocurriría en la parte delantera del vehículo 1.
- A2 debe llegar a Q2 (TA22) después que A1 (TA12).

El cálculo de TTC es más complicada que en el caso anterior, porque el punto de colisión no se conoce. Se debe analizar cómo se mueve la esquina a lo largo del segmento Q1-Q2 y cómo el otro vehículo está entrando en ese segmento (más específicamente, cómo el último punto de la zona del otro vehículo, donde se produce la colisión).

4. AUTOMATIZACIÓN DEL VEHÍCULO

4.1. Arquitectura general

Una vez detectado el obstáculo, el sistema debe evaluar las diferentes acciones que se pueden adoptar para evitar la colisión, así como si las acciones que toma el conductor son apropiadas para ello. En caso de no serlo, se emiten los avisos correspondientes, hasta alcanzar un umbral de tiempo para la colisión por debajo del cual debe actuar el vehículo de forma automática. La automatización del vehículo incluye el control de velocidad, a través de acciones sobre el acelerador y el freno, y de la dirección. Cabe indicarse que se ha perseguido que la respuesta del sistema se aproxime, en la medida de lo posible, a la respuesta esperable de un conductor por medio de controladores borrosos.

La figura 3 muestra el esquema general de la arquitectura del sistema de control del vehículo sobre un Citroen C3 Pluriel. En él, se observa que el sistema de control recibe las señales de consigna de un sistema externo de más alto nivel que es el que determina el nivel de riesgo de colisión con un obstáculo y también recoge las medidas de posición del volante y velocidad del vehículo para cerrar los bucles de control. Por otra parte, actúa sobre pedales y volante mediante señales que son distribuidas desde una tarjeta de adquisición a los diferentes componentes del sistema. Por último, se establece un sistema de seguridad de frenada de emergencia mediante un control remoto. Con el diseño desarrollado, se logra el control de los mandos del vehículo a una frecuencia aproximada de 100 Hz, lo que permite una respuesta rápida casi en cualquier circunstancia de conducción.

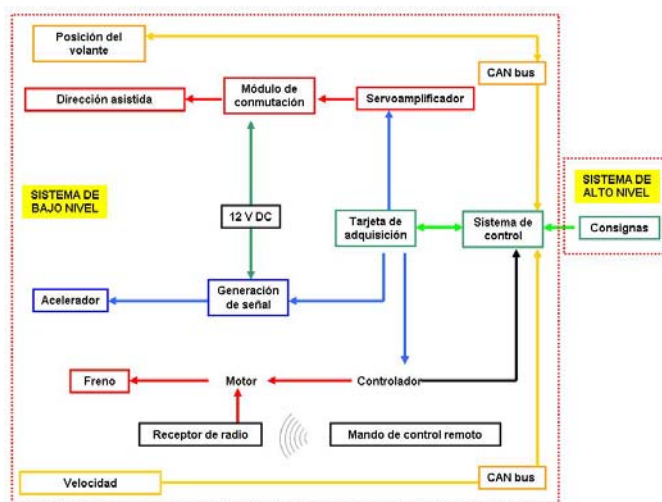


Figura 3: Esquema general de la arquitectura para el control automático del vehículo

Así, el sistema de control automático del vehículo consta de los siguientes subsistemas:

- Control de la velocidad
 - Control del acelerador
 - Control del freno
- Control de la dirección
- Control remoto (parada de emergencia)

4.2. Control de la velocidad

El Citroen C3 Pluriel equipa un acelerador accionado electrónicamente, con lo que la mariposa de la admisión del motor de combustión está controlada por un motor eléctrico paso a paso. Dicho motor está gestionado por la centralita del vehículo, a la que le llega un voltaje variable que depende de la posición del pedal del acelerador. La solución empleada consiste en puentear esa señal eléctrica dada desde el pedal por otra generada desde la tarjeta de adquisición Advantech USB-4711A. Para conmutar entre la aceleración normal y el acelerador del sistema se realiza a través de un relé de conmutación. El control en bucle cerrado de la velocidad se completa con la medida de la velocidad proveniente del bus CAN del vehículo.

El freno del vehículo automatizado no cuenta con ayudas eléctricas. El sistema permite frenar el vehículo en cualquier instante, ya sea a través de una frenada de emergencia como de una frenada más progresiva. La solución que se ha implementado consiste en el accionamiento directo sobre el pedal de freno a través de un actuador externo. El módulo de frenado consiste en un conjunto de motor paso a paso de tensión continua Maxon RE35 y un encoder de posición ENC HEDL 5540, controlado a través de la tarjeta de control de Maxon -controlador de posición EPOS 24/5 que recibe las órdenes de consigna del ordenador.

4.3. Control de la dirección

El vehículo Citroen C3 Pluriel equipa una dirección asistida eléctricamente. Esta asistencia consiste en un motor de corriente continua que proporciona una fuerza proporcional a la ejecutada por el conductor. Este accionamiento en el vehículo ha sido empleado para la automatización de la dirección del vehículo. Así, se conecta la entrada al motor de la asistencia a una tarjeta de control de potencia. Esta señal de entrada al servoamplificador es generada desde la tarjeta de adquisición conectada al ordenador de control. La conmutación entre el control manual y automático se logra puentando la centralita de la dirección asistida y sustituyendo la señal de ésta por la propia que proviene de la tarjeta de potencia por medio de una caja de relés de potencia. El bucle de realimentación para el control se realiza a través de la señal proporcionada por el sensor de giro de volante incluido en la columna de la dirección. El sensor se monta en los vehículos dotados de ESP, aunque podría ser incluido externamente si el vehículo no dispone de él. Resumiendo, el control de la dirección incluye los siguientes subsistemas:

- Servoamplificador: Este módulo se encarga de controlar el motor de la dirección asistida del vehículo. El motor tiene una respuesta proporcional a la señal entregada desde la tarjeta de adquisición controlada desde el ordenador, haciendo girar la columna de la dirección del vehículo un ángulo determinado. El equipo que se utiliza para controlar el motor es un servoamplificador de la marca Maxon (ADS 50/10 Servoamplificador 4-Q-DC).
- Sensor de posición del volante: Este sensor se utiliza para comprobar el ángulo que gira la columna de la dirección y así implementar la realimentación negativa para un control estable del sistema. El sensor está formado por un encoder de posición con comunicación por bus CAN y un conversor de bus CAN a USB, para poder leer la posición de la columna de la dirección desde el ordenador de control.
- Módulo de conmutación: Este módulo está basado en 4 relés de potencia que permiten que el motor de la dirección asistida del vehículo sea controlado por el propio vehículo o por el servoamplificador y, por lo tanto, por el sistema embarcado de control. Cada

relé empleado permite una corriente de paso máxima de hasta 60 amperios, suficiente para el correcto funcionamiento de la dirección asistida.

5. CONCLUSIONES

Este artículo ha presentado un cálculo más preciso del tiempo de colisión entre dos vehículos que chocan a una velocidad constante en línea recta, sin coste computacional excesivo. Por otra parte, el método propuesto es fácilmente generalizable al caso de trayectorias curvas (si la expresión analítica se conoce) y no es obligatorio para el movimiento de los vehículos a ser uniforme y es posible estimar el movimiento de frenado que el sistema podría incluso hacer de forma automática si se considera necesario para evitar la colisión.

Los resultados proporcionados por este algoritmo mejora de los presentados en [11], ya que no dependen del valor de δ , lo que podría dar lugar a falsos positivos o falsos negativos.

Obviamente, para que el algoritmo para que funcione correctamente, es necesario identificar los obstáculos y su movimiento con precisión. Este hecho condiciona el sensor utilizado en el sistema de pre-colisión y los algoritmos para identificar los obstáculos, porque el eje geométrico principal debe ser detectados como se explica en [10]

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación “Detección de situaciones de riesgo para el despliegue de sistemas pre-colisión” (TRA2010-20225-C03-03), subproyecto del proyecto coordinado “Sistema de activación de medidas pre-colisión para evitar accidentes en entornos urbanos. SAMPLER”, subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

7. REFERENCIAS

- [1] R. Elvik, T. Vaa. *The handbook of road safety measures*. Elsevier (2004)
- [2] F. D. Hobbs. *Traffic planning and engineering*. Pergamon Press (1989)
- [3] F. Aparicio, B. Arenas, A. Gómez, F. Jiménez, J. M. López, L. Martínez, F. J. Páez. *Ingeniería del Transporte*. Dossat (2008).
- [4] Project PREVENT <http://www.prevent-ip.org/> (visitado en junio 2012)
- [5] EEVC WG 19. *Primary and secondary safety interaction*. EEVC (2004)
- [6] Project ASSESS: <http://www.assess-project.eu/> (visitado en junio 2012)
- [7] K.-H. Baumann, R. Schöneburg, R. Justen. *The vision of a comprehensive safety concept*. 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. Amsterdam, (2001).
- [8] Y. Sugimoto, C. Sauer. *Effectiveness estimation method for advanced driver assistance system and its application to collision mitigation brake system*. 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. Washington, DC, EEUU (2005)
- [9] R. Schoeneburg T. Breitling. *Enhancement of active and passive safety by future Pre-Safe systems*. 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Washington, D.C., EEUU, (2005)
- [10] F. Jiménez, J. E. Naranjo. *Improving the obstacle detection and identification algorithms of a laserscanner-based collision avoidance system*. Transportation Research part C: Emerging Technologies. Vol 19 (2011), 658–672
- [11] R. Miller, Q. Huang. *An Adaptive Peer-to-Peer Collision Warning System*. IEEE Vehicular Technology Conference, (2002).