

AUTOMATIZACIÓN DE VEHÍCULOS PARA UN CONVOY INTELIGENTE: PROYECTO MIMICS

B. Ubeda Miñarro¹ H. Martínez Barberá¹ M. Zamora Izquierdo¹ A. Gómez Skarmeta¹ F. Gómez de León¹ L. Tomás

Balibrea²

(1) Dept. Ingeniería de la Información y las Comunicaciones

(2) Dept. Ingeniería de Proyectos

Universidad de Murcia

bubeda@um.es

humberto@um.es

mzamora@um.es

skarmeta@dif.um.es

gdleon@um.es

lmtomas@um.es

RESUMEN

La Universidad de Murcia, en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia y con la financiación del Ministerio de Fomento, ha desarrollado el proyecto MIMICS. Este se ubica dentro del ámbito de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) y su objetivo es el desarrollo de un prototipo de sistema de convoy inteligente, en el cual un coche delantero sirve de guía a un pelotón de coches desprovistos de conductor. Así, el convoy prototipo desarrollado consta de dos vehículos: el coche guía, que incorpora una serie de sensores cuya información se transmite al coche que le sigue, y el coche trasero, que incorpora una serie de sensores y actuadores y que, además, recibe la información enviada por el coche guía.

El proyecto MIMICS ha alcanzado el objetivo de desarrollar los sistemas de sensorización y actuación, sistemas de control y navegación, y posicionamiento basado en tecnología EGNOS, lo que ha posibilitado la creación de la infraestructura para la operación del convoy. Así se ha conseguido controlar el comportamiento del coche trasero en un conjunto limitado pero significativo de situaciones, controlando de manera autónoma y desasistida, tanto la velocidad, la capacidad de freno y la dirección. Para ello, se consiguió llegar a un acuerdo de colaboración con la empresa murciana fabricante de vehículos Automur COMARTH S.L. con objeto de modificar uno de sus coches para realizar las funciones de vehículo autónomo y sin conductor.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto MIMICS **Modelo Inteligente Móvil e Independiente con Control y Sensorización** financiado por el Ministerio de Fomento plantea aportar una solución en el ámbito de los sistemas inteligentes de transporte, y más concretamente en el apartado de vehículos inteligentes. y su objetivo es el desarrollo de un prototipo de sistema de convoy inteligente, en el cual un coche delantero sirve de guía a un pelotón de coches desprovistos de conductor. Así, el convoy

prototipo desarrollado consta de dos vehículos: el coche guía, que incorpora una serie de sensores cuya información se transmite al coche que le sigue, y el coche trasero, que incorpora una serie de sensores y actuadores y que, además, recibe la información enviada por el coche guía. Para hacer más robusto el sistema ambos coches operan de forma cooperativa, transmitiéndose información acerca del estado de los vehículos, intenciones del conductor del primero, así como estados anómalos del segundo. Así se incorporarán tecnologías y funcionalidades incluidas en el área de telemática para los ITS.

Para ello se establecía en el proyecto la incorporación de una serie de sensores en los coches entre los que encontramos:

- Integración de GPS y la nueva tecnología europea de posicionamiento por satélite EGNOS.
- Radar frontal para detección y evitación de obstáculos.
- Sistema de control inteligente para apoyo a la conducción

En la Figura 1 se puede observar el vehículo COMARTH modelo S1-50 que ha sido automatizado.



Figura 1: Prototipo COMARTH S1-50 automatizado.

En este vehículo, que dispone de caja de cambios automática, se han desarrollado e instalado los siguientes sistemas: dirección con asistencia eléctrica, acelerador electrónico, y freno eléctrico. Para ello se han realizado modificaciones mecánicas sobre el vehículo original. Además, se han realizado modificaciones de carrocería y salpicadero para contener los sistemas

de sensorización y monitorización, y modificaciones de la distribución interior de componentes para contener todos los sistemas actuadores y su electrónica. El vehículo incluye como sistemas sensores un radar en 77 GHz, un receptor de posicionamiento por satélite EGNOS, un compás electrónico, y un sistema odométrico basado en ruedas fónicas.

Como vehículo guía de convoy se han considerado y evaluado dos opciones: propulsión eléctrica (Bombardier) o térmica (COMARTH). El propósito ha sido comparar las diferentes tipologías de problemas a resolver según el tipo de propulsión. En ambos casos los vehículos han contado con un receptor de posicionamiento por satélite EGNOS, un tacómetro, un compás electrónico y un acceso a la red inalámbrica montados en un rack de 19”.

2. AUTOMATIZACIÓN DEL COCHE AUTÓNOMO

2.1 Sistemas Actuadores Electrónicos

El acelerador se ha implementado de forma electrónica, permitiendo el accionamiento automático de la mariposa del sistema de la inyección de coche. Un potenciómetro de doble pista colocado en el pedal del acelerador permite la posibilidad de maniobrar el motor de la mariposa sin necesidad de mover el pedal, además de no eliminar la posibilidad del accionamiento manual, desconectando en este caso el sistema automático. Los sistemas ACC (Active Control Cruise) que están apareciendo en diversas marcas de automóviles hacen uso de sistemas similares. En este caso se ha implementado un controlador difuso adaptativo que permite mantener una velocidad que se fija como set-point (Figura 2).

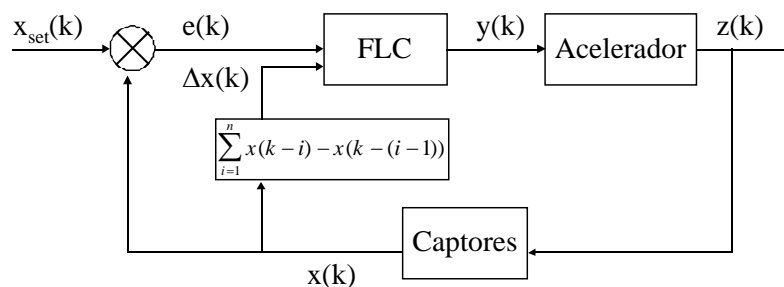


Figura 2: Controlador de velocidad.

La automatización del freno ha sido bastante más compleja debido a que se tiene que accionar un émbolo en el servofreno. En este caso los vehículos de pruebas observados (SEAT) contemplan el accionamiento mecánico del pedal. De igual forma en el vehículo autónomo se ha optado por el accionamiento directo del émbolo a través de un motor en paralelo al pedal del freno, de forma que este continúa totalmente operativo para el accionamiento manual de emergencia. El sistema está formado por un servomotor con reductora planetaria y acoplamiento al eje longitudinal del émbolo a través de una reductora con levas para una rápida retracción del sistema. El sistema de control permite definir una curvas de frenado, que se implementan por medio de un autómata (Figura 3).

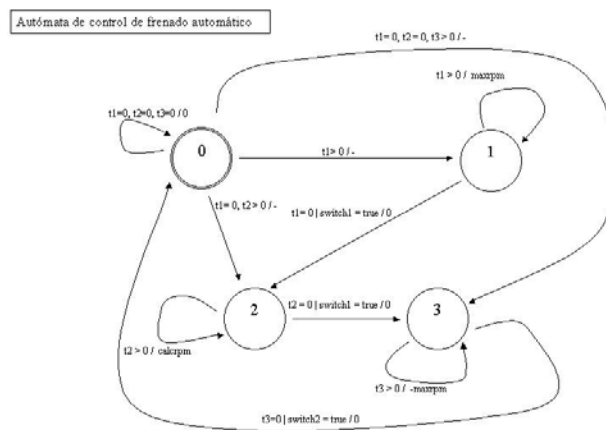


Figura 3: Autómata de frenado.

Para la automatización de la dirección se ha contado con una servo dirección eléctrica de la marca Delphi. Este tipo de dirección acciona con un motor eléctrico el eje de salida de la columna de dirección, utilizando las señales de un sensor de par montado en el eje de entrada conectado al volante. De esta forma se han utilizado las señales del sensor de par y posición absoluta para maniobrar el motor eléctrico sin necesidad de accionamientos mecánicos. En este caso un controlador difuso se encarga de mantener la columna de dirección en la posición que se fija como set-point (Figura 4).

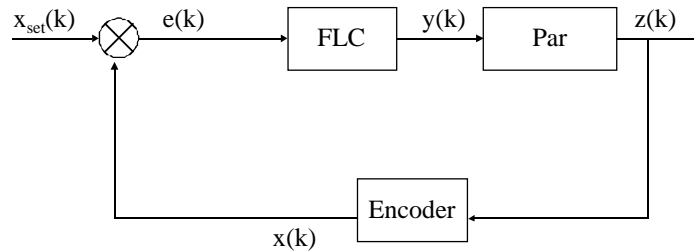


Figura 4: Controlador de posición de dirección.

2.2 Sistema de Control de Navegación

Para combinar reactividad, modelado difuso, y control basado en comportamientos se ha utilizado la arquitectura de control BGA [3] así como su entorno y metodología de desarrollo. En una primera aproximación, se implementa un módulo de control reactivo del vehículo posterior que implementa tres comportamientos (Figura 5):

- *Mantener_velocidad*: comportamiento encargado de controlar la acción del acelerador en función de la información proveniente de los “encoders”. En esta etapa se fija un “set-point” de 30-40 Km/h de forma que los aspectos dinámicos no ejerzan demasiada influencia en el sistema.
- *Mantener_trayectoria*: comportamiento encargado de actuar sobre la columna de dirección de forma que el vehículo recorra la trayectoria previamente recorrida por el vehículo guía. En este caso, y puesto que se fija una velocidad de referencia fija, los aspectos dinámicos no influyen tampoco en exceso.
- *Evitar_obstáculos*: comportamiento encargado de actuar sobre el freno cuando se produce una situación de peligro para el vehículo. Esto puede ocurrir bien cuando el vehículo guía reduzca fuertemente su velocidad o bien cuando aparezca un obstáculo en la trazada del vehículo. En cualquier caso, se tienen en cuenta aspectos cinemáticos de los vehículos así como la incertidumbre en la posición y velocidad de ambos.

El módulo de fusión de comportamientos simplemente, en función de una serie de sensores virtuales (resultado de un proceso de fusión sensorial), activa o desactiva alguno de los comportamientos. P.ej., el sensor virtual *tiempo_de_colisión* se obtiene a partir de datos del radar, posición GPS corregida de los vehículos, así como las velocidades de los mismos. Cuando

$tiempo_de_colisión$ sea menor de un determinado umbral “threshold” se desactiva el comportamiento *mantener_velocidad* y se activa el de *evitar_obstáculos*.

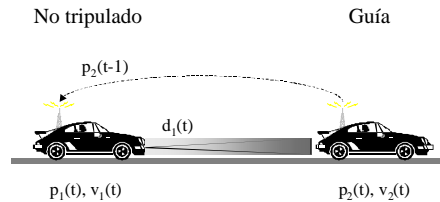


Figura 5: Modelo del convoy.

El comportamiento *evitar_obstáculos*, procede en dos fases, una de predicción y otra de decisión. En la primera, en función de los parámetros del estado actual, velocidad del coche guía $v_2(t-1)$, posición del coche guía $p_2(t-1)$, y posición propia $p_1(t)$, se obtiene una estimación de la distancia a la que se debe encontrar el coche guía y su velocidad. En la segunda fase, la estimación de la distancia y la velocidad, la distancia observada $d_1(t)$, y la velocidad propia $v_1(t)$, se introducen en un controlador difuso que produce como salida un valor recomendado de frenado. Si este valor sobrepasara un umbral, se accionaría el actuador del freno.

El comportamiento *mantener_trayectoria* simplemente traza una curva que pasa por las n últimas posiciones del coche guía $p_2(t-1) \dots p_2(t-n)$, y acciona la columna de dirección para que el vehículo vaya siempre lo más cerca posible de dicha curva. El valor de n dependerá de la frecuencia de actualización de los sensores de posicionamiento (1 Hz) y de la velocidad del conjunto (30-40 Km/h). En este caso se utilizan las últimas 5 posiciones.

El comportamiento *mantener_velocidad* es un simple controlador difuso de una entrada y una salida en configuración de lazo cerrado. Dicho controlador, en función del error en velocidad actúa sobre el sistema acelerador para minimizar este, ya sea acelerando (ligera pendiente hacia arriba) o decelerando (ligera pendiente hacia abajo).

2.3. Aplicación de Navegación

Para conocer en todo momento el estado del sistema, se ha desarrollado una aplicación, de la que se muestran varias pantallas en la Figura 6. Entre otras, la finalidad de la aplicación es la monitorización remota del vehículo. Esta permite saber la localización (GPS/EGNOS y compás electrónico), su velocidad, la posición de obstáculos (radar), y el estado interno de los

dispositivos sensores. Además, esta aplicación incorpora una serie de controles que permiten teleoperar el vehículo.

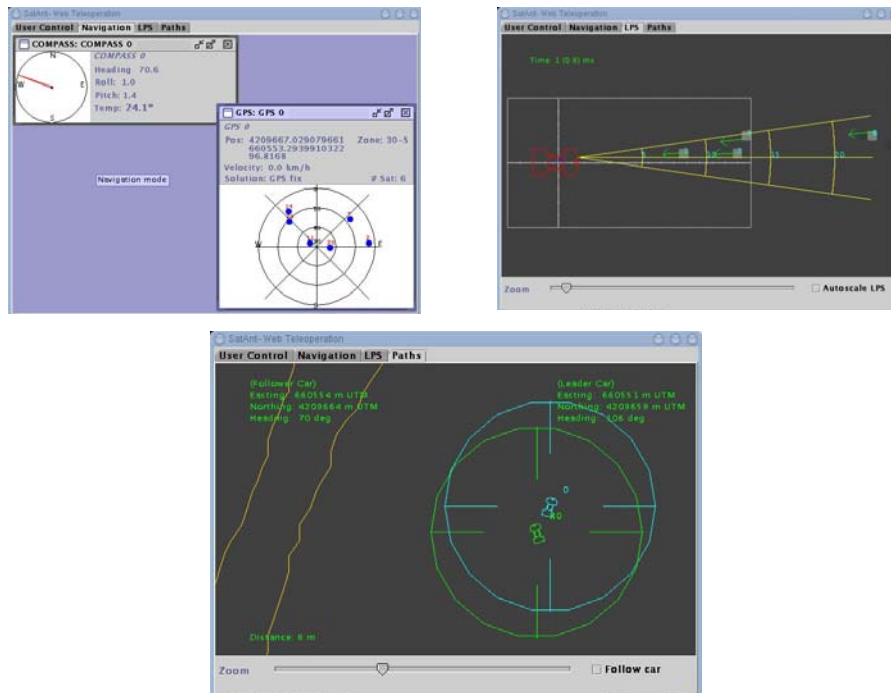


Figura 6: Aplicación de navegación y monitorización

3. CONCLUSIONES

El proyecto MIMICS es un primer paso en la investigación de Sistemas Inteligentes de Transportes sobre las prestaciones que la nuevas Tecnologías de la Sociedad de la Información puedan aportar al futuro del transporte por carretera en un entorno el que tanto el vehículo como la infraestructuras harán uso de las enormes posibilidades que abren estas tecnologías al modo de transporte terrestre. En este sentido conviene resaltar, que si bien el proyecto MIMICS se ha centrado en la investigación de la cinemática de una caravana de dos vehículos asistidos fundamentalmente por sistemas de navegación por satélite y Radar, resulta imprescindible continuar la investigación en el futuro en el amplio marco abierto por todas las tecnologías concurrentes. La investigación sobre estas tecnologías comprendería las diversas posibilidades que ofrecen los sistemas de comunicaciones dedicadas a corta distancia, los nuevos sistemas de comunicación por telefonía móvil, los sistemas de información geográfica, GIS, y en general las nuevas técnicas de guiado, control e información actualmente en estudio para las infraestructuras

viarias de gran capacidad. Todo ello partiendo de un vehículo terrestre en el que las telecomunicaciones y la propia identificación del vehículo (matrícula electrónica) se hallarán integradas, desde el proceso de fabricación.

REFERENCIAS

[1] Daganzo, C., *Experimental Characterization of Multi-lane Freeway Traffic Upstream of an Off-ramp Bottleneck*, PATH Draft Report D2000-39

[2] Dahlgren, J., *ITS Evaluation Website: Report on Activities between October 1998 and July 1999*, Reports to Caltrans 99-C07

[3] Gómez Skarmeta, A.F. y Martínez Barberá, H. (1999). *A Fuzzy Agents Architecture for Autonomous Mobile Robots*, International Fuzzy Systems World Congress (IFSA'99), Taiwan, pp 713-717

[4] Hotchkiss, Noel J., *A Comprehensive Guide to Land Navigation with GPS*, Alexis Publications, 1999

[5] Shaheen, S., y Uyeki, R.(2000). *CarLink Economics: An Empirically-Based Scenario Analysis*, ITS World Annual Meeting, Turin, Italy