

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2022

INFORME DEL PROYECTO REF. SV-22-GIJON-01

1. Datos del proyecto

Título: Creación de un testbed para la evaluación de sistemas de apoyo a la conducción de vehículos industriales

Fechas inicial y final del proyecto: 01/01/2022-30-12-2022

Investigador/a Principal: Dan García Carrillo

Otros investigadores: Xabiel García Pañeda, Roberto García Fernández, David Melendi Palacio, Víctor Corcoba Magaña, Laura Pozueco Álvarez

Personal contratado: Javier Córcoza Velasco

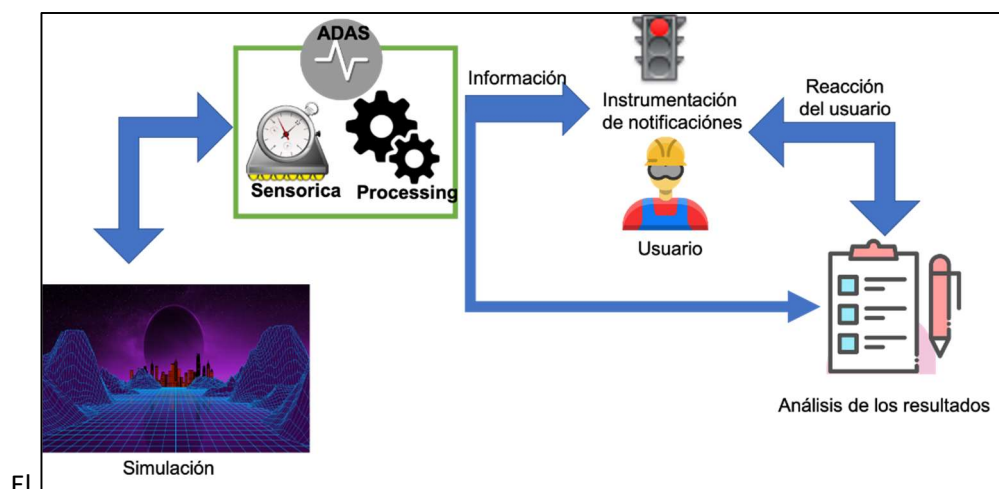
Fechas inicial y final de contratación: 04-07-22 a 31-12-22

Empresas o instituciones colaboradoras: ADN Context-Aware Mobile Solutions, ClusterTIC.

Redes sociales de investigadores y empresas (Linkedin, Twitter, Instagram):

<https://www.linkedin.com/in/dan-garcia-carrillo-64562958>,
<https://www.linkedin.com/in/v%C3%ADctor-corcoba-maga%C3%B1a-54396b11b>,
<https://www.linkedin.com/in/xabielg/>, <https://www.linkedin.com/in/davidmelendi/>,
<https://www.linkedin.com/in/roberto-garcia-a0522962/>,
<https://www.linkedin.com/in/laura-pozueco-%C3%A1lvarez-4226073a/>,
<https://www.linkedin.com/company/adn-mobile-solutions>,
<https://www.linkedin.com/company/clustertic-asturias>

2. Resumen Gráfico



3.

4. Memoria descriptiva del proyecto

4.1 Resumen ejecutivo

La seguridad en el ámbito industrial es de gran importancia, ya que en estos entornos, la movilidad de vehículos pesados. Desarrollar un prototipo que ayude en el ámbito de la seguridad física de las personas físicas a través del uso de las nuevas tecnologías son la motivación de este proyecto. La investigación realizada en este ámbito a través de la generación del prototipo de este proyecto esperamos ayude a la implementación de mejoras en las medidas de seguridad en vehículos industriales.

En este proyecto se ha procedido al diseño e implementación de un sistema de apoyo a la conducción para vehículos industriales. El sistema tiene dos partes, una física y otra de software. La parte física nos permite simular la estructura de un vehículo industrial en el que el usuario realiza las pruebas. La parte de software nos permite emular un entorno por el que se moverá el vehículo industrial. El proyecto cubre cuatro elementos de la arquitectura: 1) Simulador (software), 2) Estructura física, 3) Advanced Driver Assistance System (ADAS) y 4) Usuario.

El simulador ubica al usuario en un entorno virtual con el objetivo de asemejarse a una nave industrial, con 3 elementos destacables: 1) obstáculos visibles, como cajas y bidones metálicos, 2) obstáculos invisibles y 3) Salida. En la simulación, el usuario ha de conducir el vehículo industrial e ir sorteando obstáculos visibles e invisibles con una serie de objetivos, siendo el más básico para el usuario, el de dirigirse a la salida.

Por otro lado, en la infraestructura física, tenemos una serie de interfaces entre el usuario y el vehículo (elementos de feedback) que se implementa por medio de tiras y matriz LED, así como un elemento vibrador que sería el análogo a un cinturón de seguridad. Estos elementos de feedback están gestionados por un dispositivo de asistencia al conductor conocido como. Por otro lado, el ADAS y el Simulador están conectados, siendo el simulador el que le envía información al ADAS para que haga de intermediario entre el “entorno” y el Usuario.

Los otros objetivos, tienen que ver en como el Usuario reacciona a los obstáculos repartidos por la nave. Los obstáculos visibles, por sus propias características, no suscitan una respuesta por parte de los elementos de feedback controlados por el ADAS, por que el propio usuario ya está apercibido de estos. Los otros elementos, los obstáculos invisibles, generarán una serie de eventos (según su localización y proximidad al vehículo) que son enviados al ADAS, y este, enviará las señales (lumínicas o hápticas) al usuario. En este sentido, si el vehículo se acerca a una distancia prudencial de un obstáculo invisible, el usuario recibirá información visual en forma de luz LED de color ámbar, y si la distancia se considera peligrosa, de color rojo. Esta información, busca suscitar una reacción del usuario, en este caso frenar el vehículo. De esta forma, evaluamos la efectividad y la eficiencia de los diferentes métodos de feedback para el usuario, ayudándonos en la búsqueda del mejor sistema de feedback para vehículos industriales.

4.1.1. Estructura física del simulador

En la Figura 1 se puede observar la estructura que sirve como base para la interacción entre el usuario y el entorno simulador, a través del ADAS. En la estructura están colocadas una serie de tiras LED y una matriz LED, así como se dispone de un mecanismo de feedback háptico que emularía el vibrador en un cinturón de seguridad.



Figura 1: Estructura física del simulador

La estructura física cuenta también con un asiento, un volante con pomo, unos pedales y un cuadro de mandos con joystick que actualmente no se usa en la simulación, pero queda para trabajo futuro su integración para emular tareas complejas dentro del contexto industrial.

4.1.2. ADAS y elementos de feedback

El elemento que controla los interfaces de comunicación visual y háptica con el usuario es el denominado ADAS. Este elemento está implementado con una Raspberry Pi a la cual están conectados todos los dispositivos mencionados. El ADAS y el Simulador están conectados a través de una red cableada.

4.1.3. Simulador de vehículo industrial y entorno virtual

El simulador es una

implementación de un entorno industrial, como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** En este entorno se distribuyen diferentes obstáculos visibles como cajas y bidones, los cuales no generan una reacción en el ADAS. Otros, invisibles son los que generan reacción y a los cuales se pide que el usuario responda, frenando el vehículo. El simulador, construido utilizando el motor gráfico UNITY nos permite la interacción con los otros elementos de la arquitectura.



Figura 2: Entorno industrial simulado

4.1.4. Usuario – Interacción y obtención de información a través de banda cardíaca

Finalmente, el Usuario es el que interacciona con el entorno virtual y responde a los mensajes del ADAS. Para evaluar los diferentes mecanismos de feedback, disponemos de la información del propio simulador que nos dice desde el momento en el que se le envía un evento al ADAS, al momento en el que el usuario frena, distancia recorrida del vehículo, etc. Añadido a esto, medimos el ritmo cardíaco del usuario para detectar el estrés producido por la interacción y los diferentes elementos de feedback. Para validar el testbed, hemos realizado pruebas con usuarios reales, que nos han permitido obtener resultados de las interacciones. A través de la generación de logs detallados de la interacción, así como de la banda cardíaca, podemos analizar el comportamiento de los usuarios y a través de los mecanismos de análisis de resultados mencionados, añadimos una serie de encuestas siguiendo el método de

la NASA TLX para contrastar la percepción subjetiva del usuario, con la objetiva de los datos de la simulación.

4.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

Objetivo general:

El objetivo del proyecto es diseñar y desarrollar un entorno para la evaluación de sistema de apoyo a la conducción de vehículos industriales off-road. Grado de consecución: COMPLETADO

Hemos conseguido, a través de la consecución de los objetivos específicos, diseñar y desarrollar los diferentes elementos necesarios para poder evaluar un sistema de apoyo a la conducción. Más aún, el prototipo diseñado está preparado para ser ampliado en el futuro con diferentes métodos de feedback y ser adaptados dentro del prototipo actual y así conseguir evaluar otros elementos de feedback distintos siempre y cuando sean compatibles con el entorno virtualizado. Así también, el sistema nos sirve para proporcionar a usuarios un entorno de entrenamiento y familiarización con diferentes elementos de feedback de un asistente de conducción.

Este objetivo general puede desglosarse en los siguientes objetivos específicos:

A. Diseño e implementación del soporte físico para el testbed. Grado de consecución: COMPLETADO

La estructura física, como se puede apreciar en las Figuras, se han construido, con elementos simples. Suficiente para emular la cabina de un vehículo industrial. Se ha provisto también de elementos de interacción como volante, pedales, etc. Proporcionando la base necesaria para tener el soporte físico necesario para soportar el testbed.

B. Diseño e implementación de un entorno simulado. Grado de consecución: COMPLETADO

El sistema de simulación, se ha implementado usando herramientas como el motor gráfico UNITY. Se consigue por tanto, proporcionar por este medio, la interacción en un espacio virtual del usuario a través de medios físicos y viceversa. Este último supuesto es del que se encarga el objetivos siguiente.

C. Integración del entorno simulado y el soporte físico con el ADAS. Grado de consecución: COMPLETADO

El sistema de simulación de vehículos industriales, consigue interactuar con el usuario usando soportes físicos, a través de la integración con el ADAS. Esto es, a través de eventos generados en el entorno virtual, hacemos conocer al usuario por medio de elementos físicos (p. ej., tiras LED) que algo sucedió en la simulación, permitiendo que el usuario actúa en consecuencia a la información recibida.

D. Diseño e implementación los mecanismos de análisis de los resultados.

Grado de consecución: COMPLETADO

Para analizar los resultados, diseñamos tanto un sistema de log específico de acuerdo a las pruebas implementadas para medir tiempos de reacción, así como los algoritmos necesarios para tratar los datos obtenidos para poder analizar estadísticamente la eficiencia y/o efectividad de los diferentes mecanismos de feedback, incluso comparándolos entre sí.

E. Validación del testbed

Grado de consecución: COMPLETADO

Se ha dispuesto de un sistema doble, no solamente a través del análisis de datos, si no del testeo con sujetos reales que prueban el simulador realizando una serie de interacciones con el mismo, y a través del cual recopilamos información de las interacciones de diferentes usuarios.

Estas interacciones, además de con los datos objetivos del Objetivo D, con la información subjetiva de los propios usuarios que testean el simulador, proporcionándonos una visión más completa del funcionamiento, no solo del sistema de simulador en sí, si no también del la efectividad de los elementos de interacción con el usuario accionados por el ADAS.

4.3 Tareas realizadas

- Tarea 1: Construcción de la estructura física

Se realiza la construcción de la estructura física, y se ubican los diferentes elementos tanto físicos como los de interacción con la simulación (mandos, pedales, LEDs, etc). Se colocan también los elementos de hardware necesarios para dar soporte a todo el sistema, como el ordenador que se encarga de proyectar la simulación en una pantalla, el ADAS que se encarga de recibir los eventos del simulador instanciado en una Raspberry PI, así como los elementos de interacción como las tiras LED, altavoces, etc.

- T2: construcción del simulador

El desarrollo de software aquí tiene un componente mayoritario, ya que se trata de desarrollar una implementación en un motor gráfico como UNITY un entorno virtual con obstáculos visibles e invisibles a través de los cuales se interactuará con el usuario. Se implementan los mecanismos necesarios para generar los eventos necesarios para notificar al ADAS de la necesidad de informar al usuario. Esto, además de usar protocolos de comunicación de red, se usaron elementos de software (coliders) para evaluar la proximidad del usuario a un elemento invisible para gestionar la notificación al usuario. Hay que remarcar el trabajo necesario para sincronizar todos estos elementos así como el refinamiento de todos estos procesos, para que la experiencia del usuario sea la más realista posible.

- T3: Integración del soporte físico con el ADAS

En relación con la tarea anterior, está la de la implementación en software y soporte hardware de los elementos de feedback gestionados por el ADAS. La implementación del software necesario para gestionar las tiras LED, matriz LED, vibrador, etc. son parte de esta tarea, así como los mecanismos de comunicación con la simulación y el protocolo definido para gestionar los diferentes eventos.

- T4: Construcción de las herramientas de análisis.

Una vez se obtienen a través de los logs correspondientes, que han de personalizarse para poder realizar el análisis correspondiente de la reacción del usuario a la intervención del ADAS, tenemos que poder analizar dichos logs, y poder realizar conclusiones pertinentes, las cuales serán usadas para evaluar los diferentes mecanismos de feedback utilizado. Para analizar dichos datos, se realizaron tanto el parseo de todos los datos, “plotting” de los datos, así como los algoritmos de análisis de los mismos basados en las diferentes hipótesis planteadas sobre el desempeño de los elementos de feedback.

- T5: Evaluación del funcionamiento del sistema de evaluación.

Para evaluar el funcionamiento, se diseñó un protocolo de actuación para que usuarios probaran el sistema, y dieran su valoración objetiva a través del uso del entorno ciber físico, y la información recopilada, sino

también a través de la percepción subjetiva del usuario a los diferentes elementos de feedback y sus comentarios sobre el sistema. Así, conseguimos una evaluación completa del sistema.

4.4 Resultados obtenidos

Hemos realizado pruebas diferentes usuarios para probar que el sistema proporciona la estructura básica suficiente para habilitar la práctica de un usuario en un entorno ciber físico, que podemos utilizar diferentes mecanismos de interacción con el usuario y que somos capaces de medir el rendimiento del usuario al realizar una tarea simulada y medir el rendimiento del usuario realizando las mismas, así como su reacción a las diferentes fuentes de información.

La Figura 3 muestra una gráfica en la que representamos los datos obtenidos de una de las pruebas.

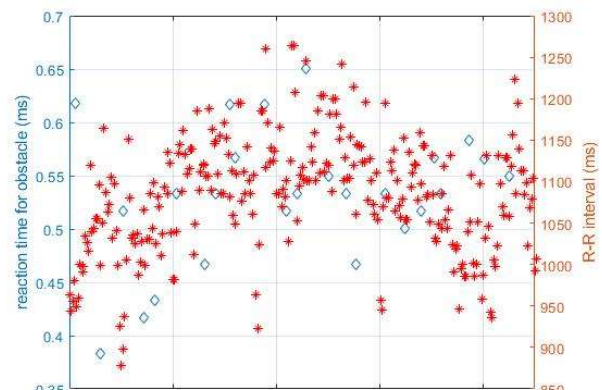


Figura 3: Gráfica evaluando los tiempos de reacción a obstáculos

4.5 Trabajos o necesidades futuras

En este apartado, buscamos la mejora y ampliación de las características tanto del simulador, como de los procesos de evaluación de rendimiento y respuesta del usuario a los diferentes mecanismos de feedback, en tareas más complejas o demandantes como pueden ser: conducir marcha atrás, conducir con carga, mover carga de un lado a otro del almacén, etc. Todo esto mientras se encuentran obstáculos que generarán una respuesta del ADAS, y a la cual el usuario deberá responder frenando y si hay carga, sin dejar que esta se caiga.

4.6 Divulgación de los resultados

Actualmente se está procediendo a la realización de pruebas con voluntarios, y se espera que se puedan conseguir un número estadísticamente significativo para poder finalizar el estudio del sistema desarrollado, y enviarlo a una revista de impacto.

5. Memoria económica

5.1 Gastos:

Concepto	Gasto
Personal	4.394
TOTAL GASTOS	4.394

5.2 Ingresos:

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Concepto	Ingreso
--	----------	---------

Ayuda IUTA	Contratacion personal	4.394
TOTAL INGRESOS		4.394

6. Bibliografía

1. Weinschenk, Susan. *100 Things Every Designer Needs to Know About People*. 1st Edition, New Riders Pub. 2011.
2. L. Cao, T. Depner, H. Borstell, K. Richter, *Discussions on sensor-based Assistance Systems for Forklifts*, in: *Smart SysTech 2019; European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies, VDE, 2019*, pp. 1–8.
3. A. M. Larson, L. C. Loschky, *The contributions of central versus peripheral vision to scene gist recognition*, *Journal of vision* 9 (10) (2009) 6–6.
4. A. Larson, L. Loschky, W. Pollock, A. Bjerg, S. Hilburn, S. Smerchek, *Variation in scene gist recognition over time in central versus peripheral vision*, *Journal of Vision* 9 (8) (2009) 967–967.
5. L. C. Loschky, A. M. Larson, T. J. Smith, J. P. Magliano, *The scene perception & event comprehension theory (spect) applied to visual narratives*, *Topics in cognitive science* 12 (1) (2020) 311–351