

SISTEMAS COOPERATIVOS. PROYECTO SAFESPOT

Diego Ortiz de Lejarazu Machín

Ingeniero de Telecomunicaciones. Ingeniero. CIDAUT

Parque Tecnológico de Boecillo, parcela 209

Boecillo

47151 VALLADOLID (SPAIN)

Tfno 983 54 80 35

Daniel García Fernández

Ingeniero de Telecomunicaciones. Ingeniero. Telefonica I+D

Parque Tecnológico de Boecillo

Boecillo

47151 VALLADOLID (SPAIN)

Tfno 983 367 500

Miguel Ángel Guijarro Moreno

Ingeniero de Telecomunicaciones. Ingeniero. AT4 Wireless

Parque Tecnológico de Andalucía

C/ Severo Ochoa, 21

Parcela I+D 6B

e-29590 MALAGA (SPAIN)

Tfno 95 261 91 00

Antonio Plaza Ortega

Ingeniero de Telecomunicaciones. Ingeniero. AT4 Wireless

Parque Tecnológico de Andalucía

C/ Severo Ochoa, 21

Parcela I+D 6B

e-29590 MALAGA (SPAIN)

Tfno 95 261 91 00

RESUMEN: En los últimos años se han ido desarrollando múltiples sistemas en diferentes campos con el objetivo de mejorar la seguridad: seguridad pasiva, activa y preventiva. El proyecto SAFESPOT se basa en un enfoque cooperativo de la seguridad en lugar de uno

individual, en el que los vehículos dialogan entre sí y con la infraestructura con el objetivo de evitar el riesgo y por tanto el accidente.

Para conseguir esta cooperación entre sistemas, son fundamentales dos conceptos: Redes de comunicación (Vehículo–Vehículo: V2V y Vehículo–Infraestructura: V2I) y los Mapas Dinámicos Locales (LDM). En ellos se representarán los diferentes elementos de la carretera, tanto estáticos como dinámicos que permitirán el diálogo entre los diferentes actores.

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto SAFESPOT es fundamentalmente la prevención de accidentes de carretera mediante el desarrollo de un “Asistente del Margen de Seguridad” que: detecte situaciones peligrosas de forma anticipada y extienda espacial y temporalmente la percepción del conductor del entorno.

Para ello, utiliza la infraestructura y los vehículos como fuentes y destinatarios de información relacionada con la seguridad. Así mismo, se ha desarrollado una arquitectura modular, abierta y flexible y una serie de tecnologías claves para este sistema: redes dinámicas ad-hoc, sistemas de posicionamiento relativo precisos y mapas locales dinámicos. Otro de los aspectos en los que se ha hecho hincapié de cara a aumentar la información disponible por el usuario ha sido en el desarrollo de sensores para infraestructura y vehículo.

Se ha dado mucha relevancia a la aplicación práctica de todos estos sistemas. En el desarrollo del proyecto se ha partido de una serie de casos prácticos a resolver para definir, a partir de ahí, las especificaciones y el tipo de información y precisión necesaria que debían proporcionar los sensores.

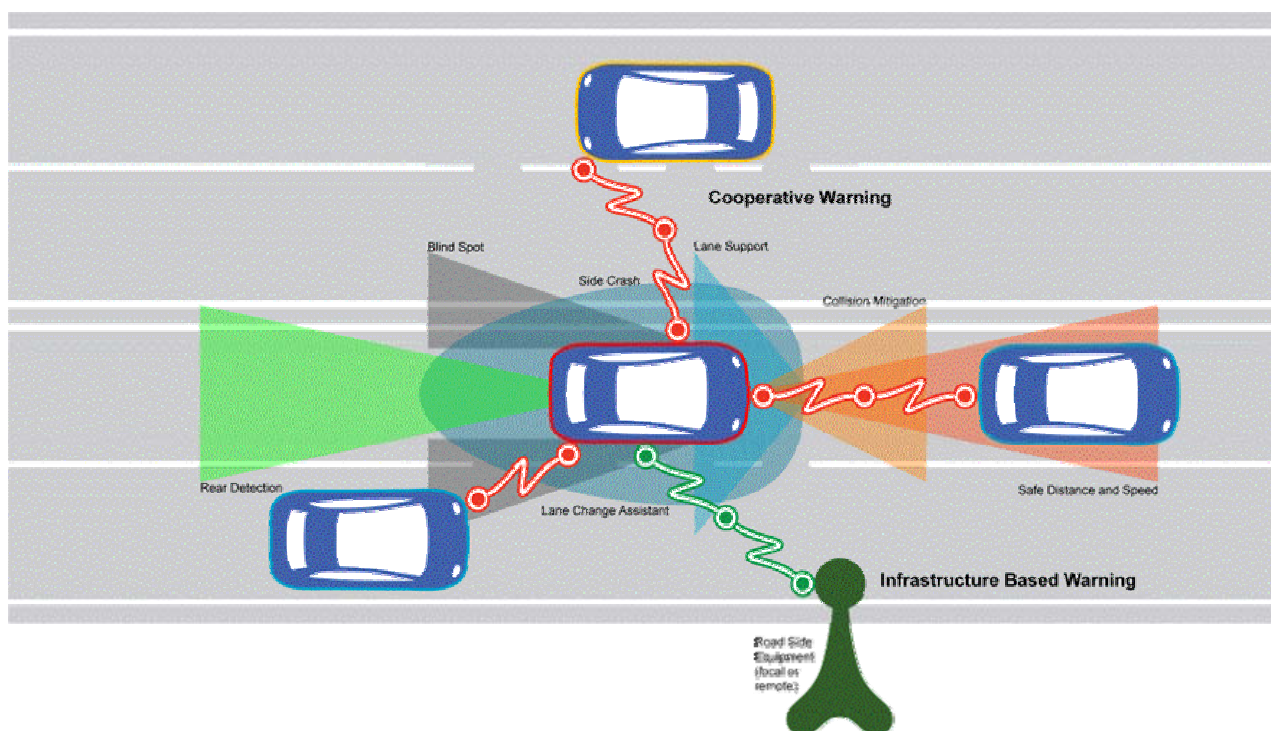


Figura 1. Concepto de seguridad cooperativa entre varios agentes

Como parte final de la validación y estudio de la utilidad de los sistemas desarrollados, hay planteados 5 “*Test Sites*” o lugares de ensayo en los que se probarán e integrarán los distintos módulos desarrollados en los distintos subproyectos. De hecho, estos *Test Sites* son probablemente una de las piezas claves del proyectos, ya que garantizan al menos una primera fase de prototipado del sistema global que a veces no existe en otros proyectos de similares características. En cuanto a esto, también está previsto la realización de estudios de mercado y de implantación del sistema, incluyendo una primera etapa en la que no todos los vehículos estarían equipados con este sistema.

2 PLANTEAMIENTO

El proyecto SAFESPOT sigue una estructura coherente con el planteamiento del mismo: Existen dos subproyectos, SP1 y SP2, dedicados al desarrollo de las plataformas equipadas en el vehículo y en la infraestructura, respectivamente. En ambos se trabaja tanto en el desarrollo de nuevos sensores como en los algoritmos de *data fusión* para la consolidación de estos datos.

De forma paralela, en los subproyectos 4 y 5 se han desarrollado las aplicaciones prácticas que se implementarán en la plataforma SAFESPOT. De hecho, las especificaciones y requisitos nacen de estos subproyectos. Se ha dado una gran importancia al hecho de que las tecnologías que se desarrollen estén encaminadas a satisfacer las necesidades de estas aplicaciones.

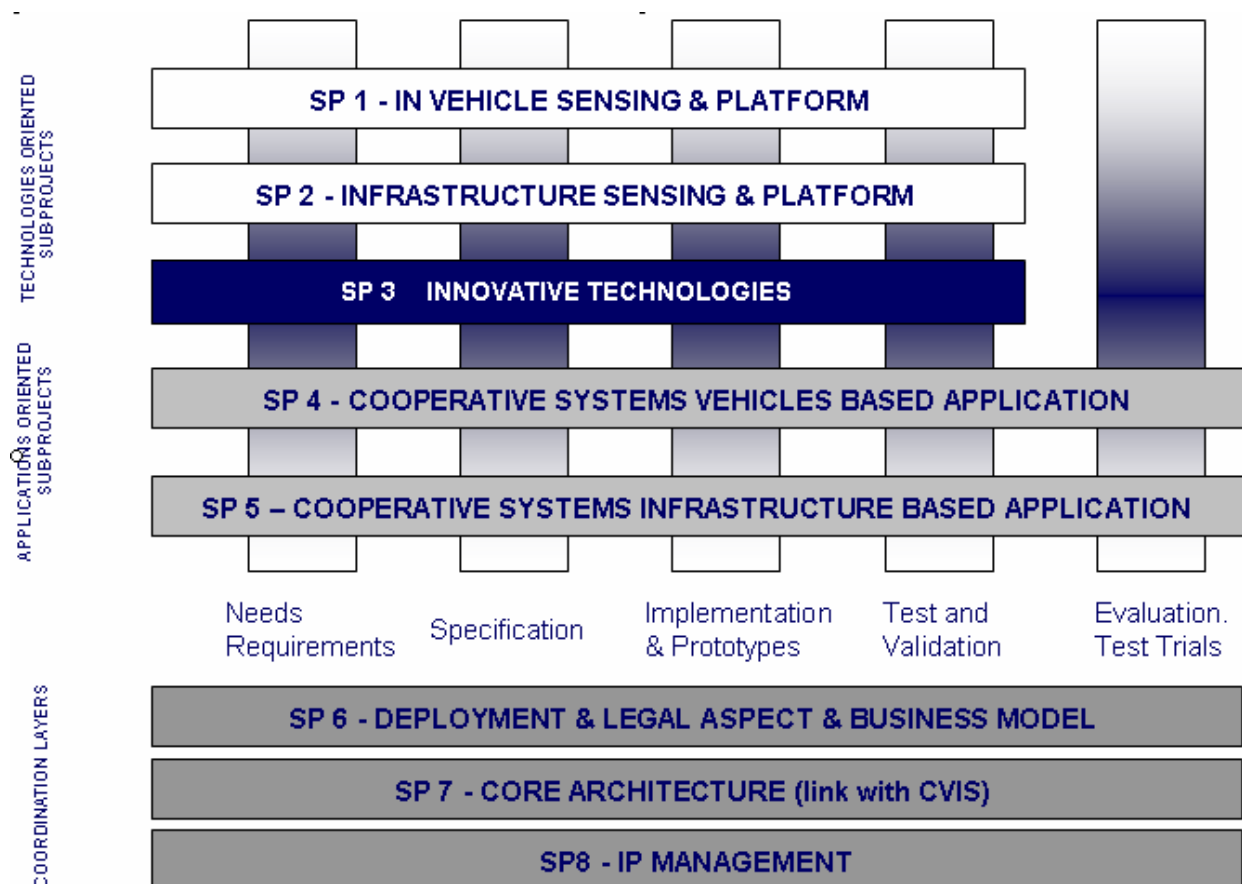


Figura 2. Estructura del Proyecto

Las tres tecnologías denominadas “Clave”, a saber, *Local Dynamic Map* (LDM), *Vehicular Ad-hoc Network* (VANET) y los sistemas avanzados de posicionamiento, se desarrollan dentro del SP3.

Todos estos subproyectos comparten un ciclo paralelo de Requisitos → Especificaciones → Implementación → Validación → (Evaluación).

Los otros tres subproyectos engloban tareas generales:

- El subproyecto 6 se centra en el estudio de todos los aspectos legales, posibilidades de implantación y modelo de mercado. En este último sentido, se han llevado a cabo numerosos estudios tanto a usuarios finales (los propios conductores) como a agentes clave en el mundo del vehículo (autoridades, fabricantes de coches y constructores de carreteras).
- Del subproyecto 7 se hablará más detenidamente en apartados posteriores.

3 RESOLUCIÓN

A continuación se expondrá algunos de los puntos más interesantes del proyecto

3.1 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO (SP3)

Los requisitos buscados para los sistemas de posicionamiento eran fundamentalmente 4:

- Precisión (con respecto a la señalización horizontal)
- Disponibilidad, independientemente del entorno
- Integridad (información disponible sobre la fiabilidad y precisión)
- Coste

Dado que no existe ningún sistema que cumpliera todos estos requisitos, se ha optado por el desarrollo de varias soluciones combinadas.

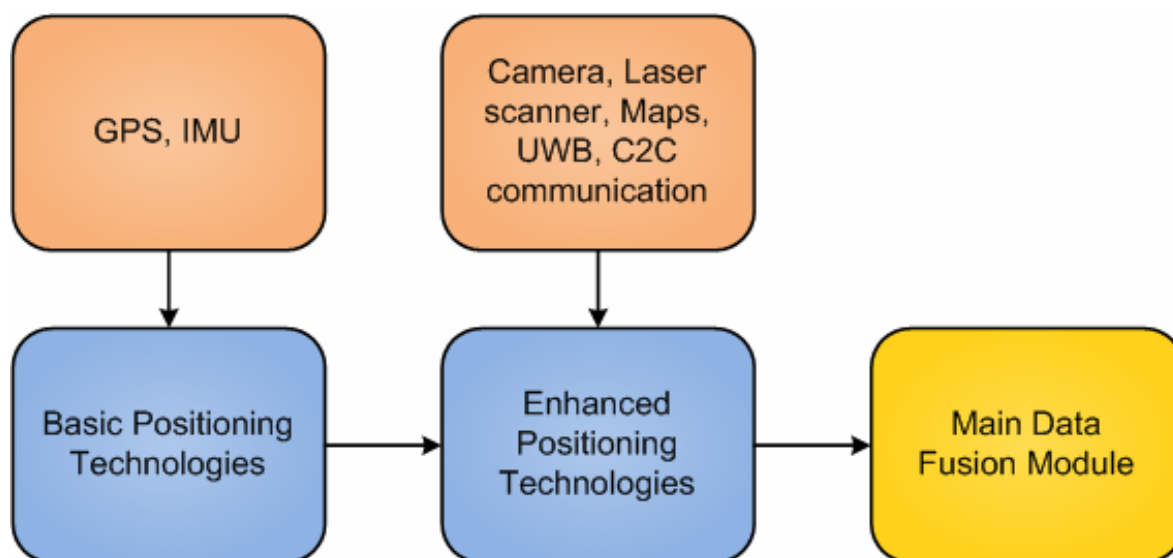


Figura 3. Combinación de diversas tecnologías de posicionamiento para aumentar sus prestaciones

En general se utiliza información local para obtener la posición del vehículo con respecto a elementos del entorno. Si se dispone del mapa de la zona en la LDM, es posible calcular la posición absoluta. En caso contrario, algunos de los sistemas permiten obtener posiciones relativas respecto de otros vehículos o con respecto a las marcas de la calzada.

Cada solución proporciona una precisión distinta, pero no todas las aplicaciones necesitan la precisión máxima. En función de ello, habrá unas aplicaciones u otras disponibles.

3.2 LDM (SP3)

Cada agente de la arquitectura SAFESPOT va a estar recibiendo y utilizando una gran cantidad de información procedente de muy diversas fuentes y de muy distintas características. La solución para unificar toda esta información y dotarla de una estructura geográfica ha sido la de utilizar una base de datos georreferenciada. En ella, los módulos de *Data Fusion* escribirán y modificarán la información pertinente en cada una de las distintas capas de acuerdo con una serie de objetos.

The LDM architecture:

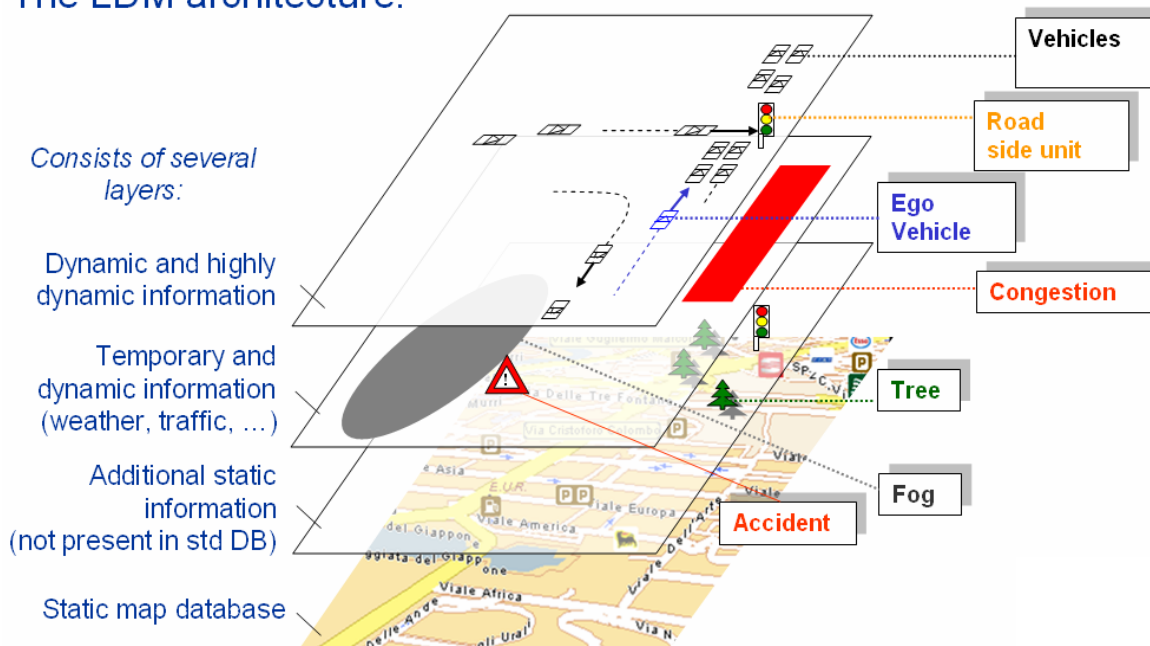


Figura 3. Arquitectura de la LDM

Las aplicaciones son las encargadas de tomar la información ya depurada para utilizar sus algoritmos y realizar la acción correspondiente.

Dependiendo del tipo de información y su volatilidad se almacena en distintas capas. Además, hay que tener en cuenta que la información contenida en la LDM de cada agente no tiene por que ser la misma que en el resto de agentes. Cada LDM almacena la información que ha recibido bien directamente de sus sensores o vía el VANET, pero no es necesaria una equivalencia exacta entre todas ellas. Así mismo, la información estática es deseable pero no imprescindible. No todas las aplicaciones necesitan de esa información estática.

3.3 VANET (SP3)

El proyecto SAFESPOT, dentro de su SP3 propone una avanzada solución de comunicaciones basada en el uso de VANETs (Vehicular Ad-Hoc Networks) con tecnología

802.11p y en la cual se estandarizan un conjunto mínimo de las comunicaciones posibles entre sistemas que quieran tener la etiqueta de "Compatibles-SAFESPOT".

Algunos ejemplos de situaciones problemáticas identificadas [1] que se intentará modelar corresponden:

- Situaciones con alta saturación de la red con tráfico muy elevado, generado por un gran número de nodos, como pueden ser carreteras con una muy elevada intensidad de tráfico. La solución técnica de SAFESPOT plantea mecanismos que permitan mitigar este tipo de situaciones, pero resulta interesante comprobar cuales serían sus márgenes máximos de eficacia.
- Situaciones con baja o nula cobertura de comunicaciones: El paso de mensajes V2V planteado en la solución de SAFESPOT permite el paso de mensajes de forma diferida a localizaciones que pueden no estar accesibles en el momento de la generación de la comunicación.
- Situaciones con escasez de recurso de ancho de banda: En ocasiones, el BW disponible puede ser compartido con otros tipos de servicios (entretenimiento, eficiencia, confort) incluso originado desde distintos nodos. En caso de haber una emergencia, han de implementarse y probarse los mecanismos que permitan la correcta redistribución de dicho recurso.
- Situaciones con problemas de comunicaciones debidos a elevados niveles de interferencias accidentales (por ejemplo, causados por factores ambientales) o intencionadas (como interferencias o ataques).

3.4 RSU y OBU (SP1 y SP2)

El *hardware* que ejecuta la arquitectura SAFESPOT en los agentes (infraestructura y vehículos) se denomina *Road Side Unit* (RSU) en el caso de la infraestructura y *On-Board Unit* (OBU) en el caso de los vehículos. Esto agrupa todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de todos los módulos y su intercomunicación. Una OBU o RSU no necesita tener todos los módulos, pero sí que es imprescindible que incorpore el LDM y el VANET.

Estas unidades incorporan también los módulos de los sensores. Para proveer de información a las aplicaciones, el proyecto SAFESPOT tiene en cuenta el mayor número posible de fuentes, incluyendo las ya existentes, como los datos INTERNOS del vehículo a través del bus CAN, información de los gestores de carreteras en las centrales de tráfico y cualquier otro disponible que pueda resultar útil.

Además de los ya existentes, el proyecto SAFESPOT se planteó la necesidad de introducir o desarrollar nuevos sensores que permitieran nuevas funcionalidades y aplicaciones. Estos sensores se planificaron teniendo en cuenta las necesidades de aplicaciones concretas.

Además del desarrollo de los propios sensores, los grupos de los subproyectos 1 y 2 se han encargado de desarrollar los módulos de *Data Fusión* para tomar información de diferentes fuentes y proporcionar un dato unificado.

Los sensores embarcables se han limitado para reducir el coste del sistema en los vehículos, donde es más crítico. Por ello, la mayor parte de la información se extrae de los sensores del propio vehículo a través del bus CAN. Sin embargo, sí que se ha trabajado en el desarrollo de algunos sensores que aporten información del entorno del vehículo (que es donde no se tiene apenas información disponible), como el sistema de escáner láser y radar.

En cuanto a los sensores basados en infraestructura, subproyecto en el que CIDAUT ha participado, sí que ha habido bastantes desarrollos, tanto en sensores propiamente dichos como en algoritmos que permitan la detección de incidentes tales como congestiones o accidentes:

Algunos de los sensores desarrollados:

- Sistema de cámaras para la detección de lluvia y hielo en la calzada (VTT)
- Detección de animales y peatones mediante infrarrojos (VTT)
- Detección de vehículos conduciendo en dirección contraria por RFID (BME)
- Estimación de la climatología y visibilidad mediante cámaras (LCPC)
- Localización y detección de vehículos mediante cámaras (CIDAUT)

Para la comunicación entre los distintos módulos de la OBU y la RSU se emplean mensajes UDP que proporcionan gran flexibilidad y escalabilidad, además de ser fáciles de monitorizar.

3.5 TAREAS DE CERTIFICACION (SP7)

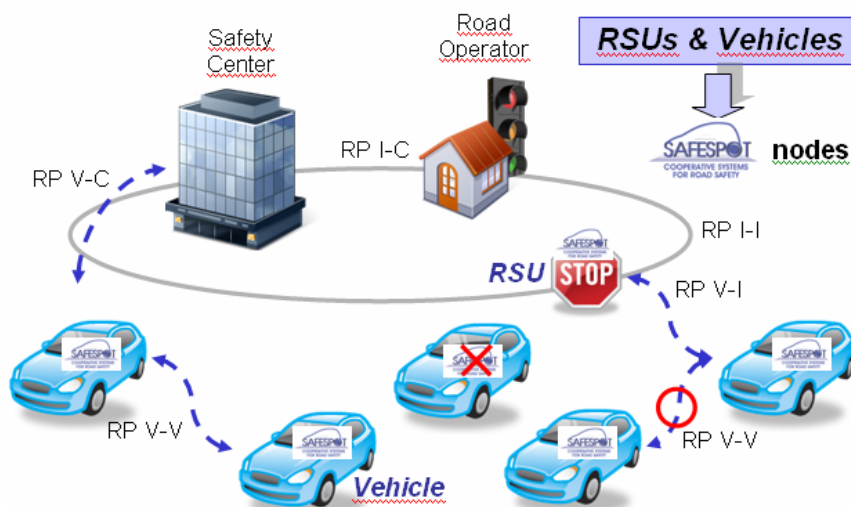
AT4 wireless participa activamente en la definición de este marco de certificación para sistemas cooperativos como los definidos en SAFESPOT. Una de las preguntas a las que este marco de certificación pretende dar respuesta es cómo asegurar la interoperabilidad de los futuros productos que puedan surgir cumpliendo los requerimientos y especificaciones técnicas definidas en el proyecto, por tanto, define los cimientos para garantizar el correcto funcionamiento de los diversos productos y que los clientes finales confíen en la tecnología en cuestión.

Para abordar esta participación, dicho trabajo ha sido dividido en tres fases. Inicialmente, se realizó una inmersión en los diferentes programas de certificación existentes, tales como Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, DLNA y el trabajo previo realizado en el proyecto europeo GST-CERTECS, en búsqueda de sinergias y experiencias que puedan ser de valor y punto de partida para el desarrollo del marco de certificación de SAFESPOT [2].

La segunda fase ha sido la definición del marco de certificación y prueba [3] basado en un entorno de confianza y fiable para módulos desarrollados en SAFESPOT utilizando tecnologías ITS (Intelligent Transport System), basado en *third party testing* y soportando un logo reconocido. Dicho marco de certificación ha definido los principales roles que se encuentran involucrados en este proceso (Laboratorio de Pruebas, Organismo de Certificación, etc.), el proceso de certificación en sí y finalmente los principales pasos que deben darse para implantar dicho proceso de certificación.

Durante la definición del marco de certificación, una de las preguntas claves que deben realizarse es ¿qué interfaces y funcionalidades dentro de la arquitectura serán susceptibles de ser certificadas? Para ello, y como punto de entrada para la definición del marco de

pruebas, fue definida una metodología para la identificación de estos interfaces y funcionalidades. Esta metodología se basa en la ISO 10746-1 [4] y fue aplicada sobre la arquitectura global de SAFESPOT. El resultado de aplicar dicha metodología fue la decisión de que los interfaces de mayor relevancia dentro de SAFESPOT y que además afectan en mayor medida a la interoperabilidad de los nodos SAFESPOT fue las interfaces Vehicle-to-Vehicle (V2V) y Vehicle-to-Infrastructure (V2I) tal y como se ilustra en la siguiente figura. Cabe destacar que durante la aplicación de esta metodología, se considera esencial que tales interfaces tiendan a ser estándares ya que esta premisa va a favor de conseguir la interoperabilidad entre las tecnologías involucradas. Finalmente, identificados estos interfaces, la funcionalidad a probar fue la de *beaconing*, especificada en el subproyecto SP3- SINTECH [5], ya que establecía el mecanismo básico para establecer la comunicación entre los diferentes nodos SAFESPOT.



El siguiente paso, dentro de esta segunda fase, es la extracción de las especificaciones de prueba a través de una serie de pasos basados en la ISO 9646 [6] y recomendaciones ETSI (European Telecommunication Standard Institute) [7] con el fin de definir los propósitos de las pruebas desde un punto de vista formal y dentro de un marco de certificación. Esta fase fue puesta en práctica para la extracción de las especificaciones de prueba para la funcionalidad de *beaconing*.

Finalmente, la última fase cubre la implementación de las pruebas definidas con anterioridad para la funcionalidad de *beaconing*. Para tal propósito, se ha desarrollado un prototipo de sistema de prueba de conformidad basado en el lenguaje estándar para la definición de pruebas TTCN-3 (Testing and Test Control Notation) [8], llevándose a cabo la validación de todos y cada una de las pruebas definidas.

3.6 APLICACIONES (SP4 y SP5)

Algunos ejemplos de aplicaciones dentro del proyecto SAFESPOT:

- Alerta de peligros e incidentes mediante la transmisión de mensajes a los vehículos que se aproximan al área donde se ha producido el accidente.
- Intersecciones Seguras: Mediante una adquisición precisa de las trayectorias de los vehículos en la intersección y aproximándose a ella se pueden detectar situaciones peligrosas y advertir al resto de usuarios, tales como un obstáculo en la misma, comportamientos peligrosos o vehículos de emergencia aproximándose.
- Prevención de salida de la calzada, relacionando las velocidades adecuadas para el tipo de condiciones actuales en puntos peligrosos. Los vehículos equipados con sensores que midan la fricción de la carretera pueden advertir del estado de la misma al resto de vehículos.
- Cambio de carril seguro, mediante la detección de posibles vehículos aproximándose a velocidades peligrosas.
- Límites de velocidad dinámicos, teniendo en cuenta factores ambientales variables como pueda ser la presencia de lluvia o niebla, tráfico denso o vertidos en la calzada.

3.7 TEST SITES

Uno de los aspectos más importantes del proyecto es su intención de aplicar en la medida de lo posible los resultados obtenidos, de una forma práctica. Para ello, la última fase del proyecto consiste en la validación del sistema en su conjunto.

Tal y como está planteada la estructura del proyecto, en la que los distintos módulos se desarrollan en distintos subproyectos, es necesaria una etapa final de integración de todos ellos de cara a una posterior validación. Esto se lleva a cabo en los *Test Sites*.

Existen 5 *Test Sites*:

- *Germany TS*
- *Italy TS*
- *Netherlan TS*
- *Sweden TS*
- *West TS*, que agrupa los *Test Sites* de Francia y España

En España los socios participantes en el *Test Site* son CIDAUT, Renault España, Telefónica I+D y la Universidad Politécnica de Madrid. El lugar escogido para la realización de las pruebas es Valladolid, en el recinto del Parque Tecnológico de Boecillo. Para ello se dispone de dos vehículos Grand Modus que están siendo equipados con sendas OBUs. Los aspectos que se pretenden evaluar son tanto las características técnicas (latencias, problemas de transmisión, rendimiento, precisión,...) así como la evaluación con usuarios en cuanto a aspectos de la interfaz humana (hay que señalar que el proyecto SAFESPOT no actúa en ningún momento sobre el vehículo, sino que trata de aumentar el rango de percepción del usuario para que sea capaz de actuar con mayor antelación frente a un peligro).

4 CONCLUSIONES

SAFESPOT es un ambicioso proyecto en el que participan más de 50 socios, orientado al aumento del margen de seguridad de forma cooperativa entre los distintos agentes de la vía. Se trata de un sistema no centralizado que trabaja utilizando las ventajas de la comunicación V2V y V2I para incrementar el tiempo de antelación con en el que un usuario percibe los riesgos en la carretera. Para ello se toman tres tecnologías como base: redes vehiculares (VANET), una base de dato georreferenciada (LDM) y el desarrollo de sistemas de posicionamiento de mayor precisión. Estas tres tecnologías vienen apoyadas por nuevos

sensores que aportan una información más completa del entorno y módulos de *Data Fusion* que unifican las distintas fuentes de información.

Por último, resaltar el enfoque práctico que se ha tratado de dar a este proyecto, partiendo de las aplicaciones para diseñar los componentes y la planificación de una etapa final de integración y validación del sistema en conjunto en distintos escenarios.

BIBLIOGRAFÍA

[1] LIDSTROM. K and LARSSON. T (Oct. 2007). "Cooperative Communication Disturbance Detection in Vehicle Safety Systems", Proceedings of the 2007 IEEE, Intelligent Transportation Systems Conference.

[2] D7.4.3 – SAFESPOT Certification Reference Framework – Part A v1.0, SAFESPOT SP7.

[3] D7.4.3 – SAFESPOT Certification Reference Framework – Part B v1.0, SAFESPOT SP7.

[4] ISO/IEC 10746: 1996. "Information technology - Open Distributed Processing -Reference Model: Foundations".

[5] D3.3.4 – Vehicular Adhoc Network Specification v1.1, SAFESPOT SP3.

[6] ISO/IEC 9646-1: 1994. "Information technology - Open Systems Interconnection - Conformance testing methodology and framework - Part 1: General concepts".

[7] ETSI EG 202 237 - IP Testing; Generic approach to interoperability.

[8] ETSI ES 201 873-1, V3.2.1: (2007-02). "Methods for Testing and Specification (MTS); The Testing and Test Control Notation version 3; Part 1: TTCN-3 Core Language".

SAFESPOT. Available: www.safespot-eu.org/.