

VEHICULAR NETWORKS AND SERVICES

White paper – AEI eMOV

Este documento presenta un conjunto de retos y líneas de investigación prioritarias en relación con el desarrollo de redes y servicios vehiculares en los próximos años.

Coordinador: Iván Lequerica.
Telefónica I+D

Correo electrónico: ilr@tid.es

24/03/2010

ÍNDICE

Índice	1
Executive Summary	2
Lista de acrónimos.....	3
1 Introducción	5
2 Líneas de Investigación.....	5
2.1 SERVICIOS.....	5
2.1.1 Información y entretenimiento.....	5
2.1.2 Seguridad vial.....	6
2.1.3 Movilidad y Eficiencia	7
2.1.4 Medio ambiente y Sostenibilidad	7
2.2 COMUNICACIONES	8
2.2.1 Sistemas NGN.....	8
2.2.2 Comunicaciones Machine to Machine (M2M).....	9
2.2.3 Protocolos de encaminamiento.....	9
2.2.4 Mantenimiento de sesión y handovers verticales	10
2.2.5 Seguridad y privacidad.....	11
2.2.6 Comunicación intravehicular	11
2.2.7 Road Side Units	12
2.3 TECNOLOGÍAS RADIO.....	13
2.3.1 Modelos de canal y propagación	13
2.3.2 WAVE (IEEE 802.11p).....	13
2.3.3 Antenas fractales, reconfigurables y multipuerto	14
2.4 EQUIPAMIENTO EMBARCADO.....	15
2.4.1 On Board Unit.....	15
2.4.2 Dispositivos nómadas	15
2.4.3 Integración con sistemas del vehículo	16
2.4.4 HMI Multimodal.....	16
2.5 FIELD OPERATIONAL TESTS E INTEROPERABILIDAD.....	17
3 Recomendaciones	18
Listado de redactores.....	19

EXECUTIVE SUMMARY

This whitepaper presents the research and innovation priorities in the field of vehicular communications and services. Academic, research and industry stakeholders have cooperated to define the research lines in this field for the next years.

We classify these priorities into five different areas: Services, communications, media, on-board equipment and field operational tests. We summarize the most relevant aspects in every area.

One of the main goals is to create and deploy services that will make roads safer, efficient, sustainable and more enjoyable. For achieving this objective we propose the following lines; improvement the collision avoidance mechanisms, use contextual information, promote social networks and intensively work in making “green car” (including electric car) initiatives come true.

In vehicular communications, there are many open issues in Vehicular Ad hoc Networks (VANET) including routing protocols, session maintenance, security and privacy aspects and more research effort is needed. We identify the use of Next Generation Networks (NGN) and Machine2Machine (M2M) platforms as promising future research lines in VENS.

One of the most challenging objectives is to improve and adapt radio technologies to the vehicular environment. Thus, an important research effort on antennas (fractal, reconfigurable and multiport), propagation models and coding is needed. We must follow research and standardization activities on WAVE (IEEE 802.11p) as the technology designed to V2V communications.

There is also a need to investigate how on board equipment can be improved. We must work, not only on OBUs and Car PCs but also on the emergent community of nomadic devices and smartphones with advanced features. This community and the ecosystem of applications will be a proper platform for the deployment of ITS systems within vehicles. HMI related aspects should be also taken into account to accomplish the regulatory norms and enable a secure use of services by driver and passengers.

To ensure the deployment and interoperability of ITS systems, we need to provide reliable mechanisms and certification frameworks widely adopted. Also, validation activities in real scenarios with a large number of users, commonly known as Field Operational Tests (FOT) will be essential.

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
API	Application Programming Interface
C2CCC	Car to Car Communication Consortium
CALM	Communications access for land mobiles
CAN	Control Area Network
CCA	Collision Chain Avoidance
ECU	Electronic Control Unit
DAB	Digital Audio Broadcasting
DSRC	Dedicated short-range communications
DVB	Digital Video Broadcasting
FOT	Field Operational Test
FPGA	Field Programmable Gate Array
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communications
HMI	Human Machine Interface
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ICC	Integrated Chassis Control
IMS	IP Multimedia Subsystem
ITS	Intelligent Transport Systems
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine to Machine
MIMO	Multiple Input, Multiple Output
NGN	Next Generation Networks
NLOS	Non-Line of Sight

OBD	On Board Diagnostics
OBU	On Board Unit
OSGi	Open Services Gateway Initiative
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
RSU	Road Side Unit
SDR	Software-Defined Radio
SOA	Service Oriented Architecture
ICT	Information and Communication Technology
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2R	Vehicle to Road
V2V	Vehicle to Vehicle
VANET	Vehicular Ad-hoc Networks
VENS	Vehicular Networks and Services
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments

1 INTRODUCCIÓN

La aplicación de ICT en los sistemas de transporte en general y en los vehículos en general se identifica como una de las áreas con mayor potencial de crecimiento para el sector Telco. Es más, se espera que su aplicación reduzca en gran medida el número de accidentes en carretera así como la contaminación global por emisiones de Co2. El vehículo es tras la oficina y el hogar, el entorno dónde más tiempo pasa un ciudadano medio. Existe una gran demanda por parte de conductores y pasajeros de servicios que hagan los viajes más entretenidos y productivos.

El objetivo del documento es presentar las líneas de investigación a seguir en el ámbito de los servicios y las comunicaciones vehiculares en los próximos años. Se identifican las áreas más relevantes para industria y comunidad científica, detallando los aspectos más innovadores y con mayor potencial de crecimiento en cada una de ellas.

Estamos en un momento clave para el despliegue de sistemas ITS en entornos reales, por lo que, se priorizarán aquellas actividades innovadoras que fomenten el despliegue de VENS.

Por último se proponen unas recomendaciones para llevar a cabo con éxito los procesos de innovación, incluyendo seguimiento a actividades de estandarización, grupos de referencia y legislación.

2 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

2.1 SERVICIOS

2.1.1 Información y entretenimiento

Dentro de esta categoría de servicios, será vital la contextualización atendiendo las necesidades y preferencias de los usuarios. Se investigará la tecnología necesaria para facilitar que el propio entorno proponga los servicios a usar en cada situación por los vehículos y sus usuarios. Las tecnologías de web semántica y ontologías se presentan como una herramienta ideal para el modelado y procesamiento del contexto así como del aprendizaje automático.

Una de las tendencias con mayor crecimiento a día de hoy son las redes sociales y entornos colaborativos, y se espera que el automóvil sea uno de los entornos de aplicación. Será necesario investigar en la adaptación de contenidos y funcionalidades para poder generar y compartir información relevante en ruta, optimizando el envío de información a comunidades de usuarios o áreas geográficas. De esta forma los usuarios se convierten en generadores de contenidos e incluso servicios ("prosumers"). Cómo aspecto más innovador se apunta la inclusión de agentes virtuales en el vehículo, trasladando el concepto de avatar. El objetivo es generar un modelo híbrido de interacción entre el mundo real y el virtual

La tendencia a la provisión de contenidos multimedia de alta definición bajo demanda y en tiempo real generará importantes retos en el entorno vehicular. Será necesario trabajar para garantizar la calidad de la experiencia de usuario (QoE).

Se propone mejorar los sistemas de información en los medios de transporte públicos y privados para fomentar la intermodalidad. El objetivo es optimizar el uso de medios de transporte e infraestructuras como intercambiadores y parkings enriqueciendo los sistemas de información con datos en tiempo real de ocupación, incidencias, etc.

2.1.2 Seguridad vial

Una de las aplicaciones más importantes en este marco lo representan las CCA (*Collision Chain Avoidance*), o "Aplicaciones para evitar las colisiones en cadena". Consisten en transmitir de forma controlada notificaciones de alerta por riesgo de colisión con el fin de que aquellos vehículos que presenten riesgo real de accidente puedan reaccionar convenientemente a esta información y por tanto evitar el choque. Existen dos modalidades para los sistemas CCA: (i) Seguridad preventiva, un vehículo que recibe una notificación CCA emite una señal de alarma audible y visible en el navegador o activa un sensor en un volante táctil. (ii) Seguridad activa, ante la recepción de un mensaje CCA se accionan automáticamente frenos y ABS.

La evaluación de prestaciones y la mejora de los servicios CCA en función del índice de penetración de la tecnología DSRC son cruciales para fabricantes, gestores/administración del tráfico de vehículos y usuarios. Debido a la gran complejidad que presentan los numerosos escenarios posibles y la cantidad de parámetros de interés implicados, el estudio de los siguientes aspectos en las prestaciones de un sistema CCA es un tema de investigación abierto: (1) La inclusión de la distribución del tiempo de reacción frente a la alarma audible o táctil. (2) El efecto del comportamiento de conductores agresivos en los modelos de movilidad, incluyendo distribuciones estadísticas realistas para parámetros como aceleración, deceleración, distancia intervehicular, etc. (3) El modelo de canal y de las distintas capas de la arquitectura de comunicaciones y su influencia en la probabilidad de error de los paquetes. (4) La inclusión de distribuciones realistas para los retardos incurridos por el protocolo MAC y por el procesado de los mensajes. (5) La frecuencia con la que se transmiten los mensajes de notificación de seguridad. (6) Las políticas de retransmisión de paquetes por parte de los vehículos que forman la cadena.

Asimismo, otro de los campos de interés abiertos se refiere a la determinación de las condiciones de conducción, en particular en lo que refiere a: (1) Información I2V o reconocimiento desde el mismo vehículo del estado de la carretera (p.e., mediante sensores integrados en la infraestructura junto con el desarrollo de sistemas de comunicación I2V); (2) Detección del estado del conductor y suplemento por sistemas del vehículo (detección mediante sensores del grado de reacción del conductor respecto a acción sobre pedales, volante, etc. ante una situación de riesgo y su confrontación con el umbral mínimo para resolverla favorablemente); (3) Control de ocupantes del vehículo (detección de la posición de los ocupantes del vehículo, chequeo en los sistemas de retención de los ocupantes, etc.).

Finalmente cabe indicar el desarrollo de aplicaciones de seguridad en función de las distintas situaciones de peligro, destacando dos grupos principales: (i) aplicaciones de

atención cooperativa (*Cooperative Awareness Applications*) y (ii) aplicaciones de aviso de posible riesgo o peligro (*Hazard Warning Applications*). Dichas aplicaciones deben hacer frente a importantes retos tecnológicos, como por ejemplo: fiabilidad del canal y de los protocolos utilizados, falsas alarmas en el interfaz hombre/máquina, precisión en el sistema de navegación, etc.

2.1.3 Movilidad y Eficiencia

A continuación, identificamos algunos servicios que tienen como objetivo final la mejora de la movilidad y de la eficiencia del transporte de personas y mercancías. Cada uno de ellos agrupa diversas líneas de investigación que están relacionadas, principalmente, con la obtención, procesado y explotación de gran volumen de información heterogénea en tiempo real:

- Recomendaciones de ruta y medio de transporte. Sistemas capaces de identificar la mejor opción para el viajero de acuerdo con sus preferencias (tiempo/coste/emisiones) y deben acceder a información de tráfico en tiempo real, opciones de aparcamiento y condiciones meteorológicas así como analizar e integrar las alternativas de transporte explotando la intermodalidad: público (incluyendo flotas de bicicletas y vehículos eléctricos), compartido y vehículo propio.
- Gestión de tráfico desde una perspectiva de sistema. Herramientas de control global de tráfico adaptativas capaces de optimizar la regulación semafórica y otras señales con mensajes variables. También se identifica la posibilidad de ofrecer información personalizada desde los centros de control para influir en las decisiones de los conductores o viajeros que puedan resultar en un beneficio tanto para el individuo como el sistema.
- Plataformas de gestión de flotas. Sistemas que optimicen los procesos de monitorización, trazabilidad y manipulación de mercancías, la eficacia de las redes de distribución y la sincronización entre operadores y autoridades logísticas. También identificamos las plataformas de vehículo compartido y los sistemas de gestión para flotas de transporte público capaces de adaptarse dinámicamente a la demanda en frecuencias y rutas.
- Para desarrollar estos servicios son necesarias nuevas (o mejoradas) tecnologías y sistemas de las cuales destacamos: extensas redes sensoriales interoperables para la monitorización de flujos de vehículos y peatones, modelos y simuladores capaces de identificar el impacto real de los servicios, técnicas para medir la "huella de carbono", y equipos de comunicación inalámbricos (p.e. con IEEE 802.21 como soporte a la gestión de handover) que ofrezcan la información y proporcionen capacidad de interacción con la infraestructura en tiempo real.

2.1.4 Medio ambiente y Sostenibilidad

Otra futura vía de investigación en el área de movilidad en la vertiente de medioambiente y sostenibilidad son los proyectos relacionados con las vías alternativas de movilidad.

Es necesario fomentar los servicios de movilidad integrados, es decir proporcionar soluciones de movilidad integrada en las ciudades, combinando rutas de coches, bicicletas, tranvías, autobuses, car sharing, car pooling, etc. para crear una ciudad sostenible. En este contexto, juega un papel decisivo la inteligencia artificial capaz de disminuir mediante una gestión inteligente el tráfico en las ciudades, con gestión de rutas y otras necesidades vehiculares. La gestión del tráfico en función de los niveles de contaminación en tiempo real se podrá realizar mediante la detección del nivel de contaminación local mediante sensores inteligentes. Comunicando a los vehículos el nivel de contaminación y las recomendaciones individuales sobre la manera de conducir. En función de los niveles de contaminación internos de un túnel se podrían activar los sistemas de ventilación, incluso regulando los niveles de emisión de cada uno de los vehículos

Otra línea importante de investigación es aquella relacionada con el uso de combustibles alternativos o de nuevas vías de recarga de vehículos eléctricos.

2.2 COMUNICACIONES

2.2.1 Sistemas NGN

El desarrollo de las Redes de Nueva Generación, o Next Generation Networks (NGN), implica la integración de servicios heterogéneos en una red de telecomunicaciones all-IP. Estas redes transportan voz, datos, y contenido multimedia a través de Internet, pero están especialmente adaptadas para la oferta de servicios al usuario final. Actualmente, existen multitud de especificaciones para NGN, sin embargo, el reto ahora está en particularizar éstas en desarrollos concretos. Los protocolos de comunicaciones están aún por explotarse y el despliegue de servicios está por llegar. El acceso a funcionalidades de IMS presenta un aspecto muy interesante en la evolución de las redes NGN. De esta manera, será posible acceder a servicios orientados a la movilidad, a través de una plataforma global all-IP orientada a servicios, e independiente de la tecnología de acceso.

En el ámbito de la telemática vehicular, NGN será la infraestructura sobre la que se desplegarán servicios como aviso de accidentes, notificaciones de tráfico o información de interés en ruta. El modelo de arquitectura NGN, caracterizado por planos independientes e interfaces abiertas para favorecer la convergencia de las redes, es plenamente aplicable en ITS y, en particular, a las VENS. Éstas constituyen un claro caso de uso, ya que combinan diversas tecnologías de comunicación V2X y la provisión de múltiples servicios en un contexto exigente de movilidad. Los retos más interesantes se abordarán en:

- El plano de control, basado en IMS-SIP, para garantizar la gestión de las sesiones independientemente del mecanismo de acceso que se esté empleando.
- Las capacidades ofertadas para el entorno vehicular, como localización, broadcast o multicast, identidad del usuario, tarificación o DRM (Digital Rights Management).
- La integración del vehículo como un sensor más de la red viaria fomentará la asimilación de la computación ubicua en ITS.

2.2.2 Comunicaciones Machine to Machine (M2M)

La investigación en soluciones de comunicación M2M ofrecerá interesantes oportunidades de aplicación en el entorno vehicular. A continuación se listan las líneas más interesantes:

Las plataformas M2M habilitarán mecanismos de configuración autónoma e inteligente de módulos de comunicaciones y servicios embarcados en el vehículo (por ejemplo direccionamiento IP o aspectos de seguridad y privacidad).

Se investigará en el diagnóstico remoto y automatizado mediante la monitorización en tiempo real de sistemas del vehículo. Mediante la recogida automática de datos de los vehículos (posición, velocidad, ruta, condiciones climáticas, emisiones, etc) en tiempo real, podrán alimentarse los sistemas de gestión para elaborar y proporcionar a otros vehículos información actualizada de las condiciones de tráfico, proponer rutas alternativas, o sugerir pautas de conducción más ecológicas. Esta recolección de información permitirá también el pago de tasas en función de la forma de conducir ("pay-as-you-drive") o impuestos de carácter medioambiental ("pay-as-you-pollute").

Se identifica una evolución hacia el concepto de Mercancía Inteligente, que implica: mejorar monitorización, trazabilidad y manipulación de mercancías, aumentar la eficacia de las redes de distribución y la sincronización entre operadores y autoridades logísticas y mejorar la sostenibilidad de los sistemas logísticos, minimizando su impacto en términos de congestión y polución.

Es necesario un esfuerzo investigador para integrar dentro de las plataformas M2M funcionalidades avanzadas cómo la monitorización contextual, las sondas para minería de datos, la optimización de APIs y protocolos para un intercambio eficiente de información entre vehículos y servidores.

2.2.3 Protocolos de encaminamiento

Las redes ad hoc vehiculares (VANET) se caracterizan por facilitar la comunicación entre vehículos que se encuentran alejados entre sí usando otros vehículos intermedios como relays. Este tipo de comunicaciones, también llamadas multi-salto son un habilitador de numerosas aplicaciones tanto en el ámbito de la seguridad como de la información viaria. Los protocolos de encaminamiento son precisamente aquellos que especifican como enviar los mensajes a través de los otros vehículos intermedios desde el emisor al receptor o receptores. El nivel de red y transporte para redes vehiculares en Europa se encuentra actualmente en proceso de estandarización a cargo del WG3 de ETSI. Al igual que la gran mayoría de propuestas, la estrategia de encaminamiento seleccionada por ETSI se basa en la posición geográfica (Geonetworking). Pese al gran interés que el encaminamiento ha despertado, quedan aún importantes líneas de investigación que deberían considerarse a corto y medio plazo:

- Integración con múltiples tecnologías y redes: Las propuestas actuales de encaminamiento se centran en comunicaciones totalmente ad hoc sin sacar partido a la infraestructura de comunicaciones disponible (por ejemplo las redes móviles 3G, RSUs, WiMaX, etc.) para poder mejorar el rendimiento.

- Adaptación a requisitos de QoS y seguridad: Las aplicaciones de las redes VANETs son muy diversas en cuanto a requisitos de red (capacidad, retardos, jitter ...) así como de seguridad (confidencialidad, autenticación...). Las soluciones de encaminamiento deberían de poder ofrecer un servicio variable y adaptado a las necesidades de cada aplicación incorporando avances en materia de control de congestión, soporte multi-canal, etc.
- Integración con servicios de información: Muchas de las mejoras recientes al encaminamiento en VANETs se basan en el empleo de un comportamiento predictivo basado en conocer información tal como mapas de calles, densidades de vehículos por las calles, etc. Sin embargo, la integración efectiva de servicios de información y elementos de la infraestructura para asistir a la tarea de encaminamiento no ha sido suficientemente estudiada. Esto incluye también lo referente a los servicios de localización.
- Marcos de trabajo para evaluación y experimentación: Actualmente la evaluación de las alternativas propuestas se suele basar en simulaciones sobre escenarios de red diferentes, con simuladores diferentes y en muy pocas ocasiones acompañados de estudios empíricos. La definición de métricas y escenarios relevantes permitiría evaluar las implicaciones prácticas de las diferentes alternativas de diseño.

2.2.4 Mantenimiento de sesión y handovers verticales

A continuación se identifican las líneas de investigación con mayor potencial en el área de gestión de la movilidad y handovers verticales para entornos vehiculares:

- Aplicabilidad del estándar IEEE 802.21 a redes VENS. En la fase de recogida de información (iniciación del handover) los esfuerzos se orientan hacia la convergencia y estandarización de los parámetros y primitivas que informan sobre los eventos y situaciones que conducen al handover cuando provienen de tecnologías subyacentes distintas (UMTS, IEEE 802.11, IEEE 802.16, etc.). IEEE 802.21 concentra los esfuerzos en este sentido y sería necesario estudiar su aplicabilidad a las VENS.
- Requisitos de calidad de servicio: Por un lado se tiene la heterogeneidad de los servicios a prestar y por lo tanto de los requisitos que estos tienen. Por ejemplo, aplicaciones de seguridad vial tendrán requisitos de prioridad críticos mientras que servicios de infotainment impondrán valores de retardo, jitter, etc. difíciles de soportar teniendo en cuenta la alta movilidad en las VENS.
- Relación con el encaminamiento ad-hoc: La movilidad tiene un gran impacto en el encaminamiento en redes ad-hoc, como son las VANETs, y viceversa. Es importante estudiar mecanismos que combinen esquemas de gestión de movilidad con el encaminamiento ad-hoc para mejorar la eficiencia del funcionamiento conjunto.
- Mejora de la eficiencia mediante el modelo de movilidad y predicciones: La propia topología de las calles y carreteras limita mucho la movilidad de los vehículos. Esto hace que la movilidad, aunque es alta, sea relativamente fácil de predecir. Además, el uso de la información de contexto (situación, destino, ruta planeada, etc.) adecuadamente integrada con los servicios de información (por ejemplo, IEEE

802.21) permitiría hacer una gestión más eficiente de la movilidad y de los handovers (handovers predictivos).

2.2.5 Seguridad y privacidad

Dentro de las VENS, la información transmitida se emplea para tomar decisiones, por lo que los usuarios deben tener plena confianza en dicha información ya que de ella dependerán sus acciones futuras. Por tanto, entre otros requisitos, se debe asegurar que los mensajes que se transmiten provienen de agentes de confianza (autenticación), que dichos mensajes no han sido alterados por agentes maliciosos (integridad) y que la información transmitida no puede ser obtenida ni interpretada por nodos no autorizados (confidencialidad). Asimismo, existen servicios como peaje electrónico o notificación y gestión de infracciones donde es necesario contar con la capacidad de poder probar que un determinado usuario o vehículo realmente envió o recibió un determinado mensaje (no repudio).

Otro aspecto a tener presente consiste en garantizar la no trazabilidad de los elementos de las VENS, de forma que ningún agente externo pueda realizar un seguimiento de sus operaciones, ni obtener patrones de comportamiento de los nodos. En relación con este tema, los proveedores de servicios deben garantizar la privacidad de los datos de los usuarios de las VENS, cumpliendo siempre las medidas de protección de datos de carácter personal vigentes para el almacenamiento y tratamiento de estos datos.

No se debe olvidar que la introducción de mecanismos adicionales que permitan cumplir estos requisitos de seguridad puede afectar al funcionamiento normal del sistema. Por todo esto, es necesario encontrar un compromiso entre seguridad y eficiencia para, en ningún caso, penalizar el rendimiento de las redes.

2.2.6 Comunicación intravehicular

Tecnologías inalámbricas como WiFi (estándares IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15.1 y pila de protocolos sobre el mismo) o Zigbee (IEEE 802.15.4) se muestran como habilitadoras de nuevas aplicaciones y servicios que permitan que el usuario de un dispositivo nómada disfrute de una experiencia aumentada durante un trayecto.

Un aspecto de especial interés, en un entorno en el que es complicado garantizar homogeneidad en las características de los dispositivos nómadas introducidos en el vehículo, es el de poder detectar las mismas y servir software y contenidos adaptados al sistema operativo y otras características software y hardware del dispositivo: tamaño de pantalla, número de colores, mecanismos de entrada y salida de datos (teclado más o menos completo, pantalla táctil, etc.), o sensores (brújula, acelerómetros, sensor de luz, etc.).

Cabe destacar la posibilidad de comunicar el dispositivo nómada con los sensores del vehículo. Ante esta creciente tendencia se hace necesario utilizar una tecnología de comunicación estandarizada. IEEE 802.15.4/ZigBee es un estándar desarrollado para WSN (wireless sensor network) robusto, fiable, seguro, de bajo coste y consumo

energético reducido. Debido a la gran inversión en sistemas CAN, se perfila como solución de interés el desarrollo de sistemas híbridos que integren la tecnología CAN con WSN a través de un Gateway, de forma que señales cableadas CAN se pudiesen convertir en señales inalámbricas y viceversa.

Otras tecnologías inalámbricas que se identifican como de gran utilidad para el establecimiento de comunicaciones intravehiculares para dispositivos nómadas son: (1) Tecnología NFC (Near Field Communication): para la identificación de vehículos o de algunos de sus componentes a la hora de efectuar controles. (2) Tecnología UWB (Ultrawideband) puede ofrecer interesantes posibilidades de aplicación para la distribución de contenidos multimedia (audio y video de alta calidad) en el interior del vehículo. (3) Tecnología Bluetooth 3.0 + HS; incorpora la funcionalidad High Speed gracias a la introducción de WiFi como capa física y podrá en el futuro desempeñar su misma función como tecnología de acceso al OBU. (4) Tecnología Low Energy Bluetooth (Bluetooth 4.0): asociada a la sensórica y con potencial aplicación a la monitorización del estado físico del conductor y de parámetros específicos de funcionamiento del vehículo.

2.2.7 Road Side Units

Las *Road Side Units* (RSU) actúan como intermediarios de comunicación entre las redes VANET y los Centros de Gestión de la Movilidad, proporcionando a la vez a los vehículos una vía alternativa para acceder a otros servicios no estrictamente de tráfico (p. ej, *infotainment*). Los principales retos a abordar en este terreno a medio plazo serán:

Integración de las RSU en las infraestructuras viarias y total interoperabilidad tanto con las redes y sistemas de tráfico (en cuya gestión interviene un complejo modelo de competencias administrativas) como con los sistemas embarcados en los vehículos.

Despliegue de una arquitectura distribuida, flexible y fiable de RSUs capaces de: recoger, procesar y almacenar datos de los vehículos y de su entorno, distribuir eficazmente la información según criterios geográficos, reorganizarse autónomamente en caso de necesidad (sobrecargas de tráfico, caída de nodos, etc.) y ejecutar servicios localmente en coordinación con los centros de gestión a través de las redes de respaldo.

Optimización de comunicaciones I2R y R2V, mediante mejoras en: los procedimientos de anuncio de las RSUs para agilizar su descubrimiento y el acceso a sus servicios, sus técnicas de evaluación de la validez espacio-temporal de los mensajes intercambiados y sus mecanismos de traspaso (*handover*) entre RSUs (actualmente más largos de lo deseable) para los servicios que lo requieran, sin pérdidas de sesión ni de calidad (QoS).

A más largo plazo se prevé una evolución hacia un nuevo modelo integral de infraestructuras sostenibles de tráfico basadas en nodos inteligentes (alta capacidad de procesamiento), compactos, energéticamente eficientes (incluso autoalimentados), de pequeño tamaño y coste reducido distribuidos a lo largo de la red viaria, que integrarán componentes de sensorización no intrusiva de parámetros medioambientales y de tráfico y elementos de conectividad con los vehículos, los dispositivos nómadas a bordo, los centros de control y otros elementos de la

infraestructura mediante redes de comunicaciones inalámbricas heterogéneas (WLAN, VANET, MESH, LTE).

2.3 TECNOLOGÍAS RADIO

2.3.1 Modelos de canal y propagación

Debido a la gran experiencia en la caracterización del canal móvil en entornos microcelulares, existen ya numerosos modelos I2V en entornos urbanos, válidos algunos de ellos en la banda DSRC de 5,8/5,9 GHz y en otras bandas sin licencia de 2,4 y 5,2 GHz. Sin embargo, en autovías y carreteras en entornos suburbanos y rurales se necesita caracterizar adecuadamente este canal, en función de la densidad de tráfico, posición del RSU y orografía del terreno.

A pesar del esfuerzo en caracterizar el canal móvil de banda estrecha mediante modelos de pérdidas de propagación y en banda ancha con parámetros y funciones de dispersión temporal y frecuencial (Doppler), es necesario aún evaluar para los entornos anteriores el impacto de la densidad de tráfico de vehículos en algunas estadísticas de canal, como distribución de amplitudes, funciones de correlación espacio-tiempo y densidad espectral de potencia Doppler espacial. Asimismo, se precisa analizar el proceso de desplazamiento y nacimiento y muerte de las contribuciones multitrayecto debido a la gran movilidad del entorno, que da lugar a un canal no estacionario. Por último, se requiere considerar escenarios de propagación 3D teniendo en cuenta ángulos de elevación pues los actuales modelos propuestos consideran únicamente propagación 2D.

Es necesario desarrollar modelos de canal que contemplen transmisores y receptores con múltiples antenas (MIMO), dado que es muy probable que se implemente por la elevada disponibilidad de espacio en la carrocería del vehículo. Por lo tanto, el estudio y análisis del grado de correlación entre los distintos caminos de propagación para evaluar las prestaciones derivadas del empleo de técnicas MIMO en redes vehiculares constituye una línea importante de investigación.

Por último, se precisa el desarrollo de emuladores de canal en tiempo real para el test de equipamiento radio dado que los nuevos modelos suponen un reto computacional a su implementación en tiempo real. Asimismo, es deseable el diseño de emuladores de canal con *hardware* reconfigurable (p.e. FPGA) para disponer de la suficiente flexibilidad que demandarán la multitud de escenarios que cubrirán los nuevos modelos de canal radio que se definan.

2.3.2 WAVE (IEEE 802.11p)

Los principales retos del estándar V2V y V2R son la fiabilidad y la inmediatez (real-time), especialmente en el ámbito de las aplicaciones de seguridad en el transporte. Algunas de las pruebas más representativas para evaluar las comunicaciones V2V y V2R empleando equipamiento WAVE, muestran que las mayores carencias del estándar se encuentran en el proceso de traspaso de handover, cuyos resultados de latencia (360ms de media) están aún lejos de los valores considerados como óptimos (<100ms) y en las situaciones de pérdida de visión directa por obstrucción (NLOS).

La evaluación de prestaciones mediante simulación en VANET es esencial, ya que la elevada complejidad de la red no permite habitualmente su caracterización analítica. La simulación de IEEE 802.11 y sus variantes está muy consolidada y estudiada, pero existen diversos retos claves a la hora de desarrollar simuladores adecuados para VANET: (i) la integración de modelos de tráfico, (ii) la fiabilidad del modelo radio y (iii) la integración en modelos de optimización. Respecto a los modelos radio, actualmente no contemplan características como el uso de múltiples antenas (MIMO), el impacto de la densidad de tráfico, la no estacionalidad del caso V2V y la importancia del ángulo de elevación (3D) .

Los retos planteados son por tanto: (1) Demostrar la viabilidad del estándar para aplicaciones críticas de seguridad, trabajando, a nivel de simulación, en la optimización de las muestras de tráfico real en escenarios de NLOS y handover. (2) Caracterizar a nivel de simulación el estándar 802.11p y el europeo basado en el anterior y publicado en enero de 2010¹ , integrando simuladores con meta-heurísticos de optimización (ej., algoritmos genéticos, búsqueda tabú, etc.), para disminuir la complejidad computacional de los simuladores y aumentar la eficacia de los mismos. (3) Modificar la capa física del estándar a nivel de simulación: mejorando o cambiando el sistemas de codificación para hacerlo más robustos frente a las reflexiones multicamino y redistribuyendo la canalización del estándar y las frecuencias piloto, manteniendo siempre unos niveles bajos de complejidad en los receptores. (4) Desarrollar test beds para 802.11p que validen la simulación de los escenarios críticos. (5) Desarrollar modelos radio que incorporen características cruciales de la comunicación V2V, así como su implementación en tiempo real de modo que se puedan integrar en modelos de simulación.

2.3.3 Antenas fractales, reconfigurables y multipuerto

El correcto funcionamiento de los sistemas inalámbricos como GSM, GPS, DVB-T, DAB o UMTS depende en buena medida de un funcionamiento correcto de la antena. Cada uno de los servicios mencionados requiere una implementación de una antena particular para la banda específica o una antena multi-banda, cubriendo las bandas de varios estándares. Los constructores de vehículos prefieren antenas de tamaños pequeños, facilitando así su integración en el vehículo sin alterar su geometría y aerodinámica. Un diseño ideal de una antena pequeña para aplicaciones vehiculares sería preferiblemente un diseño modular, permitiendo una implementación en diversas plataformas vehiculares, sin tener que recurrir a soluciones a medida para cada vehículo. En el diseño es imprescindible considerar las restricciones y necesidades del entorno vehicular como por ejemplo propiedades físicas de la antena (tamaño, material utilizado, forma), su proximidad a planos metálicos, su posible emplazamiento sobre superficies de vidrio o su emplazamiento dentro o fuera del vehículo. Es necesario estudiar la posibilidad de reducir el número de antenas necesarias para cubrir todas las tecnologías inalámbricas implicadas en el vehículo, unificando diferentes antenas en función de sus prestaciones físicas (rango frecuencial, diagrama de radiación, ganancia, etc.).

¹ ETSI ES 202 663 v1.1.0 (2010-01) Intelligent Transport Systems (ITS);European profile standard for the physical and medium access control layer of Intelligent Transport Systems operating in the 5GHz frequency band.

Estas características se pueden conseguir utilizando por ejemplo diseños fractales o antenas reconfigurables, permitiendo a la vez la reducción del tamaño de la antena y su uso en varias bandas. Considerando la necesidad de integración en el vehículo, además de antenas pequeñas, se puede considerar uso de nuevos materiales como por ejemplo materiales conductores transparentes que permiten la integración de las antenas en los cristales del vehículo sin deteriorar la visibilidad del conductor.

Asimismo, el entorno del vehículo va a degradar la calidad de la señal recibida por la antena. El empleo de antenas multipuerto puede constituir una solución, ya que se pueden conseguir antenas de pequeño tamaño, que combatan mejor la degradación de señal que introduce el entorno de propagación gracias a su característica multipuerto.

2.4 EQUIPAMIENTO EMBARCADO

2.4.1 On Board Unit

El aumento progresivo de servicios y tecnologías en la OBU suponen que las líneas de investigación apunten hacia la capacidad de reconfiguración de hardware para dar soporte a nuevos estándares de comunicación, minimizando así las posibilidades de obsolescencia, así como la modularidad en el diseño del software, de forma que los nuevos servicios puedan implementarse en módulos creados previamente. En ese sentido se deberá progresar en el desarrollo de arquitecturas centradas en la creación de pasarelas de servicios; o nuevas arquitecturas innovadoras basadas en esquemas de radio definida por software (SDR) que puedan permitir la integración de las múltiples radios asociadas a los estándares de comunicación que coexistan en la OBU.

En paralelo, la capacidad de computación avanza hacia la segmentación de actividades, en operaciones de red por un lado y comunicaciones más interfaz de usuario por otro. Como una derivada de ello, el aumento en la aceleración en la frecuencia de los procesadores y de las capacidades de memoria facilitará la implantación de modelos de comunicación e interacción V2V y V2I-I2V más avanzados y potentes.

2.4.2 Dispositivos nómadas

El objetivo es investigar para convertir los vehículos nómadas en una herramienta útil para el despliegue de comunicaciones y servicios en el entorno del automóvil.

La reciente aparición de dispositivos avanzados denominados smartphones ha traído consigo un sin fin de posibilidades al entorno móvil en general y al vehicular en particular. Las características diferenciadoras de estos terminales; gran capacidad de almacenamiento y procesamiento, pantalla táctil, receptor GPS, cámara de fotos, acelerómetro y comunicaciones avanzadas (Bluetooth, WiFi, 3G...) permitirán a estos dispositivos competir de forma directa con esquemas de equipamiento embarcado tradicionales como OBUs y Car PCs.

De forma paralela se ha generado un ecosistema de aplicaciones para estos dispositivos a bajo coste que está revolucionando el sector y generando gran cantidad

de servicios para el automóvil. Debemos identificar las plataformas y potenciar las herramientas que permitan el despliegue de aplicaciones útiles para el entorno del automóvil.

Para esto es necesario seguir de cerca el Hardware (Nexus One, iPhone 3GS, Nokia N900, Palm Pre, Motorola Droid, HTC Leo, Acer Liquid, etc) pero sobre todo los entornos de desarrollo y el software/firmware de los dispositivos (Android, Moblin, Meego iPhone OS, etc). La integración de nuevas funcionalidades que permitan el desarrollo y despliegue de aplicaciones en vehículos será una de las prioridades de investigación en esta área.

2.4.3 Integración con sistemas del vehículo

El incremento en el número de componentes de vehículo controlados electrónicamente mediante ECU es continuo. Si bien, la cooperación entre esas ECU y el acceso a la información que circula por ellas, o entre ellas y el conjunto de sensores y actuadores, sigue quedando restringido a los fabricantes de vehículos y las grandes empresas fabricantes de componentes.

Se deben estudiar todas las vías posibles para la integración de los nuevos dispositivos embarcados de comunicación V2V y V2I dentro de los propios sistemas de vehículos. Por lo tanto, las líneas de I+D pasan por el planteamiento de estándares de conexión y comunicación entre los nuevos dispositivos de equipamiento embarcado y los sistemas del vehículo, facilitando la conexión entre ambos y evitando el desarrollo de dispositivos específicos o únicos; y la posibilidad de que el equipamiento embarcado pueda acceder a ciertas capas de información de los sistemas del vehículo, garantizando la privacidad de aquellas otras capas que corresponden a uso propietario. Para ello será necesario el desarrollo de hardware y software de cifrado que garanticen fielmente las comunicaciones seguras entre ambas partes.

En lo que respecta a las ECU, se deberá facilitar la conexión con el equipamiento embarcado. En paralelo, se deberán desarrollar técnicas de gestión integral descentralizada, que garanticen la privacidad y propiedad de cada uno de los componentes de niveles inferiores. Esto se potenciará con la aparición de los nuevos vehículos eléctricos, donde existe la necesidad de nuevas informaciones hacia el usuario o hacia la infraestructura de recarga.

2.4.4 HMI Multimodal

El entorno vehicular es especialmente crítico a la seguridad, dado que posibles distracciones a los conductores podría acarrear dramáticas consecuencias. En esta línea, los interfaces entre las personas y los sistemas embarcados cobran una gran importancia.

Las líneas de investigación futuras deberán orientarse a la integración de diferentes tecnologías HMI que funcionen de manera conjunta y coordinada atendiendo al contexto del servicio. Estas tecnologías son básicamente; las tecnologías de voz, básicamente el reconocimiento automático de voz y la conversión texto-a-voz aparecen, las pantallas táctiles y cuadros de instrumento de los vehículos y los Head

Up Displays, encargados de proyectar información en el parabrisas y que se superponga a lo que el conductor obtiene de la carretera.

Para desarrollar estos sistemas es necesario avanzar en nuevos retos tecnológicos como las tecnologías de voz, la realidad aumentada, la usabilidad en entornos vehiculares, la integración de pantallas y mandos en los sistemas del fabricante de vehículos, etc.

2.5 FIELD OPERATIONAL TESTS E INTEROPERABILIDAD

Durante los próximos años será vital la promoción de actividades relativas a pruebas de campo o Field Operational Test (FOT) para validar estos desarrollos en entornos reales y evaluar su impacto combinado en el comportamiento del conductor y en los sistemas de transporte.² Para el éxito de estas expectativas, es necesario un marco de certificación estable y aceptado por la comunidad internacional teniendo en cuenta los foros: ITS EEUU, ITS Japón, ETSI, Car2Car Communication Consortium, entre otros.

Por ello, se debe seguir estas acciones, poniendo al servicio de la industria española el conocimiento de la evolución de la regulación en el testing y certificación de servicios ITS, incluyendo los desarrollos de pruebas de conformance, interoperabilidad y pruebas de campo.

Sólo la garantía de interoperabilidad con las distintas plataformas embarcadas por los distintos fabricantes garantiza una masa crítica de usuarios finales suficiente. Las líneas de investigación de eMOV en esta área son horizontales a tecnologías y servicios, trabajando en Requisitos, Diseño, Implementación y puesta en marcha de un programa de testing. Dicho programa debe incluir:

- Pruebas de interoperabilidad para convivencia de tecnologías de comunicaciones de corto y largo alcance en el vehículo para facilitar el desarrollo de servicios ITS.
- Desarrollo y despliegue de FOTs a nivel nacional basados en la metodología FESTA incluyendo pruebas en entornos de controlados y en escenarios reales con usuarios finales.
- Testing y pruebas de servicios ITS a través de nuevas tecnologías de comunicación móvil desarrolladas por 3GPP (LTE).

² Algunas iniciativas: consorcios EuroFOT, TeleFOT y FOT-Net.

3 RECOMENDACIONES

Además de actividades de investigación/innovación en las líneas prioritarias identificadas en la sección anterior, se apunta una serie de recomendaciones generales de cara a alinear el trabajo con la comunidad científica e industria internacional:

1. Seguimiento de foros relevantes a nivel europeo y mundial: ERTICO, Car-to-car Communication Consortium (C2CCC), eSAFETY Forum, ITS World, IntelliDrive, SmartWay.
2. Participación en actividades de estandarización. Las más relacionadas con VENS son ISO TC204 WG16, IEEE 802.11p, ETSI TC ITS e ITU.
3. Seguimiento a las actividades regulatorias y normativas en el entorno vehicular. Para asegurar una buena innovación, deberemos conocer de primera mano las implicaciones normativas a nivel nacional y europeo.
4. Colaboración con plataformas tecnológicas europeas como eMobility.

LISTADO DE REDACTORES

NOMBRE	ENTIDAD	CORREO
Iván Lequerica (coordinador)	Telefónica I+D	ilr@tid.es
Joaquín López	Aiddea	jlopez@aiddea.com
Miguel A. Guijarro	AT4 wireless	maguijarro@at4wireless.com
Marc Torrent	Barcelona Digital	mtorrent@bdigital.org
Anselmo Borobia	Bores	anselmo@bores.es
Leticia González	Cedetel	lgonzalez@cedetel.es
Jorge Biera	Citean	jbiera@citean.com
Ignacio Marin	CTIC	ignacio.marin@fundacionctic.org
Christian Ibars, Pavel Miskovsky	CTTC	{cibars, pavel.miskovsky}@cttc.es
Óscar Muñoz	Idiada	omunoz@idiada.com
Javier Álvarez	IMAXDI	josuna@imaxdi.com
Maite Cobo	ITCL	maite.cobo@itcl.es
Analía López, Jorge Seoane	ITG	{afidalgo, jseoane}@itg.es
Fernando Olivencia	Magtel	fernando.olivencia@magtel.es
Begoña Molinete	Tecnalia	bmolinete@robotiker.es
Sergio García	Treelogic	sergio.garcia@treelogic.com
Aránzazu Sanz	TST Sistemas	asanz@tst-sistemas.es
María Calderón	UC3M	maria@it.uc3m.es
Nekane Sainz, Asier Perallos, Igor Ruiz	UD	{nekane.sainz,perallos,igor.ira}@deusto.es
Miguel González	UDC	mgonzalezlopez@udc.es
Antonio M. Peinado	UGR	amp@ugr.es
Miguel Peñate	ULPGC	mpenate@diea.ulpgc.es
Antonio G. Skarmeta, Pedro	UMU	{skarmeta, pedrom, josesanta}@um.es

M. Ruíz, Jose Santa		
Luis Muñoz, Luis Sánchez	UNICAN	{luis,lsanchez}@tmat.unican.es
Joan García, Javier Vales, Rocío Murcia, Juan B. Tomás, Esteban Egea	UPCT	{joang.haro, jvales, rocio.murcia, juanba.tomas, esteban.egea}@upct.es
Juan Reig, Víctor Sempere, Eva A Daviu, Marta Cabedo	UPV	jreig@dcom.upv.es, vsempere@iti.upv.es, {evanda, marcafab}@upvnet.upv.es
Javier González	UVIGO	Javier.Gonzalez@det.uvigo.es