

Sistemas vehiculares cooperativos

Unai Hernández Jayo

PID_00157989

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. Introducción a los sistemas cooperativos	7
1.1. ¿Cómo pueden hacer frente los sistemas cooperativos a problemas de transporte urbano?	8
1.2. ¿Quiénes son los diferentes actores involucrados?	8
2. Arquitecturas disponibles	10
2.1. Arquitectura CALM	11
2.2. <i>Cooperative vehicle-infrastructure systems</i> . Proyecto CVIS	13
2.3. <i>Co-operative Systems for Intelligent Road Safety</i> . Proyecto COOPERS.....	17
2.4. Arquitectura de referencia ETSI EN 302 665	19
2.4.1. Subsistemas de la arquitectura ITS	21
3. Cómo pueden contribuir los sistemas cooperativos a solucionar problemas de tráfico	22
3.1. Gestión del tráfico	22
3.1.1. Evaluación del control de tráfico	23
3.1.2. Enrutamiento estratégico	24
3.1.3. Microenrutamiento	26
3.1.4. Aplicaciones de prioridad de vehículos	27
3.1.5. Perfiles de velocidad	28
3.1.6. Aplicaciones de información	29
3.2. Seguridad en carretera	30
3.2.1. Seguridad en intersecciones	30
3.2.2. Otras aplicaciones de seguridad	32
3.3. Transporte de mercancías	33
3.3.1. Gestión de mercancías peligrosas	33
3.3.2. Gestión de zonas de parking - Bahía de carga	34
3.3.3. Control de accesos	36
3.4. Transporte público	37
3.5. Impacto medioambiental del transporte	37
4. ¿Qué es necesario para el despliegue de sistemas cooperativos?	39
4.1. Tecnología	39
4.2. IPv6	40
4.3. Arquitectura	40

4.3.1. Un sistema abierto e interoperable	42
4.4. ¿Cómo se pueden financiar los sistemas cooperativos?	43
4.4.1. Modelo de negocio	44
5. Aspectos no tecnológicos.....	46
5.1. Aceptación del usuario	46
5.2. Seguridad y privacidad	47
5.3. Estandarización	47
5.4. Aspectos legales	47
Bibliografía.....	49

Introducción

Los sistemas cooperativos vehiculares son una de las claves principales en todos aquellos desarrollos incluidos en los sistemas inteligentes de transporte que tengan como objetivo la mejora de la gestión del tráfico y/o la seguridad vial. Estos sistemas están basados en el intercambio de información ya sea entre vehículos (*V2V-Vehicle to vehicle*) o bien entre vehículos y elementos fijos dispuestos en la infraestructura vial (*V2I-Vehicle to infrastructure* o *infrastructure to vehicle I2V*). Este flujo de datos tiene como objetivo que cada uno de los nodos de la red así creada disponga de información importante relativa al escenario en que se encuentre, y después de su procesamiento pueda así sugerir acciones a los conductores a través de los denominados *human machine interface (HMI)*, que en muchos casos pueden consistir en teléfonos inteligentes o en consolas ya integradas en el vehículo.

Es fundamental que la información que le llegue a cada uno de los elementos de la red (vehículos e infraestructura) sea muy rigurosa y fiable, de modo que a cada conductor solo se le muestre información que realmente le afecte (no sería viable un sistema que bombardease al conductor con cientos de mensajes). El paso previo a dicha computación, y del que realmente dependen estos sistemas, es la red de comunicaciones creada, que hace posible el tráfico de datos entre todos los agentes involucrados. Para ello, veremos durante este curso sistemas de comunicaciones inalámbricos específicos para estos entornos, como son las *Dedicated short-range communications*, las cuales habilitan canales de comunicación de corto-medio alcance que engloban una serie de estándares y protocolos que hacen posible los enlaces V2V o I2V.

El objetivo de este módulo es introducir al estudiante en las arquitecturas de comunicaciones necesarias para poder desplegar aplicaciones y servicios en un entorno vehicular cooperativo. Para ello, analizaremos una serie de arquitecturas que han sido propuestas y testeadas en proyectos europeos de referencia. Analizaremos también los beneficios y virtudes de estos sistemas, mostrando ciertos ejemplos que ayuden al estudiante a razonar y proponer nuevas aplicaciones y funcionalidades. Finalizaremos el módulo discutiendo también algunos aspectos no tecnológicos, pero que es necesario tener en cuenta a la hora de diseñar y desplegar sistemas cooperativos, como pueden ser la aceptación de los usuarios, la seguridad de la información o los aspectos legales.

Objetivos

Los contenidos de este módulo deben permitir a los estudiantes alcanzar los siguientes objetivos:

1. Conocer qué son los sistemas cooperativos vehiculares.
2. Reconocer las necesidades ante las cuales se desarrollan sistemas cooperativos.
3. Identificar sistemas cooperativos actuales y saber analizar sus funcionalidades lógicas y operativas.
4. Saber describir y analizar los requisitos tecnológicos y no tecnológicos involucrados en un sistema cooperativo vehicular.
5. Ser capaces de diseñar conceptualmente un sistema cooperativo vehicular.

1. Introducción a los sistemas cooperativos

Los sistemas cooperativos son sistemas que permiten a los vehículos comunicarse entre sí (V2V) o con la infraestructura (V2I o I2V) con el objetivo final de lograr beneficios en muchas áreas de gestión de tráfico y de seguridad vial.

La idea básica es que los vehículos están equipados con *OBU*s (*on-board units*), *routers* y antenas, gracias a los cuales pueden recibir información de la infraestructura, procesarla, mostrarla al conductor y compartir esta información con otros vehículos o con la propia infraestructura. La información se envía a través de una variedad de medios de comunicación inalámbricos de corto y largo alcance, como puede ser la red de telefonía móvil o enlaces dedicados como IEEE 802.11p.

En la actualidad existen ejemplos de vehículos que se comunican de manera inalámbrica con la infraestructura de la carretera: por ejemplo, existen autobuses que están equipados con cierta tecnología que les permite comunicarse con los semáforos, y así estos pueden asignar prioridad al carril bus frente al carril de tráfico general. Cuando el autobús se aproxima al semáforo, este se comunica con el mismo para indicarle que se está acercando y el semáforo puede aceptar (espera/se pone verde) o rechazar (espera/se pone rojo) la solicitud. Este sistema es cooperativo, ya que se basa en una transferencia de datos a través de una comunicación inalámbrica (del autobús a la infraestructura). Este tipo de sistemas se conocen como sistemas independientes o autónomos, ya que la plataforma sobre la que se construyen está diseñada para manejar una sola aplicación individual y no puede ser fácilmente adaptada para añadir nuevos servicios o aplicaciones. Además, la comunicación es solo unidireccional, ya que el conductor no recibe ninguna información de la infraestructura (por ejemplo, de si se concede la solicitud de verde).

Precisamente la novedad en la tecnología de los sistemas cooperativos de nueva generación es que permiten una comunicación bidireccional sobre una plataforma abierta, que permite añadir fácilmente múltiples servicios y aplicaciones.

Existen diversas tecnologías inalámbricas que proporcionan sistemas para hacer frente a diferentes problemas de transporte; sin embargo, los sistemas cooperativos permiten ser la base para resolver muchos problemas, tal y como se va a presentar a continuación.

El principal beneficio de los sistemas inteligentes cooperativos es que permiten que el conductor disponga de más información del entorno gracias a la tecnología que lleva embarcada en el vehículo. Además, la manera como se gestiona la información permite que esta pueda ser personalizada para cada

Sistemas vehiculares cooperativos

Los sistemas cooperativos están evolucionando rápidamente en todo el mundo; sin embargo, al igual que ocurre con la mayoría de nuevas tecnologías, en cada sitio es conocida con distinto nombre, algunos de estos nombres con V2X, VII o comunicaciones *in-vehicle*. Sin embargo, las características y los beneficios que ofrecen son los mismos.

conductor. Por otro lado, la comunicación proporciona información en tiempo real acerca de la ubicación de los vehículos y de las condiciones del camino, hecho que permite a los conductores adaptar su conducción y reaccionar con tiempo ante situaciones de accidente, peligro o retenciones. Por tanto, los beneficios de los sistemas cooperativos son:

- Mejora de la calidad de los datos de tráfico en tiempo real.
- Mejora de la gestión y el control de la red de carreteras (tanto urbano como interurbano).
- Aumento de la eficiencia de los sistemas de transporte público.
- Reducción de emisiones y la contaminación.
- Mejora de la seguridad vial para todos los usuarios de la vía.
- Reducción de congestiones.
- Gestión logística más eficiente.
- Una mejor y más eficiente respuesta ante peligros, incidentes y accidentes.
- Tiempos de viaje más cortos y más predecibles.
- Reducción de los costes de funcionamiento de los vehículos.

1.1. ¿Cómo pueden hacer frente los sistemas cooperativos a problemas de transporte urbano?

Los sistemas cooperativos proveen de una tecnología que ayuda a resolver retos actuales en el transporte: ayudan a incrementar la seguridad en las carreteras, mejoran la eficiencia del transporte público y del transporte de mercancías, incrementan la eficiencia del tráfico, reducen la congestión y disminuyen el impacto medioambiental.

Los beneficios se deben a que el sistema de gestión de red será capaz de interactuar con los vehículos individualmente (o con grupos de vehículos del mismo tipo o situados en un mismo entorno geográfico) en lugar de tratar con el comportamiento del grupo promedio. Este nuevo nivel de detalle proporciona una visión más precisa que la disponible en la actualidad de la red de transporte, y por tanto, beneficiará a los operadores de transporte público, de mercancías y gestores de flotas, así como a los usuarios privados de las carreteras.

1.2. ¿Quiénes son los diferentes actores involucrados?

Uno de los temas complicados en el despliegue de los sistemas cooperativos es que hay muchos actores involucrados que tienen que trabajar unos con otros. Los usuarios del sistema son las autoridades públicas, pero también los operarios/explotadores de la vía, transportistas y conductores de transporte público, así como los usuarios particulares de carretera. Esto sin mencionar a los que desarrollan y diseñan las aplicaciones: fabricantes de vehículos, fabricantes de equipos, institutos de investigación y desarrolladores de software, y los que prestan los servicios finales a los usuarios (en un caso de negocio).

Cada uno de estos grupos de usuarios se beneficiarán de los sistemas cooperativos una vez que estos sean desplegados, pero el beneficio completo se conseguirá cuando todos estos grupos estén dispuestos a invertir y trabajar de manera conjunta.

Las autoridades locales son actores clave en el proceso de despliegue de los sistemas cooperativos, pero las aplicaciones V2V pueden y van a ser desplegadas sin esperar a su completa vinculación. Por este motivo, las aplicaciones V2I y I2V pueden ser desplegadas en las carreteras regionales y nacionales sin la participación de las ciudades debido a la actual situación económica y necesidad de inversión.

El hecho de que haya distintos grupos de interés puede provocar conflictos entre diferentes grupos de usuarios. Para mantener los objetivos de las autoridades locales, estas tienen que estar bien informadas y participar en el despliegue de tecnologías de sistemas cooperativos. Si agrupamos a los actores que intervienen en el desarrollo y despliegue de sistemas colaborativos, podemos hablar de:

a) Creación y desarrollo del sistema:

- Fabricantes de vehículos.
- Marcas de maquinaria.
- Instituciones de investigación.
- Desarrolladores de software.

b) Usuarios:

- Autoridades locales.
- Autoridades nacionales de carreteras.
- Operarios de carretera.
- Transportistas.
- Conductores de transporte público.
- Conductores privados.

c) Promotores:

- Organizaciones de los usuarios.
- Organizaciones de transporte.
- Proveedores de servicios.

Vehicular stakeholders

Como vemos, para el éxito de los sistemas cooperativos es necesaria la implicación de un gran número de agentes, principalmente gobiernos (para adecuar leyes y reglamentos a este nuevo paradigma) y los fabricantes de automóviles (de modo que faciliten el despliegue de estos sistemas en los vehículos).

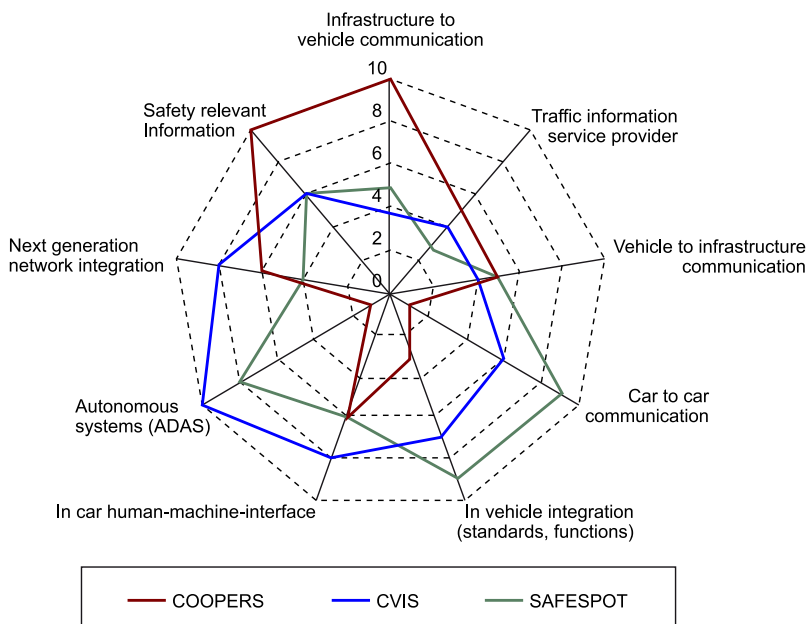
2. Arquitecturas disponibles

Durante la convocatoria del VI Programa Marco de la Unión Europea se desarrollaron una serie de proyectos de investigación, cuyo objetivo común era realizar una prueba de concepto de los denominados sistemas cooperativos. Algunos ejemplos de estos proyectos son CVIS (<http://www.cvisproject.org>), COOPERS (<http://www.coopers-ip.eu/>) y SAFESPOT (<http://www.safespot-eu.org/>) (figura 1), los cuales fueron analizados *a posteriori* por el proyecto E-FRAME, al que ya hemos hecho referencia en el otro módulo. El resultado de este análisis fue la redacción de alrededor de 230 requisitos de usuario incluidos en la arquitectura FRAME, junto con sus correspondientes funcionalidades también contempladas en dicha arquitectura. De este modo, mientras aspectos asociados a las necesidades de los sistemas cooperativos han sido analizados por los proyectos COMeSafety (<http://www.comesafety.org/>) y PRE-DRIVE C2X (<http://www.drive-c2x.eu/>), otros resultados de estos proyectos han contribuido al desarrollo de estándares bien enmarcados en ETSI, CEN o bien ISO, fomentando a su vez la definición de arquitecturas de comunicaciones para ser desplegados en SIT.

Ved también

El proyecto E-FRAME se ha tratado en el módulo "Sistemas inteligentes de transporte (SIT)" de esta asignatura.

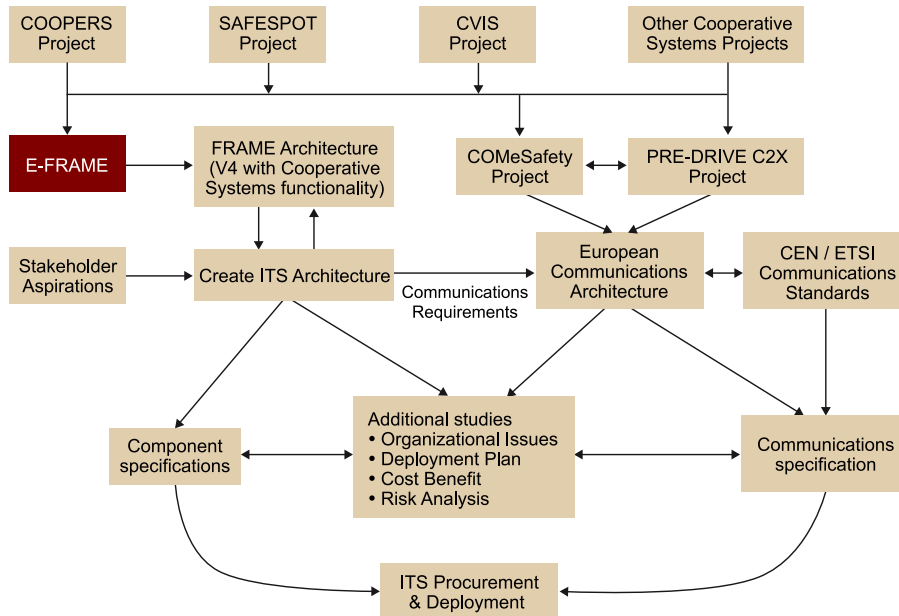
Figura 1. Alcance de los proyectos COOPERS, CVIS y SAFESPOT



La relación de FRAME con estos proyectos aparece reflejada en la figura 2, donde el bloque que identificado como Create ITS Architecture representa el conjunto de procesos descritos en FRAME a la hora de crear una arquitectura de SIT. De este modo, una vez que los aspectos físicos han sido definidos para

el escenario en cuestión, se pueden definir los requisitos de comunicaciones necesarios. Es en este punto donde se puede consultar el resultado de los proyectos COMeSafety y PRE-DRIVE C2X.

Figura 2. Integración de proyectos del VI PM con el proyecto FRAME



2.1. Arquitectura CALM

La arquitectura marco proporcionada por el ISO para dar soporte de comunicaciones en entornos móviles relacionados con los SIT es la denominada *Communications, air interface, long and medium range (CALM)*. CALM está compuesto por una serie de estándares internacionales en este ámbito, de modo que puede soportar comunicaciones continuas a través de distintos interfaces y medios físicos como pueden ser IEEE 802.11, 802.11p, 802.15, 802.16e, 802.20, telefonía móvil 2G/3G/4G, o los sistemas propietarios de los programas de SIT nacionales. Más específicamente, los medios físicos utilizados para dar soporte a la arquitectura CALM son los mostrados en la tabla 1.

Lectura recomendada

En el aula tenéis el documento CALM_Tutorial.pdf, en el que encontraréis información sobre los principales servicios que CALM proporciona. Están referidos a operaciones con vehículos comerciales (CVO), gestión de cobros (*payment*), seguridad (*safety*), información del tráfico y seguridad en comunicaciones vehiculares (VSC). Se puede encontrar un listado más extenso en este documento.

Tabla 1. Medios físicos contemplados en la arquitectura CALM

Estándar	Descripción
ISO 21212	Red celular 2G (GSM)
ISO 21213	Red celular 3G (UMTS)
ISO 21214	Interfaz de infrarrojos entre 820 nm y 1 010 nm

Estándar	Descripción
ISO 21215	Proporciona acceso a la capa de acceso de la interfaz de comunicación CALM M5, que opera a 5 GHz. Es el estándar conocido como IEEE 802.11p
ISO 25112	Selecciona las opciones adecuadas para el despliegue en CALM de WiMax (IEEE 802.16e)
ISO 25113	Selecciona las opciones adecuadas para el despliegue en CALM de HC-SDMA (IEEE 802.20)
IEEE 802.15	Comunicaciones de corto alcance Bluetooth
IEEE 802.3	Comunicaciones cableadas mediante Ethernet
DSRC	<i>Dedicated short-range communications</i> : Comunicaciones wireless de corto y medio alcance a 5.9 GHz

Entre las aplicaciones fundamentales de CALM que pueden ser desplegadas en un escenario como el mostrado en la figura 3, destacamos: dar soporte a servicios de Internet en entornos móviles; dar soporte a las aplicaciones ITS nacionales; dar soporte a la nueva generación de aplicaciones ITS: sistemas de comunicaciones para seguridad en vehículos y nuevas aplicaciones comerciales basadas en su capacidad de gran ancho de banda y amplio alcance.

En el escenario definido se identifican dos agentes principales: por una parte los denominados *On-board units (OBU)* y por otra parte las *Road side units (RSU)*. Los primeros hacen referencia a los equipos telemáticos que es necesario instalar a bordo del vehículo para poder dotarle de capacidad de cómputo y comunicación con el exterior, mientras que las RSU son los dispositivos localizados en la infraestructura y que permiten y facilitan el intercambio de información de los OBU con servicios y aplicaciones proporcionados por otros sistemas alejados de la infraestructura, como por ejemplo los centros de gestión de tráfico.

La gran aportación de la arquitectura CALM a los SIT es que por primera vez todos las partes interesadas que participan en el ámbito del transporte (compañías automovilísticas, compañías de construcción de infraestructuras, agentes sociales, administración, etc.) han colaborado en la construcción de un sistema que unifica todos los ámbitos de las comunicaciones en el transporte, tanto en lo referente a medios físicos como en lo referente a aplicaciones que dan uso a las citadas interfaces.

El conjunto de servicios desarrollados y testeados en CVIS (tabla 2) pueden ser agrupados en base al tipo de comunicaciones empleados, diferenciando entre comunicaciones vehículo-infraestructura (V2I o I2V, acrónimos en inglés de *Vehicle-to-infrastructure*), comunicaciones vehículo-vehículo (V2V, *Vehicle-to-vehicle*) e infraestructura-infraestructura (I2I).

La capa de comunicaciones de CVIS necesita desplegar software y hardware que sea capaz de establecer y mantener estos enlaces de comunicaciones. Además, el entorno SIT cooperativo propuesto por CVIS proporciona tanto comunicaciones *broadcast* como encaminamiento *geo-networking*, es decir, la información se direcciona a áreas geográficas concretas. Al emplear elementos de la arquitectura CALM, la capa de comunicaciones CVIS puede emplear diferentes interfaces, haciendo posible que la capa de aplicación sea independiente de la capa física. Así, mientras que el estándar IEEE 802.11p es empleado en comunicaciones de corto alcance V2V y V2I, es posible emplear redes celulares (2G/3G) para permitir el acceso al sistema central.

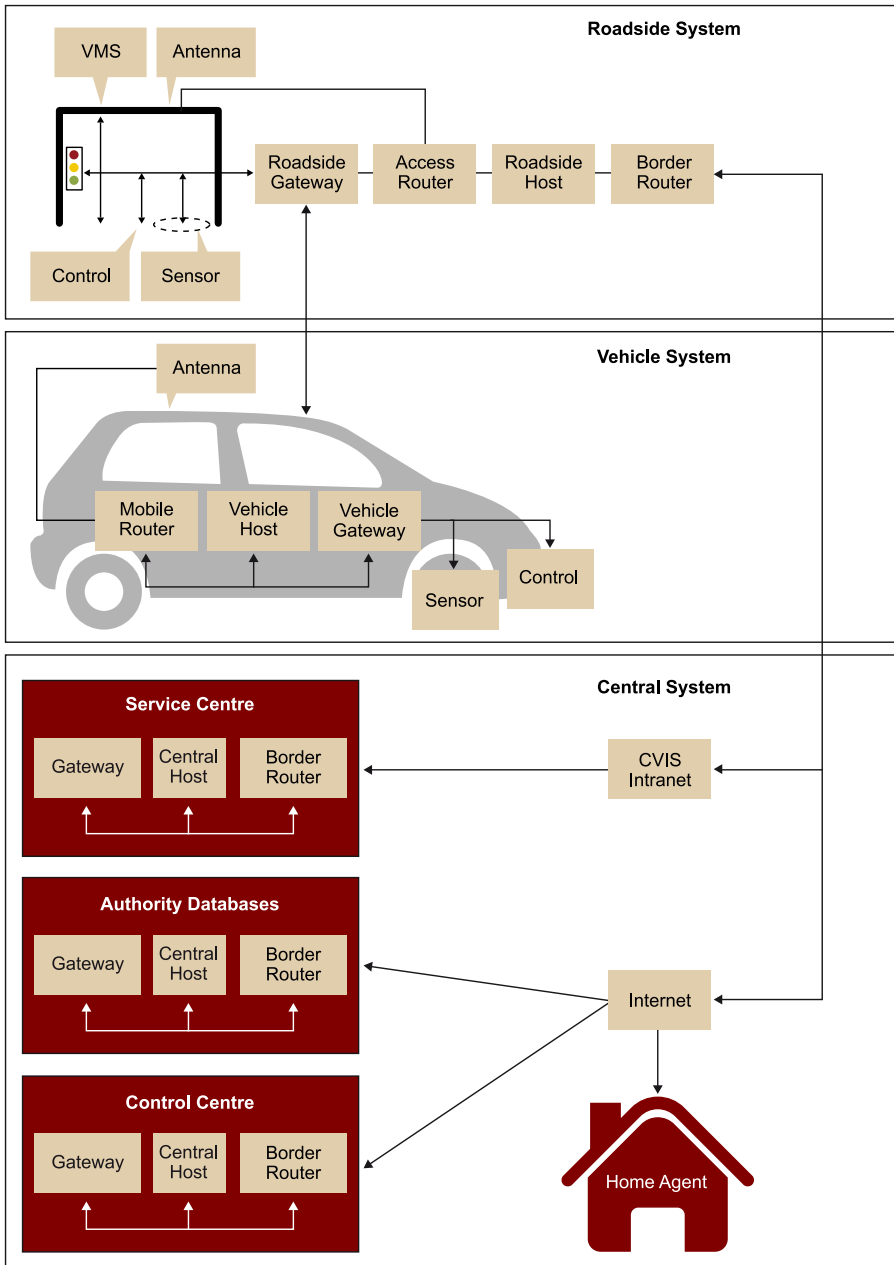
Tabla 2. Servicios soportados por la arquitectura CVIS

V2I	V2V
Aviso de ángulo muerto	Aviso de vehículo con luces de emergencia
Aviso de velocidad en curvas	Aviso de zona ángulo muerto
Aviso de ambulancia	Aviso de colisión
Aviso de paso de paso a nivel, intersección	Aviso de cambio de carril
Aviso de semáforo en ámbar	Aviso de llamada de emergencia
Aviso de paso de túnel bajo	Aviso de vehículo en sentido contrario
Aviso de cruce de peatones	
Aviso de condiciones de la carretera (hielo, lluvia)	
Aviso de obras en la vía	

En CVIS, el protocolo de red empleado es IPv6, aunque si no puede ser implementado sobre las redes celulares de telefonía, se ofrece la alternativa de ofrecer servicio IPv6 sobre IPv4 mediante aplicaciones de *tunnelling* como OpenVPN.

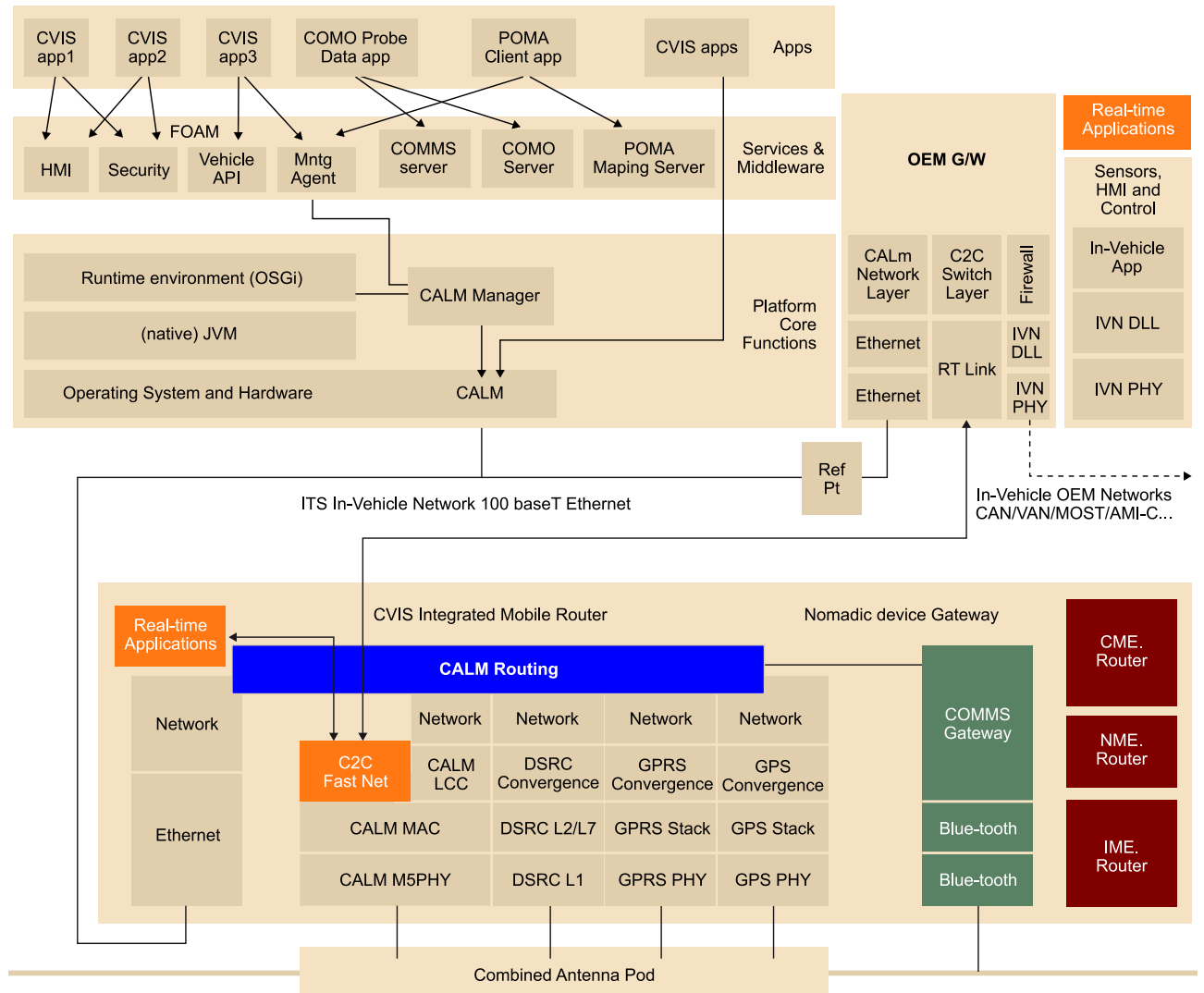
Junto con los dispositivos embarcados en los vehículos (OBU) y los localizados en la infraestructura (RSU), tal y como se muestra en la figura 5, en CVIS también se contempla la figura de un sistema central encargado de centralizar la información producida por cada uno de estos elementos, así como de proporcionar acceso a datos y servicios proporcionados por aplicaciones alojadas en otros sitios web y accesibles a través de Internet (información meteorológica, gestores de tráfico, etc.).

Figura 5. Subsistemas contemplados en CVIS



El principal obstáculo al que se enfrenta una arquitectura como la diseñada en CVIS (figura 6) es garantizar la interoperabilidad en las comunicaciones entre los vehículos de distintos fabricantes, así como entre vehículos y distintos tipos de infraestructuras. Al mismo tiempo, para conseguir que las funcionalidades y servicios propuestos puedan ejecutarse con éxito, es necesario que un número suficientemente alto de usuarios desplieguen en sus vehículos los sistemas contemplados en CVIS, así como que las infraestructuras cuenten con los equipos necesarios. Por tanto, será necesario garantizar la aceptación de los usuarios, asegurar la privacidad de los datos intercambiados entre ellos, así como el diseño de modelos de negocio que garanticen un equilibrio coste/beneficio que favorezcan las inversiones de capital de operadores y fabricantes.

Figura 6. Esquema general del sistema OBU propuesto en CVIS



Al mismo tiempo, una arquitectura en la que coexisten diferentes tecnologías y redes de comunicaciones se enfrenta a un serio problema, como es la dificultad para la aceptación y armonización de normativas por parte de los diferentes Estados miembros de la UE, que mantienen las competencias en materia de transporte e infraestructuras y que tienen en algunos casos normativas contradictorias que imposibilitan la instalación de este tipo de sistemas de comunicaciones.

En el caso de España, este problema es singular debido a la transferencia de ciertas competencias relativas al transporte que están trasferidas a las comunidades autónomas, lo que complica aún más los procedimientos burocráticos y administrativos para facilitar su instalación y puesta en marcha.

2.3. *Co-operative Systems for Intelligent Road Safety*. Proyecto COOPERS

El proyecto *CO-Operative SystEms for Intelligent Road Safety (COOPERS)* ha sido un proyecto desarrollado en el VI PM, enfocado al desarrollo de aplicaciones telemáticas para ser desplegadas en la infraestructura de la carretera. Su objetivo principal es proporcionar un sistema de gestión de tráfico colaborativo entre los vehículos y la infraestructura para lograr así reducir el espacio abierto existente entre las aplicaciones telemáticas desarrolladas por la industria del automóvil y los operadores/gestores de las infraestructuras.

COOPERS proporciona tanto a vehículos como a conductores información sobre el estado de la infraestructura y eventos relativos a la seguridad de la vía, mediante un enlace de comunicaciones I2V. Este flujo de datos se realiza en tiempo real y en base a áreas geográficas determinadas.

El enfoque seguido por el proyecto COOPERS va más allá de las comunicaciones V2V, ya que se centra en la capacidad que tiene la infraestructura de generar información, procesarla y enviarla a los conductores de modo que se puedan elaborar estrategias y tácticas de gestión de tráfico que únicamente pueden ser facilitadas en tiempo real por el operador de la infraestructura.

A este respecto, un enlace de comunicaciones I2V puede ayudar a mejorar el control del tráfico y la seguridad en la carretera mediante el establecimiento de un enlace seguro y efectivo que sea capaz de adaptarse a las condiciones del entorno. Además, un sistema como el propuesto en COOPERS hace posible una mayor diseminación de información más efectiva y precisa entre los conductores, de manera que se puedan adoptar las acciones oportunas para evitar situaciones de riesgo en la carretera. La tabla 3 recoge el tipo de servicios que pueden ser soportados por COOPERS, tanto para el conductor como para el gestor de la vía.

Tabla 3. Servicios soportados por COOPERS

Servicios a bordo	Servicios operador vía
Alerta de atasco de tráfico	Generación de información de seguridad
Avisos de límites de velocidad	Sugerencias de velocidad y distancias
Tiempos de llegada estimados	Intercambio de datos entre diferentes operadores
Información sobre uso específico de carriles	Monitorización de flujos de transporte
Servicios de emergencia (policía, bomberos, ambulancia)	Intercambio de información para atender demandas de transporte
Vehículo averiado en la vía	Mejora de la gestión de tráfico en base a información de vehículos

Lectura recomendada

En el aula tenéis el documento COOPERS_Present.pdf, en el que encontraréis una presentación general del proyecto, con sus objetivos y alcance.

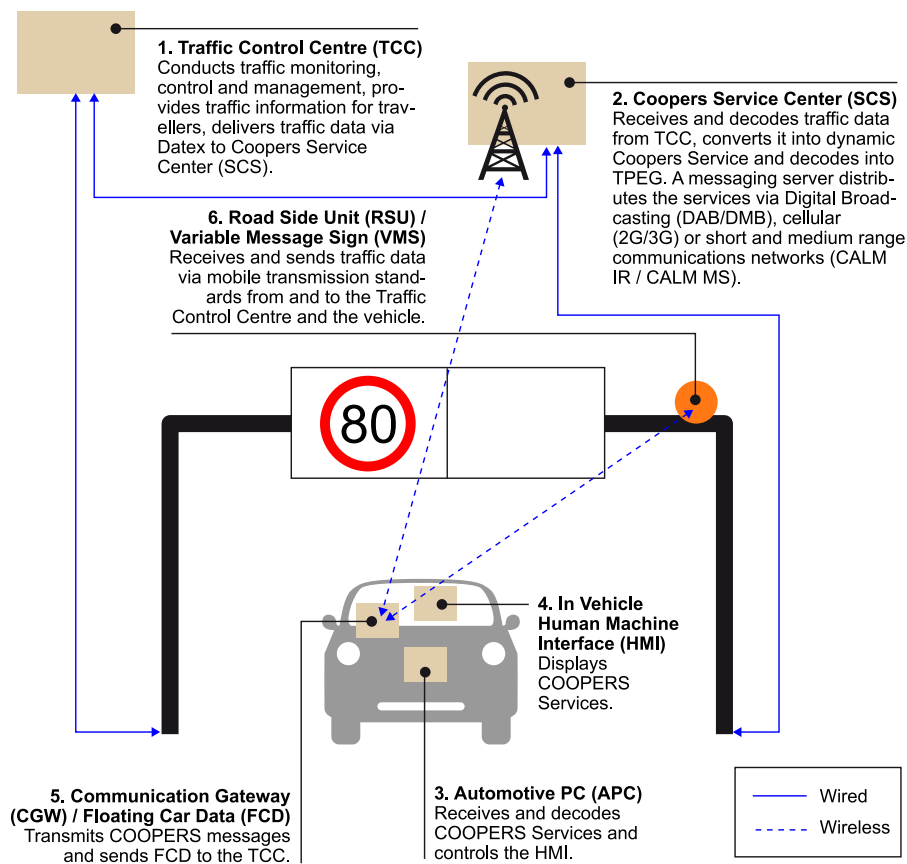
COOPERS versus FRAME

La arquitectura diseñada en el proyecto COOPERS ha sido desarrollada en base al modelo proporcionado por la arquitectura FRAME. Al centrarse COOPERS en un sistema I2V, esto ha contribuido a completar esta arquitectura de referencia con la visión del gestor de la infraestructura.

El despliegue de un enlace I2V puede ser muy efectivo en áreas con una alta densidad de tráfico, allí donde el riesgo de accidentes y retenciones es mayor. Además, también puede desplegarse otro enlace V2I, de modo que los vehículos pueden desempeñar el rol de sensores móviles que son capaces de recoger información en tiempo real del estado de la vía y reportarla al sistema de control central.

Desde el punto de vista físico, COOPERS hace también uso de las tecnologías propuestas en CALM, como por ejemplo, los sistemas de señalización variable, enlaces inalámbricos de corto alcance IEEE 802.11p, redes celulares y la posibilidad de mandar mensajes *broadcast* a vehículos en un área concreta.

Figura 7. Arquitectura SIT propuesta en COOPERS



COOPERS aprovecha también conceptos definidos en el proyecto KAREN para incluirlos en su arquitectura, tal y como se muestra en la figura 7, donde podemos ver un ejemplo de su aplicación. En COOPERS, por tanto, se tienen en cuenta los siguientes subsistemas:

- **Central:** encargada de recopilar y gestionar toda la información relativa al tráfico, plataformas de pago, órdenes de envío de mercancías, medidas de densidad de tráfico o comandos de gestión de flotas.
- **RoadSide:** elementos empleados en tareas de detección de tráfico, vehículos o peatones, permitir pagos automáticos así como generación de información sobre parámetros de tráfico (sensores) y la provisión de información a los conductores o peatones.
- **Vehículo:** elemento con capacidad de movimiento a lo largo de una carretera y que puede transportar tanto a personas como mercancías.
- **Dispositivo personal:** elemento que puede ser usado por los viajeros de manera sencilla para acceder a la información generada por el sistema.
- **Dispositivo de transporte:** elemento para transportar mercancías, como por ejemplo, un contenedor o una furgoneta con capacidad de carga.

Proyecto COOPERS

Como podéis ver en el documento COOPERS_Final.pdf (en el aula), este proyecto contó con cuatro pruebas de campo que se llevaron a cabo en diferentes países europeos (Alemania, Austria, Italia, Francia y Holanda), en donde se adecuaron las infraestructuras de acuerdo con los requisitos de despliegue de COOPERS y los elementos necesarios para su correcto funcionamiento. En el documento podéis ver los informes de estas pruebas.

2.4. Arquitectura de referencia ETSI EN 302 665

Como decíamos al comienzo de este apartado, la experiencia y resultados de estos proyectos han derivado en la redacción de ciertos estándares o arquitecturas de referencia que actualmente están siendo empleadas en proyectos en curso, como por ejemplo, en el proyecto europeo ICSI (*Intelligent Cooperative Sensing for Improved Traffic Efficiency*, www.ict-icsi.eu/), en el cual se está desarrollando una solución para la mejora en la eficiencia de la gestión de tráfico sobre una combinación entre la arquitectura de referencia propuesta por el ETSI para SIT y la propuesta para las comunicaciones M2M (*machine-to-machine*).

La arquitectura de comunicaciones de referencia proporcionada por el ETSI define la arquitectura de comunicaciones para SIT, donde se denomina estación-ITS a aquellas entidades funcionales que pueden estar en comunicación: vehículos o estaciones fijas en la infraestructura. La arquitectura de estas entidades está basada en el modelo OSI, tal y como se puede observar en la figura 8, siendo la figura 9 una visión más detallada de la misma.

Figura 8. Arquitectura de referencia de una estación-ITS

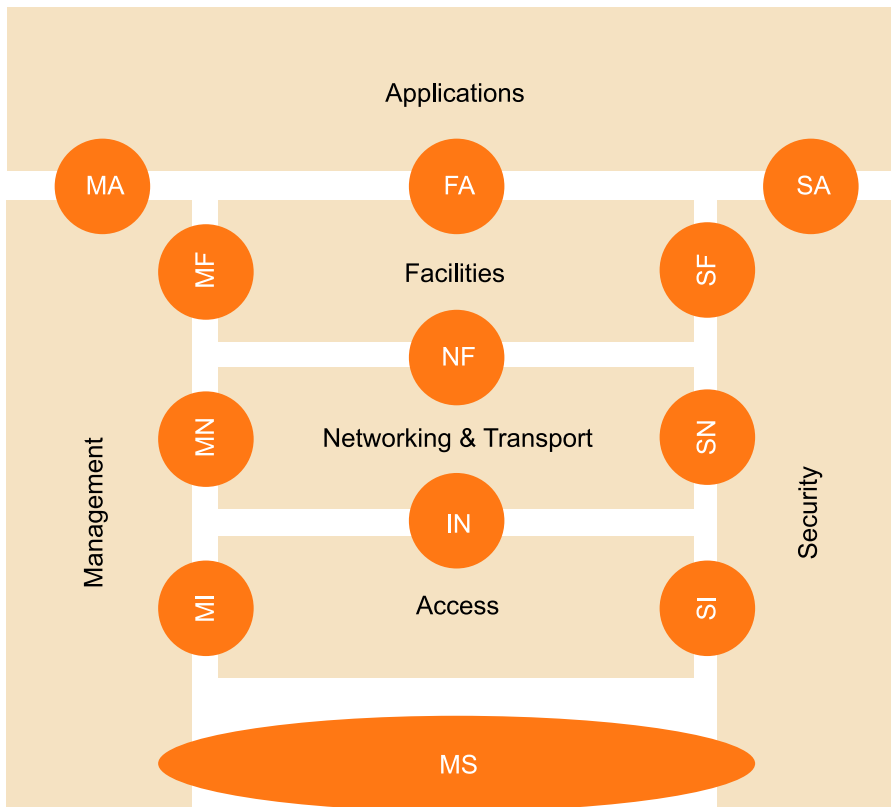
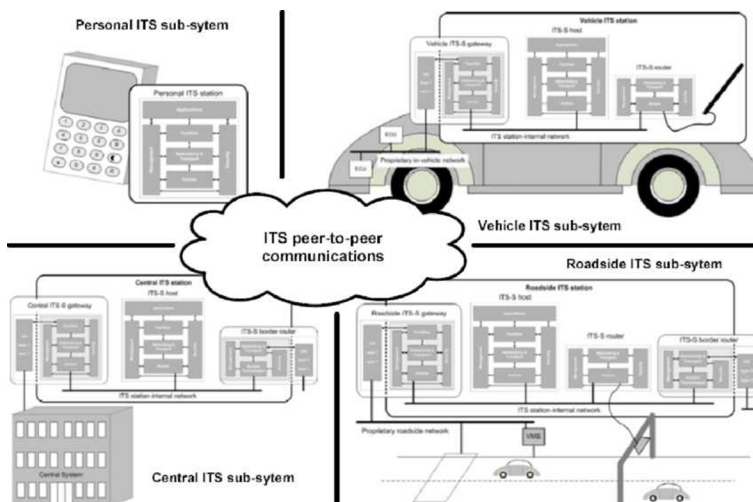


Figura 9. Subsistemas de la arquitectura ITS



Los tres bloques centrales de esta arquitectura de referencia contienen las funcionalidades de la pila de protocolos OSI, siendo:

- “Access” la representación de las capas OSI 1 y 2.
- “Networking and Transport” las capas OSI 3 y 4.
- “Facilities” las capas OSI 5, 6 y 7.

El bloque “Applications” en las figuras 8 y 9 representa las aplicaciones empleadas por las estaciones-ITS para comunicarse con otras aplicaciones, de modo que la combinación de varias aplicaciones desplegadas en estaciones de ITS constituyen un servicio de ITS proporcionado a los usuarios de un SIT. A

la izquierda de estas figuras aparece la entidad “Management”, encargada de gestionar las comunicaciones de la estación de ITS, de modo que se garantice el acceso al *management information base (MIB)*. Por su parte, la entidad “Security” proporciona servicios de seguridad a la pila OSI y a la entidad de gestión. Estos bloques funcionales están interconectados mediante interfaces o puntos de acceso de servicio (representados en las figuras mediante círculos).

2.4.1. Subsistemas de la arquitectura ITS

En esta arquitectura de referencia, se consideran los siguientes subsistemas, los cuales aparecen representados en la figura 9 y que, como vemos, basan su arquitectura en la que anteriormente denominábamos estación-ITS:

- Personal ITS sub-system, considerados como dispositivos personales.
- Central ITS sub-system.
- Vehicle ITS sub-system, como por ejemplo, coches, camiones, autobuses.
- Roadside ITS sub-system.

Estas estaciones ITS pueden ser implementadas en un único dispositivo físico o en varios, o incluso un mismo dispositivo puede desplegar diferentes entidades.

3. Cómo pueden contribuir los sistemas cooperativos a solucionar problemas de tráfico

Este apartado se centra en las posibles aplicaciones que se podrían implementar en una plataforma vehicular colaborativa. Las aplicaciones se dividen en cinco ámbitos de actuación: la gestión del tráfico, la seguridad, la gestión de mercancías, el transporte público, y los impactos ambientales del transporte.

Estas aplicaciones forman un conjunto básico de aplicaciones que podrían ser desplegadas, pero que además abren las puertas a muchas otras aplicaciones. Una vez que se ha instalado una plataforma de sistemas de cooperación abierta (como por ejemplo la desarrollada en el proyecto CVIS), los controladores de tráfico, los proveedores de servicios y otros agentes pueden desarrollar nuevas aplicaciones con el fin de abordar las necesidades de los gestores de transporte o de los usuarios del transporte. Esto se puede comparar con iPhone©, donde una compañía ofrece la plataforma y muchas partes interesadas desarrollan y comparten aplicaciones a través del llamado *app store*, debido a la apertura de (partes específicas) de la plataforma de iPhone©.

En el caso de la plataforma CVIS, esta incluye las funcionalidades básicas requeridas por prácticamente todas las aplicaciones. Esto permite que los proveedores de aplicaciones se concentren únicamente en el desarrollo de su aplicación, sin tener que preocuparse acerca de la comunicación (por ejemplo, con otras aplicaciones o partes de la propia aplicación distribuidas en diferentes plataformas) o la gestión de software. Esto mismo ocurre con otras plataformas como los LinkBird desarrollados por NEC (<http://www.nec.co.jp/press/en/0811/images/1301-01.pdf>) o los equipos DENSO (http://www.denso.co.jp/ja/aboutdenso/technology/dtr/v12_1/files/13.pdf).

Dentro de este apartado, los subapartados sobre la gestión del tráfico y la gestión de mercancías incluyen aplicaciones específicas desarrolladas en el proyecto CVIS, mientras que el subapartado sobre seguridad incluye las aplicaciones desarrolladas en el proyecto SAFESPOT. Para los subapartados de transporte público y de los impactos ambientales del transporte, hay aplicaciones específicas que se han diseñado tanto en CVIS como en SAFESPOT. Estos subapartados muestran otras aplicaciones que pueden contribuir a mejorar el transporte público y reducir los impactos ambientales.

3.1. Gestión del tráfico

El principal objetivo de la gestión del tráfico en las zonas urbanas es tratar de utilizar las carreteras de la forma más eficiente, teniendo en cuenta el tipo de carretera, su función y todos los usuarios que hacen uso de la misma. La gestión del tráfico se encarga de optimizar la circulación de personas y mer-

cancias: en muchas zonas urbanas, este objetivo va de la mano con la reducción de la congestión, y hay muchas medidas que podrían introducirse para alcanzar este objetivo. A modo de referencia, las siguientes aplicaciones CVIS ayudan a aumentar la eficiencia en el uso de la infraestructura vial existente, y además, a reducir la congestión.

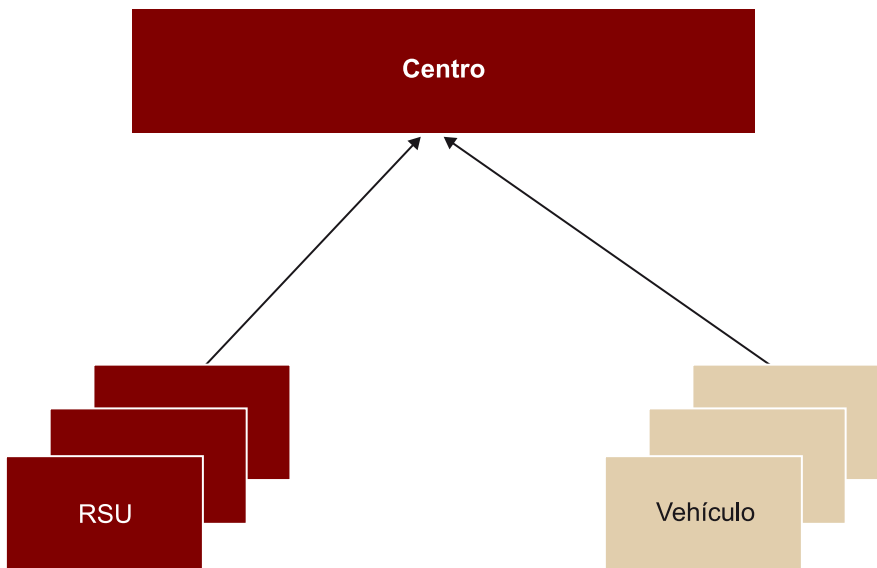
3.1.1. Evaluación del control de tráfico

La evaluación del control de tráfico (*traffic control assessment, TCA*) es una aplicación que recopila datos para evaluar y validar la configuración de los sistemas de control de tráfico urbano (*urban traffic control, UTC*). La aplicación integra la información de la infraestructura y los datos que recibe de los vehículos para alimentar de nuevo el centro de control (figura 10), donde se integran los datos hasta la fecha en el sistema UTC. Actualmente, la validación y la calibración de los sistemas de UTC es problemática, y la facilidad de recolección de datos a través de sistemas de cooperación permite que esto se haga fácilmente dentro de esta aplicación.

Beneficios de la gestión del tráfico

Una gestión del tráfico mejorada facilita el dinamismo de la ciudad, posibilitando a los usuarios el acceso a la información en tiempo real, de modo que se logra una mayor fluidez de la movilidad, un incremento de la eficiencia energética, de la gestión de espacios y, en definitiva, de la sostenibilidad.

Figura 10. Esquema sistema evaluación de tráfico



Beneficios

Los vehículos equipados con la tecnología de un sistema cooperativo son capaces de recopilar información durante su conducción por la red de carreteras. La información que recopilen estos vehículos (ubicación, tiempo de viaje, congestión, incidencias en la red, etc.) va a alimentar de nuevo el sistema de control de tráfico urbano. La aplicación:

- Identificará si el sistema UTC requiere mantenimiento (por ejemplo, si la optimización de la configuración actual debe llevarse a cabo).
- Identificará las áreas problemáticas de la red vial: por ejemplo, permitirá determinar dónde construir intersecciones controladas o dónde pueden

mejorarse las condiciones de la calzada mediante obras o nuevas normas de tráfico.

La aplicación de evaluación del control de tráfico no está directamente diseñada para mejorar la eficiencia, pero es una herramienta para el mantenimiento del control de tráfico, que de manera indirecta apoya al sistema de control de tráfico urbano en la modificación directa de las condiciones de gestión de la red de carreteras. En el despliegue UTC actual, el sistema de gestión de la demanda proporciona información solo en una escala macro, pero hay una falta de información precisa a nivel micro (por ejemplo, a nivel de intersecciones). La aplicación TCA llena este vacío, proporcionando información de alto nivel sobre una microescala de los sistemas de UTC de constante calibración y mantenimiento. Se trata de una aplicación más adecuada para zonas urbanas muy congestionadas.

Requisitos

Esta aplicación ha sido diseñada para ser integrada con determinados sistemas de control de tráfico. Además, necesita ser integrada con el sistema de UTC que se utiliza en la administración local de la aplicación.

Conclusión

Esta aplicación puede mejorar la precisión de los sistemas de control de tráfico existentes. La aplicación puede ser fácilmente incluida junto con otros sistemas inteligentes cooperativos, ya que requiere una muy baja tasa de penetración para obtener un considerable beneficio adicional.

3.1.2. Enrutamiento estratégico

Las autoridades públicas definen estrategias con el fin de regular el tráfico en caso de perturbación grave (como la congestión del tráfico recurrente, obras viales de larga duración o eventos especiales), y la aplicación de enrutamiento estratégico urbano (SRA) proporciona funcionalidades mejoradas de enrutamiento que tienen en cuenta estas estrategias predefinidas. El nuevo aspecto de esta aplicación, en comparación con las existentes, es que las sugerencias de ruta tienen en cuenta no solo las estrategias de la red, sino también la información de tráfico en tiempo real, y ofrecen sugerencias de enrutamiento individualizadas para cada vehículo. Actualmente, las rutas personalizadas se calculan sobre la base de un mapa estático de la red y la información de tráfico disponible (por ejemplo, centro de gestión de tráfico, cargas de tráfico estadísticas sobre tramos de carretera, etc.), pero no están armonizadas con las estrategias de gestión de red.

Beneficios

En cuanto a la eficiencia en el transporte, el beneficio es principalmente en términos de mejora de rendimiento de la red a través de un uso más eficiente de la red vial urbana. Además, puede dar lugar a beneficios en términos de reducción de la congestión y las emisiones reducidas.

Figura 11. Enrutamiento estratégico



Fuente: http://www.cvisproject.org/en/news/introducing_strategic_routing.htm.

Requisitos

Esta aplicación requiere de los siguientes agentes:

- RSU: la infraestructura vial debe estar equipada para poder coordinar la comunicación de la información con las estrategias actuales para el enrutamiento colectivo y con el control de tráfico.
- Centro de gestión: tiene que tener la capacidad de crear e implementar estrategias de enrutamiento. Además, el centro de gestión de tráfico debe ser capaz de interactuar con la situación actual del tráfico, así como con la parte de enrutamiento dinámico de la aplicación de enrutamiento estratégica.
- Las autoridades locales deben disponer de un software que les permita editar estas estrategias de enrutamiento basándose en los datos históricos y las estrategias colectivas, como el control del tráfico y el enrutamiento colectivo.

El número de RSU necesarias para comunicar la información de enrutamiento y la estrategia para los vehículos depende de dos cuestiones:

- La red en cuestión.
- El área a la que se aplica la estrategia.

Si en un área de la red no se han definido muchas decisiones de enrutamiento posibles, entonces no se necesitan muchas RSU para esta aplicación, ya que solo se necesitan en las principales intersecciones en las que se tienen que tomar decisiones de enrutamiento. Si por el contrario existen muchas posibles rutas alternativas que podrían ser compatibles con la estrategia, el sistema de

enrutamiento y la red, esto justificaría una cobertura significativa de RSU que permita a los vehículos estar en constante contacto con el centro de control, y así poder actualizar regularmente su ruta con la información correspondiente.

Conclusión

Esta aplicación dará lugar a una explotación más eficiente de los recursos de red, reduciendo así la congestión y los tiempos de viaje a través de toda la red.

3.1.3. Microenrutamiento

La aplicación Microenrutamiento asesora enrutamiento urbano a los conductores, teniendo en cuenta factores tales como los niveles de contaminación, la meteorología, diversos eventos (por ejemplo, un partido de fútbol) o congestión local. La aplicación es "micro", ya que la información que se ofrece es para un horizonte de corto plazo de 1 a 5 minutos, y solo por las inmediaciones de un evento. Este enrutamiento dinámico de los conductores en el contexto urbano tiene como objetivo la reducción de la congestión, los impactos ambientales y el tiempo de viaje dentro de la red urbana, reduciendo así la contaminación del aire y proporcionando un uso más eficiente de la red vial urbana.

Beneficios

Entre los beneficios de esta aplicación se incluye la reducción de detenciones, la disminución del retardo en las intersecciones para los vehículos y la reducción del tiempo de viaje de origen a destino. Estos beneficios son inicialmente individuales, pero también mejoran el rendimiento de la red como resultado de un mejor equilibrio del tráfico. También disminuirán los niveles de ruido y de emisiones contaminantes. Esta aplicación es especialmente útil en las intersecciones entre carreteras principales.

Requisitos

El número y la ubicación de las RSU dependen de donde se quiera implementar la aplicación Microenrutamiento. Las RSU deben ser instaladas en todas las intersecciones donde se necesite comunicar información de enrutamiento a los conductores. El sistema es perfectamente capaz de funcionar de manera independiente. El beneficio incrementa si existe cooperación entre las intersecciones cercanas que permita ejecutar la aplicación de prioridad. Un buen punto de partida pueden ser los cuellos de botella y ciertas flotas de vehículos, y la escala puede aumentar gradualmente equipando otros lugares y flotas.

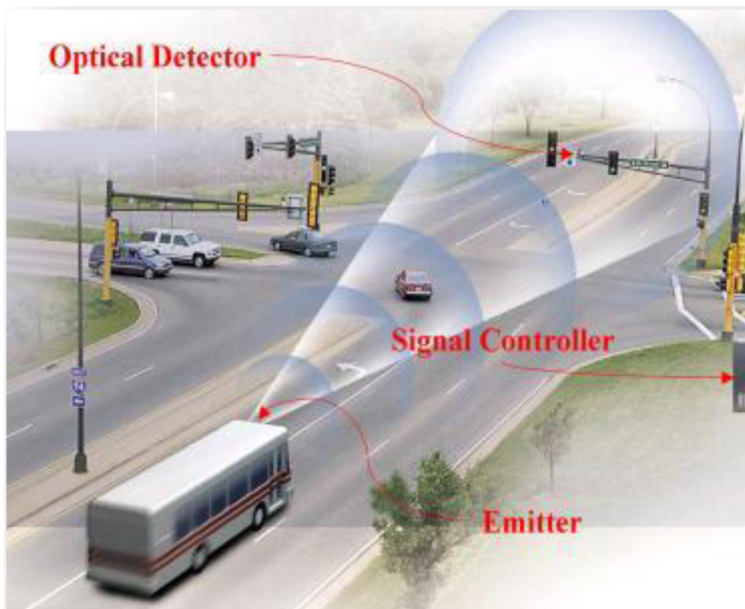
Conclusión

La aplicación Microenrutamiento facilita la situación del tráfico en áreas pequeñas, puede ser introducida de forma progresiva para facilitar el despliegue, y está diseñada para trabajar junto a una aplicación de prioridad para incrementar los beneficios.

3.1.4. Aplicaciones de prioridad de vehículos

Algunos vehículos requieren más atención que otros, como por ejemplo, los vehículos en emergencia, los transportes públicos, camiones pesados o de mercancías peligrosas. Esta aplicación permite conmutar las luces de los semáforos en función de los vehículos que se aproximen, permitiendo así un cruce más fluido y seguro para las distintas categorías de vehículos establecidas por las autoridades. Esta aplicación se puede utilizar en todo tipo de zonas urbanas.

Figura 12. Aplicación prioridad de vehículos



Fuente: http://www.its.dot.gov/aeris/pdf/AERIS_WorkshopIII_Master.pdf.

Beneficios

Los beneficios dependen de la prioridad asignada a cada tipo de vehículo, pero son visibles con bajas tasas de penetración, ya que si solo los vehículos de transporte público están equipados con la tecnología en algunas intersecciones clave, ya se obtendrá beneficio. Este grupo se puede ampliar para incluir a los vehículos de emergencia, camiones y vehículos de mercancías en función de los objetivos de las políticas locales.

En resumen, la aplicación permite una diferenciación de prioridad entre los vehículos que circulan en una zona urbana. Cuando se utiliza para los vehículos en emergencia, aumenta la seguridad, especialmente para los usuarios de la carretera que viajan en direcciones opuestas.

Requisitos

Para la aplicación de prioridad, en las intersecciones tiene que haber una RSU cooperativa. Sin embargo, una introducción gradual puede ser factible. En un centro de control hay que instalar un módulo software adicional que permita ejecutar la aplicación, por lo que se puede instalar sin gran esfuerzo o coste. La aplicación de prioridad es una aplicación independiente, pero puede ser vinculada a otras aplicaciones, como por ejemplo, la recomendación de velocidad, aunque no tiene que estar integrada en ningún paquete.

Conclusión

La aplicación de prioridad cooperativa contribuye a mejorar la eficacia de los vehículos prioritarios, no requiere de altas tasas de penetración y puede ser implementada con un presupuesto limitado. La plataforma del sistema cooperativo es más robusta y fiable en comparación con la tecnología existente que permite al vehículo prioridad en las intersecciones controladas. El sistema permite una mayor flexibilidad para cambiar las políticas, y es escalable tanto en cuanto a la penetración del sistema, como al número de servicios prestados.

3.1.5. Perfiles de velocidad

La aplicación de perfiles de velocidad consiste en recomendar al conductor una aceleración o desaceleración de su velocidad actual en función del estado de la carretera. Esta información es generada desde el sistema de control de tráfico de la ciudad y se comunica al conductor como un mensaje de aviso de velocidad recomendada.

Beneficios

Un vehículo individual que disponga de esta aplicación se beneficia del incremento del rendimiento en términos de consumo de combustible y, en consecuencia, de emisiones contaminantes. Cuando la penetración de la aplicación es mayor, el beneficio puede ser extendido por toda la red, lo que mejorará la eficiencia de la misma. Esta aplicación abre camino a otras aplicaciones que puedan mejorar aún más las emisiones y el consumo de combustible. Además, la aplicación, potencialmente, puede ser integrada con funciones de navegación o sistemas de guía de ruta dinámica. En cuanto a los datos, el vehículo tiene que compartir su ubicación con la infraestructura.

Requisitos

El software existente en el control de tráfico urbano debe apoyarse en este tipo de aplicaciones, así como compartir información con el vehículo desde otras intersecciones. La implementación puede hacerse por etapas, extendiendo el servicio de unas zonas a otras.

Conclusión

Al disponerse de las recomendaciones de velocidad en el interior del vehículo, esta aplicación tiene un gran potencial en términos de impacto al facilitar el flujo de tráfico, reduciendo así las emisiones y, finalmente, aumentando la eficiencia de la red. La velocidad media se situará siempre por debajo de los límites legales de velocidad, así que se espera que la aplicación tenga un impacto positivo en la seguridad.

3.1.6. Aplicaciones de información

Las aplicaciones de información ofrecen a los conductores datos de la carretera en tiempo real durante la conducción, tanto en entornos urbanos como en autopistas. El administrador/explotador de la carretera es capaz de informar e influenciar en las decisiones de los conductores en su ruta. La información puede hacer referencia a avisos de la posición actual o de futuras posiciones del vehículo (incidencia a 2 km, reducir velocidad a 70 km/h) o sugerencias (incidencia en A12, 20 minutos de retardo - alternativa A15 a 3 km). Esta información es almacenada a través de los sistemas de monitorización, y transmitida a través de las RSU y de los propios vehículos cooperativos.

Beneficios

Gracias a esta aplicación los conductores están informados en todo momento de las condiciones en las que se encuentra su ruta, lo que les permite, cuando es necesario reaccionar, por ejemplo, reducir su velocidad en caso de aproximarse a una incidencia y prevenir así situaciones peligrosas. Además, favorece la optimización del viaje evitando carreteras congestionadas, reduciendo el tiempo de viaje, el consumo de combustible y por tanto, las emisiones de CO₂.

El rendimiento de este tipo de aplicaciones depende de la calidad de los datos de tráfico disponibles. El hecho de que los vehículos también envíen información a la infraestructura aumenta significativamente la disponibilidad y la calidad de la información de tráfico. Con esta información recibida desde los vehículos, los gestores de tráfico podrán tomar decisiones más eficientes y óptimas con respecto a la gestión del tráfico y la planificación.

La aplicación de información se puede implementar en todo tipo de carreteras. Los beneficios relativos a las colisiones serán más altos en carreteras o caminos rurales en los que el nivel actual de disponibilidad de sistemas de información en tiempo real es escaso o inexistente.

Requisitos

Para ejecutar la aplicación de información, se requiere:

- Acceso en tiempo real a la red de carreteras a través de la información de las condiciones de carretera o los sistemas basados en los vehículos.
- Continua comunicación inalámbrica entre la infraestructura y el vehículo (I2V).

El concepto básico de las aplicaciones cooperativas es la interoperabilidad, tanto técnica como de contenido. La aplicación de información puede funcionar de manera independiente, pero el beneficio que aporta esta aplicación puede ser mayor si se utiliza junto con otras aplicaciones cooperativas. Esta aplicación puede ser implementada dentro de un paquete de aplicaciones para la reducción de accidente y la mejora de la eficiencia del tráfico.

Esta aplicación es especialmente útil en tramos de carretera con un potencial significativo de accidentes por alcance, tales como: carreteras urbanas con alto tráfico diario o alto porcentaje de transporte de mercancías y rutas para las que se dispone de alternativas.

Conclusión

Gracias a esta aplicación, los administradores de tráfico pueden personalizar la información que ofrecen a cada vehículo y mejorar así la eficiencia de la red de carreteras. Estos beneficios se pueden apreciar con una pequeña tasa de penetración e incluyen una mayor eficiencia en el uso de la infraestructura de carreteras, beneficios en la seguridad, reducción de la congestión y de las emisiones.

3.2. Seguridad en carretera

En cuanto a temas de seguridad vial, el principal objetivo es la reducción de accidentes y víctimas en las carreteras. Durante los últimos años esto se ha logrado gracias a campañas relacionadas con el uso del cinturón de seguridad y el consumo de alcohol, así como mediante mejoras de la infraestructura vial y de las tecnologías en los vehículos. Como ejemplo, este ha sido el foco principal de desarrollo del proyecto SAFESPOT, desarrollando aplicaciones que cumplan los fuertes requisitos de tiempo exigidos en estas situaciones de seguridad crítica.

3.2.1. Seguridad en intersecciones

La aplicación de seguridad en intersecciones previene accidentes o reduce el impacto de los accidentes en las intersecciones. Esto se consigue gracias a una comunicación V2V, por lo que las autoridades locales no pueden influir directamente en el desarrollo de esta aplicación.

El proyecto SAFESPOT ha identificado seis temas relacionados con la seguridad en las intersecciones: accidentes en las intersecciones; vista obstruida en la intersección; denegación de permiso para continuar; señales de tráfico de-

fectuosas; otros vehículos que frenan bruscamente debido a la luz roja, y se aproxima un vehículo en emergencia. La aplicación de seguridad intersección aborda cada uno de estos casos.

Otro ejemplo basado en la colaboración entre vehículos es la aplicación i-CROSS (<http://www.youtube.com/watch?v=4p8k5WgdnH4>), en la que los vehículos son capaces de intercambiar entre sí su posición actual y futura en la intersección y determinar el orden de paso de una manera lógica y ordenada.

Beneficios

El objetivo de esta aplicación es reducir el número de accidentes y muertes en las carreteras. Hoy en día, las intersecciones son todavía una de las principales causas de los accidentes y los sistemas cooperativos proporcionan medidas novedosas, cuyo fin es específicamente la reducción de los accidentes en las intersecciones. Esto se consigue gracias a la capacidad de comunicación en situaciones de no visión directa entre los vehículos próximos a una intersección.

Esta aplicación proporciona beneficios si se ejecuta como una aplicación independiente, pero tiene más sentido ejecutarla junto con otras aplicaciones de seguridad, ya que aumentan el beneficio para el conductor sin incrementar costes en gran medida.

Para alcanzar unos beneficios significativos, es necesario que la aplicación de seguridad en las intersecciones alcance un alto grado de penetración en el mercado, de modo que cuanto mayor número de vehículos incorporen el sistema, mayor beneficio y probabilidad de funcionamiento satisfactorio tendrá la aplicación.

Requisitos

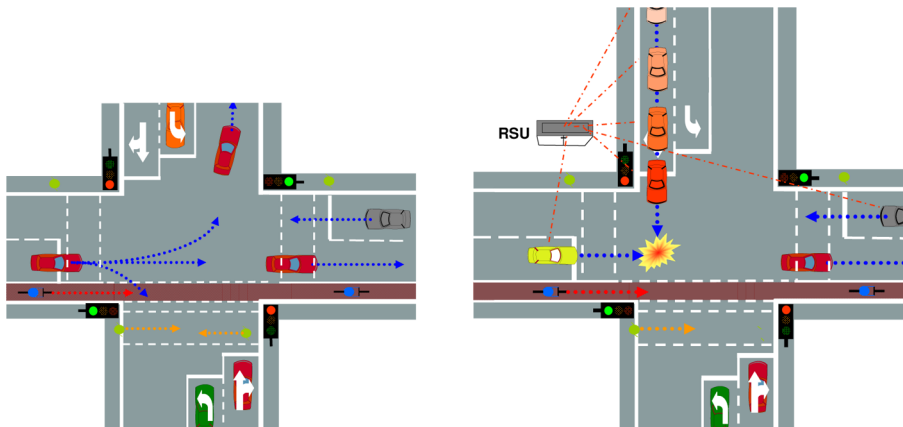
Para que esta aplicación funcione, los vehículos tienen que estar equipados con sistemas de comunicación, así como de una interfaz hombre-máquina óptima. Si parte de la infraestructura también está equipada, el rendimiento del sistema puede aumentar en algunas intersecciones, pero este no es el caso para todas las intersecciones y por lo tanto, no es obligatorio.

Conclusión

La forma de aumentar la seguridad en las intersecciones es utilizando sistemas cooperativos. Dado que el número de muertes y accidentes sigue siendo alto en las intersecciones, merece la pena desplegar esta aplicación, ya que, a pesar de requerir un alto índice de penetración en los vehículos, necesita poca o ninguna inversión de las autoridades locales, y puede conducir a beneficios de seguridad considerables.

La aplicación basada en las infraestructuras **Intelligent Cooperative Intersection Safety System (IRIS)** supervisa una intersección urbana para reducir el número de accidentes. Con el fin de lograr reducir el número de accidentes en una intersección, es necesario detectar situaciones críticas tan pronto como sea posible, incluyendo sus accesos y salidas. La información proporcionada por los vehículos cooperativos que se aproximan a la intersección tiene que ser fusionada con los datos obtenidos a partir de los sistemas de sensores de carretera y ser almacenada en el Mapa Dinámico Local (LDM). El LDM es una representación geométrica en tiempo real de las características y objetos de la infraestructura. Basándose en los datos disponibles en el LDM, la aplicación calcula las trayectorias exactas de los vehículos. Mediante el análisis de estas trayectorias se pueden identificar situaciones críticas y los conductores pueden ser advertidos en el tiempo.

Figura 13. Escenario de aplicación IRIS



Fuente: http://www.safespot-eu.org/documents/D8.1.1_Final_Report_-_Public_v1.0.pdf.

3.2.2. Otras aplicaciones de seguridad

Hay muchas otras aplicaciones de seguridad que se pueden integrar en la plataforma de los sistemas cooperativos. Entre ellas se encuentra la aplicación de aviso de retención, que permite al conductor recibir información de que se está aproximando a una retención y por tanto, puede adaptar su conducción a la situación que se va a encontrar, reduciendo así las situaciones de peligro y por tanto, la probabilidad de que se produzca un accidente.

También se puede encontrar la aplicación de aviso de accidente que le permite al conductor recibir información de que va a encontrar un vehículo accidentado en su ruta, y por tanto, este va a poder adaptar su conducción a las circunstancias, reduciendo así las situaciones de peligro. Otra de las aplicaciones que podemos encontrar dentro de las aplicaciones de seguridad es el aviso de sustancia resbaladiza o hielo en la carretera. Esta le va a permitir al conductor

recibir información acerca de una zona en la cual existe una sustancia resbaladiza o hielo en el suelo y por tanto, debe tener extremada precaución para no tener ningún accidente.

Todas estas aplicaciones, y muchas más, pueden ser generadas desde los propios vehículos, ya que gracias a los diversos sensores que estos disponen estas incidencias pueden ser detectadas por el propio vehículo accidentado. Por ejemplo, el accidente se puede detectar porque han saltado los airbags, la existencia de una retención puede asociarse a que se ha activado el ABS del vehículo debido a un frenazo, la existencia de una sustancia resbaladiza o hielo puede detectarse porque se ha activado el ESP, etc.

3.3. Transporte de mercancías

El transporte de mercancías es imprescindible para el buen funcionamiento de cualquier ciudad, pero la relación entre los transportistas y las autoridades locales no siempre es tranquila. El transporte de mercancías incluye vehículos pequeños, medianos y largos, que necesitan repartir materiales a cualquier hora y a cualquier parte de la ciudad. Los objetivos que se persiguen con la gestión de mercancías es seguir las normas (carga y descarga, el peso, las emisiones, etc.), mejorar la eficiencia de los vehículos y la gestión de los datos de transporte urbano de mercancías.

Además de las aplicaciones descritas en esta sección (gestión de mercancías peligrosas, gestión de zonas de parking y gestión de control de acceso), otras aplicaciones son relevantes para el transporte de mercancías: por ejemplo, el sistema de seguridad inteligente de intersección o la solicitud de prioridad.

3.3.1. Gestión de mercancías peligrosas

La aplicación de gestión de mercancías peligrosas se centra en un camión que entrega las mercancías peligrosas en una ubicación específica. Antes de iniciar su viaje, el vehículo de mercancías peligrosas tiene que registrarse en el centro de gestión de tráfico. Este centro de gestión de tráfico se encarga de calcular la ruta permitida para el vehículo. El motor de enrutamiento del centro de gestión de tráfico utiliza los atributos de los camiones especiales incluidos en mapas especializados para garantizar que el vehículo de mercancías peligrosas viaja en todo momento por las carreteras aprobadas.

Desde el centro de gestión de tráfico, el supervisor de tráfico puede editar el mapa mercancías abriendo o cerrando un determinado enlace por carretera y así, con ello, influir activamente en el motor de enrutamiento, en la manipulación de la elección de la ruta, así como en el establecimiento de restricciones de tráfico locales.

El sistema es alimentado con información de tráfico en tiempo real, por lo que, cuando la situación lo requiere, el vehículo que transporta mercancías peligrosas puede ser reenrutado automáticamente.

Beneficios

Esta aplicación permite establecer rutas seguras para vehículos con mercancías peligrosas, como por ejemplo, evitando zonas sensibles, como pueden ser proximidades de colegios.

Esta aplicación permite a las autoridades regionales monitorizar a los vehículos con mercancías peligrosas en todo momento. Además, en caso de accidente, los servicios sanitarios y otras autoridades pueden reaccionar más rápida y eficientemente, ya que la información sobre los materiales de las mercancías peligrosas y los vehículos de mercancías peligrosas involucradas en el accidente están fácilmente disponibles.

Requisitos

Esta aplicación se puede ejecutar de manera independiente. El usuario necesita un PC con Windows (con un entorno de Microsoft .net 2.0) en el centro de gestión de tráfico y un cliente móvil (es decir, un OBU) en el vehículo. En el PC del centro de gestión de tráfico tienen que ser instalados el cliente de monitorización y el RoadEditor. Esta aplicación no supone mucha inversión de las autoridades locales ya que no requiere de la instalación de RSU.

Para que los vehículos de mercancías peligrosas estén en todo momento monitorizados, es necesario que los distintos centros de gestión de tráfico funcionen de manera cooperativa.

Conclusión

La aplicación ofrece ventajas a los centros de gestión del tráfico y a las autoridades locales, ya que proporciona información sobre el número de vehículos de mercancías peligrosas en una zona determinada, así como la posición de estos y sus cargas, que pueden ser monitorizados en un mapa de seguimiento.

Esto permite que en caso de un incidente o accidente el vehículo de mercancías peligrosas pueda ser desviado o las autoridades locales pueden reaccionar de manera adecuada.

3.3.2. Gestión de zonas de parking - Bahía de carga

En la calle las actividades de carga y descarga suelen obstaculizar el flujo de tráfico considerablemente, por lo que muchas ciudades han establecido zonas de carga y descarga. Si la bahía de carga está ocupada, el vehículo de transporte

de mercancías que llega tendrá que dar una vuelta hasta que la bahía esté vacía otra vez. Esto genera un consumo extra de combustible, emisiones y costes para el transportista.

En las autopistas las zonas de aparcamiento para vehículos pesados son limitadas y esto a menudo causa problemas a los transportistas, ya que están obligados a descansar pero no siempre encuentran un espacio de estacionamiento.

Las aplicaciones de gestión de zonas de parking y bahía/zona de carga permiten a los transportistas reservar el muelle de carga o plaza de aparcamiento con antelación, lo que reducirá el consumo de combustible en busca de un sitio libre y aumentará la comodidad de los conductores, así como la fluidez del tráfico en las zonas colindantes.

Esta aplicación permite a las autoridades locales obtener una herramienta de seguimiento de las actividades de aparcamiento y entrega, que provee datos para una mejor planificación de las bahías de carga y zonas de aparcamiento, y, finalmente, las restricciones de acceso para los vehículos pesados en determinadas zonas o en determinados momentos.

Beneficios

Esta aplicación permite controlar las bahías de carga en las zonas urbanas. El hecho de eliminar el tiempo de espera de los vehículos de transporte hasta que la bahía está libre hace que se reduzcan las emisiones de contaminantes y el ruido del aire. La congestión también se reducirá debido a que habrá un menor número de vehículos en la zona al mismo tiempo, y por tanto, el tiempo de espera para el estacionamiento también se reducirá.

Gracias a estas aplicaciones los transportistas también tendrán la posibilidad de mejorar la planificación de los viajes de larga distancia que incluyen períodos de descanso obligatorios (en las autopistas).

Los beneficios se pueden obtener tan pronto como un vehículo comience a utilizar el sistema. Sin embargo, la baja penetración de mercado podría hacer que los espacios de estacionamiento no fueran utilizados debido a los pocos usuarios. Una solución a este problema es que los usuarios que no dispongan del sistema puedan utilizar las plazas de aparcamiento en los períodos de menor demanda de tráfico.

Requisitos

Los usos de la zona de aparcamiento requieren de cuatro subsistemas:

- Una aplicación en el vehículo para el manejo de las reservas de estacionamiento en la bahía.

- Una aplicación en la RSU para el manejo de la bahía (salidas, llegadas actualizadas, etc.).
- Un sistema de gestión de la zona de aparcamiento.
- Un sistema de gestión de los transportistas.

El despliegue se puede hacer en etapas, comenzando con una zona de aparcamiento y dejando que el sistema amplíe el número de usuarios.

Conclusión

Mediante el uso de la aplicación de gestión de estacionamiento, las entregas serán más fáciles de planear y más eficaces, e ingenieros de tráfico pueden optimizar el uso del espacio de estacionamiento existente y reducir la congestión local.

3.3.3. Control de accesos

La idea principal de la aplicación de gestión de control de acceso es controlar los vehículos que se aproximan a zonas sensibles con el fin de permitir o denegar su acceso, como medida de seguridad preventiva para evitar accidentes y como una herramienta para controlar dinámicamente las condiciones de tráfico en las zonas restringidas. Para esto, es necesario que los vehículos estén en todo momento conectados con la infraestructura. El gestor de accesos define las reglas asociadas a una determinada zona sensible en una interfaz web, y la información del vehículo (tipo, dimensiones, etc.) se utiliza para evaluar la regla de control de acceso. El conductor es informado en su HMI sobre si el acceso es permitido o denegado. La aplicación ha sido diseñada pensando en vehículos de carga, aunque previsiblemente podría ampliarse para incluir otros tipos de vehículos, por ejemplo, para el control de las zonas medioambientales urbanas.

Beneficios

Las autoridades locales podrán monitorizar los vehículos de carga que entran en las zonas restringidas de manera más fácil y obtener así los beneficios para los que estas zonas restringidas están diseñadas. Las zonas restringidas pueden ser definidas como sensibles por razones ambientales, por razones de seguridad o en términos de tasas de congestión.

En cuanto a la gestión del tráfico, un beneficio obvio es que se reduce la congestión, que es un problema típicamente asociado a los flujos de tráfico en la hora pico y no debido a la falta de capacidad, por lo que esta aplicación podría ayudar a aumentar la fluidez del tráfico mediante la definición de políticas específicas para el transporte de mercancías para acceder a ciertas áreas en determinados momentos.

Los beneficios se detectan tan pronto como un vehículo comienza a usar el sistema; sin embargo, se requiere una penetración de mercado muy extensa para poder supervisar un gran número de vehículos y por tanto, que el beneficio sea significativo.

3.4. Transporte público

En cuanto al transporte público, los principales objetivos son lograr una red de transporte público de alta calidad, rápida, fiable y fácil de usar. Hay muchos ejemplos de cómo la tecnología inalámbrica puede beneficiar al transporte público: información en tiempo real de viaje (RTTI), identificación automática de vehículos o prioridad para el transporte público en los cruces, entre otros. Estas aplicaciones ya existen en la actualidad y funcionan de manera independiente. Su principal problema radica en su falta de flexibilidad, ya que están diseñadas para resolver un problema, y son dependientes de una tecnología y un hardware de comunicaciones específico.

Los sistemas cooperativos permiten comunicaciones bidireccionales, por lo que la infraestructura podrá enviar información a los vehículos, pero estos también podrán informar a la infraestructura de distintos eventos.

El despliegue de las aplicaciones sobre una plataforma abierta, como puede ser la obtenida en el proyectos CVIS, permite que se puedan realizar cambios de manera más sencilla, aumentando así la flexibilidad del sistema y la facilidad de uso de la aplicación.

Existe la posibilidad de que la aplicación de solicitud de prioridad existente o las aplicaciones RTTI se puedan actualizar para formar parte de una plataforma cooperativa, por lo que estas soluciones podrían funcionar hasta el final de su ciclo de vida, lo que permitiría reducir costes y así, tanto las autoridades públicas como los servicios de transporte público podrían cosechar los beneficios de las inversiones ya realizadas.

3.5. Impacto medioambiental del transporte

Las medidas necesarias para reducir los impactos ambientales del transporte incluyen la reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera, manteniendo el tráfico fuera de las zonas sensibles y la reducción de ruido.

A lo largo de este capítulo se han mencionado varias aplicaciones que hablan sobre los beneficios ambientales derivados de los sistemas cooperativos, gracias a los cuales se consigue una mejor gestión de la red que reduce el tiempo que pasan los vehículos en la carretera y por tanto, se reducen las emisiones. Entre ellas estaban la gestión de zonas de parking y zonas de carga/descarga

Emisiones CO₂ debido al transporte

Según la European Environment Agency (EEA), el transporte por carretera es responsable del 17,5% de las emisiones contaminantes a la atmósfera. Como meta, los constructores de vehículos deben conseguir emisiones de 130gr CO₂/km para el año 2015. Fuente: <http://www.eea.europa.eu/highlights/most-carmakers-must-further-improve/>.

y el control de accesos. La mayoría de las aplicaciones que tienen un efecto directo sobre la gestión de la red vial generan beneficios indirectos para el medio ambiente.

4. ¿Qué es necesario para el despliegue de sistemas cooperativos?

En este apartado se examinarán los aspectos tecnológicos de los sistemas cooperativos: el equipamiento necesario, la infraestructura de comunicación, las normativas, la arquitectura y protocolos de Internet. Y también se analizarán tanto los costes como los posibles modelos de negocio existentes.

4.1. Tecnología

Tal y como se ha visto anteriormente, una vez que se instala la infraestructura básica de comunicaciones que permite la comunicación V2V y/o V2I-I2V, las aplicaciones se pueden implementar de forma barata y fácil, o incluso se pueden introducir poco a poco para funcionar junto con los sistemas actuales. Tomando como referencia el proyecto CVIS, en este apartado se analizará cuál es la infraestructura básica propuesta en este proyecto, así como lo que involucra su instalación en un escenario urbano. Aunque ya hacíamos referencia a esta arquitectura en un apartado anterior, en la figura 14 se muestran los componentes básicos que intervienen en el sistema de CVIS: un vehículo, una RSU, un centro de control y un HMI (aunque esta no es una parte necesaria en el sistema). Estos componentes están vinculados mediante la comunicación externa a través del cual la RSU, el sistema del vehículo y el centro de control se conectarán a través de Internet pública mediante IPv6 (o IPv4) redes.

Todos los componentes del sistema incluyen *hosts*, *routers* y *gateways*:

- El *host* ofrece el entorno de ejecución donde las aplicaciones y facilidades de CVIS están ubicadas (desplegadas y ejecutadas). El entorno de ejecución de CVIS está basado en Java y OSGi.
- El *router* provee el acceso a la infraestructura de comunicaciones permitiendo las conexiones entre los diferentes *hosts* CVIS.
- El *gateway* es el protocolo que convierte y filtra entre la parte abierta y propietaria del subsistema existente. En cuanto al hardware, los dos principales factores a tener en cuenta por las autoridades locales son: las RSU y la creación del centro de control. Una RSU básica necesita un *router* y una antena (con un *host* y un *gateway* tal y como se ha descrito anteriormente), que le permita ser capaz de recibir y enviar información así como de procesarla.

El número de RSU que se necesita dependerá de diversos factores:

- La red en cuestión.

- La aplicación o aplicaciones que se vayan a desplegar.
- Los sistemas heredados que estén en su lugar.
- Los medios de comunicación que se utilicen.

Probablemente, cuando se desplieguen los sistemas cooperativos se hará por etapas, ya que el despliegue requiere de una gran inversión, por lo que inicialmente se comenzará con las soluciones que más rápidamente aporten beneficios, como puede ser la aplicación de servicios que proporcionen prioridad a diferentes vehículos en tramos problemáticos. Además, la plataforma CVIS permite que, una vez que esté instalada la RSU, sobre esta puedan desplegarse múltiples aplicaciones, por lo que en las zonas donde se instalen se podrán ejecutar además otras muchas aplicaciones.

Las autoridades locales también requieren de un centro de control, que necesita inicialmente de un *host* de control y un *router*, además de una persona que controle el sistema. Obviamente, si hay un amplio despliegue de sistemas cooperativos, también se requerirá desplegar más centros de control.

4.2. IPv6

La conexión a Internet desde la plataforma CVIS utiliza IPv6. Aunque está previsto que se produzca una actualización mundial a IPv6, la mayoría de países europeos todavía están dominados por IPv4, y por tanto, se requiere actualizar todo el hardware de comunicaciones que se utilice.

Existen múltiples razones que justifican el uso de IPv6 en CVIS, aunque mientras IPv4 siga dominando, CVIS implementa túneles que permiten funcionar en IPv4. IPv6 permite un mayor grado de seguridad, sobre todo para Internet inalámbrico, así como una mayor facilidad de uso para aplicaciones *plug-and-play* y la posibilidad de utilizar los servicios geográficos que ofrecen los dispositivos que utilizan IPv6.

Tanto los *host* CVIS (en el vehículo o RSU) como los *routers* CVIS funcionarán sobre IPv6. Tanto CVIS como otras plataformas de comunicaciones inalámbricas vehiculares, como DENSO o NEC-LinkBirds, no proponen/requieren el despliegue de una red IPv6 independiente, sino que hacen uso de cualquier red de acceso disponible para conectar los vehículos a Internet (3G, WiFi, infrarrojos, etc.).

4.3. Arquitectura

La arquitectura del sistema proporciona un marco para la planificación, la definición y la implementación de los sistemas cooperativos, constituyendo la base para el despliegue de las aplicaciones de forma fiable, segura, tolerante a fallos e interoperable entre los sistemas cooperativos.

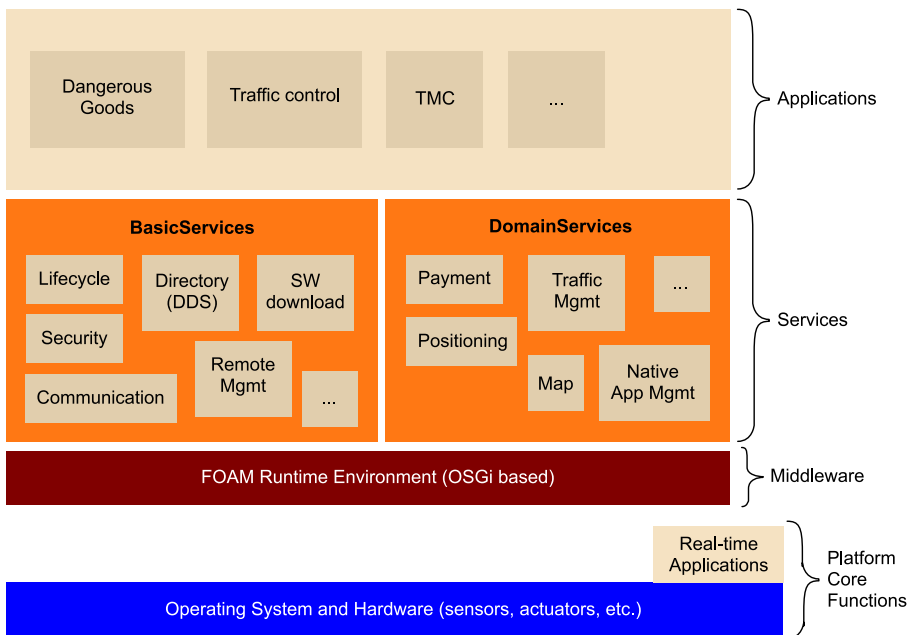
IPv6

Diseñado para sustituir a IPv4, debido al límite que impone respecto al número de direcciones de red admisibles. IPv6 admite 2^{128} direcciones de red.

El proyecto CVIS cooperó con otros proyectos con el objetivo de obtener una arquitectura común para el despliegue de sistemas cooperativos, la cual:

- Proporciona un medio para garantizar la interoperabilidad entre los componentes desarrollados por diferentes fabricantes, así como los proveedores de TIC.
- Garantiza el uso seguro de los sistemas cooperativos, de modo que los sistemas no conducen a circunstancias y accidentes peligrosos.
- Aborda el tema de la seguridad: tanto para proteger los datos personales, como para protegerse de ataques maliciosos contra los sistemas.
- Aborda las políticas y normativas legales como las normas de reglamentación de vehículos, de seguridad y de privacidad.
- Está diseñado para el futuro: esto significa que la arquitectura es fija, aunque si algunas normas o tecnologías específicas cambian, serán reemplazadas en el futuro por otras mejores.

Figura 14. Arquitectura de Capas CVIS



La arquitectura conecta los sistemas a bordo en los vehículos, la infraestructura vial formada por las RSU y la infraestructura final necesaria para la gestión del transporte cooperativo. Las tecnologías en las que se basa CVIS son Java y OSGi corriendo sobre un sistema operativo Unix.

La arquitectura CVIS está dividida en capas. La característica fundamental de las arquitecturas en capas es que una capa determinada solo se comunica con las que están directamente por encima o por debajo de ella.

La capa superior se denomina capa de aplicación y contiene el conjunto de aplicaciones que se van a arrancar sobre la infraestructura de ejecución de OSGi. Una aplicación proporciona servicios al usuario final, donde los ejemplos de usuarios finales son controladores de tráfico o conductores.

La capa central está dividida en dos subcapas: la capa de servicios (para apoyar el funcionamiento de las aplicaciones) y la capa de infraestructura de ejecución basada en OSGi (que proporciona un entorno para Java y OSGi para ejecutar funciones).

La tercera capa es la capa de las funciones básicas de plataforma, donde se incluye la infraestructura de comunicaciones: sistemas operativos, *routers*, *gateways* y hardware (sensores, actuadores, antenas, etc.).

4.3.1. Un sistema abierto e interoperable

Un sistema abierto permite añadir servicios y componentes nuevos o mejorados en el marco de los sistemas cooperativos sin efectos secundarios adversos y sin problemas de interoperabilidad.

La idea es diseñar sistemas abiertos, heterogéneos e interoperables en todo el mundo, en el que los sistemas que van a interactuar:

- Están diseñados e implementados por diferentes proveedores.
- Tienen un rango máximo de 10 años de edad.
- Pueden ser baratos y básicos, o cargados de funciones complementarias.
- Tienen que lidiar con diferentes regulaciones locales.

CVIS es una plataforma abierta, ya que el núcleo del software básico y middleware se abren y se ejecutan en Linux. Sin embargo, hay otras partes del software de aplicación y otros componentes que no están abiertos, por lo que los fabricantes todavía pueden proteger su propiedad intelectual.

La apertura y la interoperabilidad se construyen en el marco básico y en las aplicaciones de CVIS. Sin embargo, se trata de alcanzar un delicado equilibrio en el desarrollo abierto, ya que hay que tener cuidado en que los programas estén diseñados correctamente y no permitan ataques maliciosos.

La clave para garantizar la interoperabilidad es tener estándares adecuados y establecidos. La Comisión Europea asignó un espectro radioeléctrico dedicado a las aplicaciones de ITS en la banda de frecuencias de 5,8 GHz. Además, existen normas relativas a otros aspectos de los sistemas cooperativos, como son las características especiales que deben cumplir las aplicaciones en función de su fin, ya que no tienen las mismas restricciones las aplicaciones de seguridad que el resto.

4.4. ¿Cómo se pueden financiar los sistemas cooperativos?

Los costes para las funciones CVIS están formados por los gastos de equipamiento de la infraestructura y el funcionamiento de los servicios de CVIS y se pueden dividir en los siguientes elementos: los costes a bordo de la unidad, los costos de RSU, los costes del centro de control (los costes de mantenimiento también se reparten a lo largo de estas tres líneas), los gastos de comunicación y los costes de prestación de servicios.

Los mayores costes para las autoridades locales se asocian con las RSU y el centro de control. Los costes de adquisición e instalación consisten en:

- Los costes de la infraestructura física determinados por los equipos genéricos que se requieren (esto depende de la aplicación en cuestión).
- Los costes de instalación, tanto para la instalación de la carretera como en el vehículo.

Los gastos de explotación se componen de:

- Dotación de personal, teniendo en cuenta que la cantidad variará en función de la aplicación.
- Alojamiento, teniendo en cuenta el espacio de oficinas para los operadores, administradores y el equipo de la estación.
- Mantenimiento: los costes de mantenimiento del día a día en general y los costes de renovación de equipos.
- Los costes de comunicación.
- Otros factores operacionales, tales como el coste de la utilización de los servicios de varios proveedores de servicios públicos de comunicaciones o de otro tipo.

Los costes de puesta en marcha desde cero incluyen la creación de las unidades de tierra, donde el número de RSU depende de la aplicación CVIS a desplegar, los sistemas heredados en ese lugar y los medios de comunicación utilizados en la RSU.

Los vehículos requieren de un sistema de posicionamiento y de capacidad de comunicación bidireccional con las RSU a través de las comunicaciones inalámbricas.

En la actualidad el hardware es caro, pero a medida que aumente la escala de producción, los precios bajarán. Las tecnologías cooperativas siguen la tendencia de precios de las tecnologías de información, donde normalmente se produce una caída del 25 a 30% en el precio por cada duplicación del volumen de fabricación.

4.4.1. Modelo de negocio

Hay muchos actores que participan en el despliegue de los sistemas cooperativos. Para que se cree un modelo de negocio, cada actor debe ver una oportunidad de negocio en el despliegue de los sistemas cooperativos: esto hace que el modelo de negocio sea complicado, ya que cada actor tiene un punto de vista diferente.

Para tener en cuenta las perspectivas de los diferentes grupos de interés, y para garantizar un modelo de negocio para todos, las aplicaciones podrían ser introducidas por partes, y los servicios de paquetes deben ser desarrollados de acuerdo a los diferentes puntos de vista:

- La perspectiva del gobierno (local) para apoyar los objetivos de la política de transportes.
- Las perspectivas de los usuarios de la vía para aumentar el confort, reducción de riesgos, la eficiencia y la seguridad.
- La perspectiva de los transportistas para construir un sistema logístico eficaz.

A continuación se explica el modelo de negocio de la aplicación de gestión de mercancías peligrosas, donde se explica cómo interactúa cada uno de los actores con el sistema, quién proporciona el servicio y para quién y quién paga a quién. Este modelo de negocio se divide en las siguientes áreas:

1) **Consumidores.** Esta área representa a los actores que son percibidos como consumidores: los conductores de camiones son los consumidores de servicios y los operadores de transporte y las autoridades del gobierno local son consumidores de información. Estos pagan al proveedor de servicios para poder acceder a las aplicaciones.

2) **Prestación de servicio.** Esta área representa a los actores que prestan los servicios a los consumidores. Para la aplicación de mercancías peligrosas, además del servicio en sí, este incluye información geográfica, mapas e información meteorológica.

3) **Producción.** Esta área representa a los actores que producen los servicios y ofrecen funcionalidad a los mismos o directamente a los consumidores. Para la aplicación de mercancías peligrosas, esto incluye la información de los mapas y los datos de tráfico ofrecidos por el proveedor de servicios.

4) Apoyo tecnológico. Esta área representa a los actores que apoyan a los productores de los servicios o a los proveedores de servicios con las tecnologías necesarias, proporcionando las telecomunicaciones, el software y el hardware para la aplicación de mercancías peligrosas.

5) Financiación. Esta área representa a los actores que apoyan a las transacciones financieras en el modelo de negocio. Para la aplicación de mercancías peligrosas, esto está representado por la compañía de seguros que está involucrada, ya que la aplicación proporcionará mejores condiciones de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas, con una reducción asociada de la prima del seguro de la compañía de transporte que utiliza la aplicación.

6) Regulación. Esta área representa a los actores que controlan compatibilidad con la legislación relativa a los servicios. Para la aplicación de mercancías peligrosas, es el Gobierno el que se asegura de que todas las actividades se ajustan a la ley.

7) Actores y cadena de valor. Como se ha explicado anteriormente, los actores pertenecen a distintas áreas y las cadenas de valor consisten en dinero, información, servicios y bienes. Estos factores son los que se intercambian entre los distintos actores en el modelo de negocio.

En la aplicación de mercancías peligrosas, la información es proporcionada por el operador de carreteras para gestionar el enrutamiento, y esta información se gestiona y se entrega a las autoridades locales. Los operadores de carreteras y las autoridades locales tendrán que pagar una cuota al proveedor de servicios, ya que reciben uno (menor riesgo de accidente y la información sobre las mercancías peligrosas en la zona). Los usuarios del sistema (camiones) pagan una cuota para la conectividad móvil, pero se les reducirá el coste del seguro como factor de motivación para el pago de esta tasa.

El hecho de que los modelos de negocio de los sistemas cooperativos involucren a muchos actores puede hacer el despliegue muy difícil. Para facilitar la implementación, es mejor al principio tratar de encontrar aplicaciones (o paquetes de aplicaciones) que tengan modelos de negocio simples. Un ejemplo del proyecto CVIS es la solicitud de prioridad: para esta aplicación no se requiere información de mapas, ni se trata con ninguna compañía de seguros, y no se necesitan operadores de carretera.

La aplicación involucra a los usuarios de la carretera, a las autoridades locales, al regulador, al proveedor de servicios y al proveedor de información de tráfico. Aunque todavía hay muchos actores involucrados, no hay tantos como en la aplicación de mercancías peligrosas.

5. Aspectos no tecnológicos

Para implementar los sistemas cooperativos, es necesario abordar los problemas de implementación no técnicos. En este capítulo se examinan algunos aspectos importantes que deben tenerse en cuenta para lograr la implementación de los sistemas cooperativos.

Para que los sistemas cooperativos puedan ser desplegados, la tecnología tiene que funcionar, pero además, hay otros aspectos no técnicos que deben tenerse en cuenta. De hecho, es crucial analizar la factibilidad del mercado, así como la viabilidad técnica de los sistemas cooperativos, de lo contrario no hay ninguna posibilidad de que el sistema se implemente.

Este apartado se centra en algunos de estos temas: la aceptación del usuario, la privacidad de datos, la normalización, las cuestiones jurídicas y la responsabilidad y la cooperación interesados.

5.1. Aceptación del usuario

Una de las principales barreras para la implementación de los sistemas cooperativos es la aceptación del usuario. Dentro de los usuarios están tanto los conductores de vehículos como las autoridades de tráfico. La aceptación del usuario se puede dividir en tres partes:

1) La utilidad y la usabilidad del sistema desde el punto de vista del conductor. La utilidad del sistema para los conductores depende de cada aplicación, y del tipo de conductor.

2) La utilidad y la usabilidad del sistema desde el punto de vista de la autoridad vial. Las autoridades de tráfico también deben encontrar los beneficios derivados de los sistemas cooperativos para que el despliegue siga adelante. Debe haber una clara utilización de la tecnología para fomentar la aceptación de los usuarios en este grupo de actores clave. En este caso, la utilidad del sistema para las autoridades depende de la aplicación en cuestión, y del tipo de autoridad (local, regional o nacional).

3) La facilidad de uso del sistema. Este es un factor clave que garantiza la seguridad y la satisfacción de los usuarios de los sistemas. Esto es importante sobre todo con respecto a la interfaz de usuario. Ejemplos de temas que se deben abordar incluyen: si el conductor debe tocar la pantalla o recibir mensajes automáticos, o si el conductor solo debe tocar la pantalla en los casos en que no se encuentra en una situación de conducción compleja.

5.2. Seguridad y privacidad

La seguridad es fundamental para los sistemas cooperativos, ya que es necesario asegurar que los sistemas no son objeto de ataques violentos, mensajes falsos, atascos o corrupción de datos. Además, los sistemas cooperativos prevén la creación, el almacenamiento y el intercambio de datos personales a través de enlaces de comunicación inalámbrica. El beneficio que aportan los sistemas cooperativos gracias al aumento de datos puede ser visto también como un aspecto problemático debido a cuestiones de privacidad.

La privacidad es un tema importante para los potenciales usuarios de vehículos privados de los sistemas de cooperación y necesita ser tratada adecuadamente por quienes desarrollan la tecnología para que esta pueda ser aceptada por los usuarios.

Por lo que respecta a la plataforma CVIS, las preocupaciones de seguridad y privacidad de los datos se han incorporado en la arquitectura de comunicaciones y se han adoptado una serie de principios fundamentales. Por ejemplo, la arquitectura de comunicación requiere que la identidad de los vehículos sea oculta y que la información sea digitalmente codificada.

5.3. Estandarización

Los estándares son necesarios para garantizar que cuando los componentes de los sistemas cooperativos son fabricados por distintas empresas y en diferentes países, estos seguirán funcionando juntos. Uno de los componentes clave de los sistemas cooperativos es la interoperabilidad, y para ello, un factor clave es la estandarización. Cuando no existen estándares, las diferentes empresas crean diferentes formas de resolver el mismo problema, por lo que, para que los sistemas ITS cooperativos se desplieguen, es necesario establecer unos determinados estándares. Para ello, el ESTI y el CEN están desarrollando y promoviendo determinadas normas técnicas y estándares para garantizar el despliegue de los sistemas cooperativos.

5.4. Aspectos legales

Otros aspectos obvios a considerar son las cuestiones jurídicas y la responsabilidad. Es necesario considerar las cuestiones de responsabilidad antes de que se desplieguen los sistemas para asegurarse de que todos serán conscientes de su responsabilidad en caso de que algo funcione mal. Es un requisito de la Convención de Viena de 1968 (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa sobre la circulación por carretera) que los conductores deben controlar sus vehículos en todo momento. Por lo tanto, las aplicaciones de los sistemas cooperativos deben considerarse como una ayuda a la conducción, pero siempre será el conductor quien tome la decisión y, por tanto, el responsable de las consecuencias.

Para la implementación de los sistemas cooperativos hay que gestionar el trabajo conjunto entre fabricantes de equipos, proveedores, administraciones públicas, las industrias de telecomunicaciones y otros agentes, ya que sin la cooperación de todos los socios, los sistemas cooperativos no se pueden implementar. Una manera de conseguir que todas las partes interesadas participen en el despliegue y cooperen unos con otros es asegurarse de que cada actor tenga un buen modelo de negocio y que, por tanto, vaya a obtener beneficios con el despliegue de los sistemas cooperativos.

Bibliografía

2010 on the Horizon. 3rd Road Safety PIN Report. European Road Safety Council (2009). Disponible en: <http://archive.etsc.eu/documents/ETSC%20PIN%20Annual%20Report%202009.pdf>.

Action Area 4, COM (2008). 886 Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems. European Commission (16 diciembre, 2008).

C2X Activities in Germany: General reflections and current activities (2009). Presentation by Fritz Busch, Chair of Traffic Engineering and Control. 16th World Congress on ITS. Estocolmo: Technische Universität München.

"Cooperative Urban Mobility, Exploring the possibilities offered by next generation infrastructure vehicle communications in tackling urban transport challenges". CVIS Handbook. www.cvisproject.org.

Final study report - CODIA Deliverable 5. Co-operative systems Deployment Impact Assessment (2008). VTT Technical Research Centre of Finland.

Internet Protocol version 6-IPv6 - Unleashing more internet addresses to support growth in Europe. European Commission, Information Society and Media Directorate-General (mayo, 2008). http://ec.europa.eu/information_society/policy/ipv6/index_en.htm.

The European Communications Architecture for Co-operative Systems. Summary Document. European Commission, Information Society and Media Directorate-General, Unit 'ICT for Transport' (INFSO-G4) (abril, 2009).

