Sistemes vehiculars cooperatius

Unai Hernández Jayo

PID_00157979

UOC
Universitat Oberta de Catalunya

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars del copyright.

Índex

Introducció 5

Objectius 6

1. Introducció als sistemes cooperatius 7
1.1. Com poden fer front els sistemes cooperatius a problemes de transport urbà? 8
1.2. Quins són els diferents actors involucrats? 8

2. Arquitectures disponibles 10
2.1. Arquitectura CALM 11
2.2. *Cooperative vehicle-infrastructure systems*. Projecte CVIS 13
2.3. *Co-operative systems for intelligent road safety*. Projecte COOPERS 17
2.4. Arquitectura de referència ETSI EN 302 665 19
2.4.1. Subsistemes de l'arquitectura ITS 21

3. Com poden contribuir els sistemes cooperatius a solucionar problemes de trànsit 22
3.1. Gestió del trànsit 22
3.1.1. Avaluació del control de trànsit 23
3.1.2. Encaminament estratègic 24
3.1.3. Microencaminament 26
3.1.4. Aplicacions de prioritat de vehicles 27
3.1.5. Perfils de velocitat 28
3.1.6. Aplicacions d'informació 29
3.2. Seguretat en carretera 30
3.2.1. Seguretat a interseccions 30
3.2.2. Altres aplicacions de seguretat 32
3.3. Transport de mercaderies 33
3.3.1. Gestió de mercaderies perilloses 33
3.3.2. Gestió de zones d'aparcament. Badia de càrrega 34
3.3.3. Control d'accessos 36
3.4. Transport públic 37
3.5. Impacte mediambiental del transport 37

4. Què és necessari per al desplegament de sistemes cooperatius? 38
4.1. Tecnologia 38
4.2. IPv6 39
4.3. Arquitectura 39

4.3.1. Un sistema obert i interoperable 41
4.4. Com es poden finançar els sistemes cooperatius? 42
4.4.1. Model de negoci 43

5. Aspectes no tecnològics..... 45
5.1. Acceptació de l'usuari 45
5.2. Seguretat i privacitat 46
5.3. Estandardització 46
5.4. Aspectes legals 46

Bibliografia..... 49

Introducció

Els sistemes vehiculars cooperatius són una de les claus principals en tots els desenvolupaments inclosos en els sistemes intel·ligents de transport que tinguin com a objectiu millorar la gestió del trànsit o la seguretat viària. Aquests sistemes estan basats en l'intercanvi d'informació entre vehicles (V2V, *vehicle to vehicle*) o entre vehicles i elements fixos disposats en la infraestructura viària (V2I , *vehicle to infrastructure*, o I2V, *infrastructure to vehicle*). Aquest flux de dades té com a objectiu que cada node de la xarxa creada d'aquesta manera disposi d'informació important relativa a l'escenari en què es trobi, i que després del seu processament pugui suggerir accions als conductors mitjançant els denominats *human machine interfaces* (HMI), que en molts casos poden consistir en telèfons intel·ligents o en consoles ja integrades al vehicle.

És fonamental que la informació que arribi a cada element de la xarxa (vehicles i infraestructura) sigui molt rigorosa i fiable, de manera que només es mostri a cada conductor informació que realment l'afecti (no seria viable un sistema que bombardegés el conductor amb centenars de missatges). El pas previ a aquesta computació, i del qual realment depenen aquests sistemes, és la xarxa de comunicacions creada, que fa possible el trànsit de dades entre tots els agents involucrats. Per això, durant aquest curs veurem sistemes de comunicacions sense fils específics per a aquests entorns, com són les *dedicated short-range communications*, les quals habiliten canals de comunicació de curt-mitjà abast que engloben una sèrie d'estàndards i protocols que fan possible els enllaços V2V o I2V.

L'objectiu d'aquest mòdul és introduir l'estudiant en les arquitectures de comunicacions necessàries per a poder desplegar aplicacions i serveis en un entorn vehicular cooperatiu. Per a això, analitzarem una sèrie d'arquitectures que s'han proposat i provat en projectes europeus de referència. També analitzarem els beneficis i virtuts d'aquests sistemes, i mostrarem certs exemples que ajudin l'estudiant a raonar i a proposar noves aplicacions i funcionalitats. Finalitzarem el mòdul discutint també alguns aspectes no tecnològics, però que és necessari tenir en compte a l'hora de dissenyar i desplegar sistemes cooperatius, com poden ser l'acceptació dels usuaris, la seguretat de la informació o els aspectes legals.

Objectius

Els continguts d'aquest mòdul han de permetre als estudiants aconseguir els següents objectius:

1. Conèixer què són els sistemes cooperatius vehiculars.

2. Reconèixer les necessitats davant les quals es desenvolupen sistemes cooperatius.

3. Identificar sistemes cooperatius actuals i saber-ne analitzar les funcionalitats lògiques i operatives.

4. Saber descriure i analitzar els requisits tecnològics i no tecnològics involucrats en un sistema cooperatiu vehicular.

5. Ser capaços de dissenyar conceptualment un sistema cooperatiu vehicular.

1. Introducció als sistemes cooperatius

Els sistemes cooperatius permeten als vehicles comunicar-se entre ells (V2V) o amb la infraestructura (V2I o I2V), amb l'objectiu final d'aconseguir beneficis en moltes àrees de gestió del trànsit i de seguretat viària.

La idea bàsica és que els vehicles estan equipats amb OBU (*on-board units*), encaminadors i antenes, gràcies als quals poden rebre informació de la infraestructura, processar-la, mostrar-la al conductor i compartir aquesta informació amb altres vehicles o amb la pròpia infraestructura. La informació s'envia per una varietat de mitjans de comunicació sense fils de curt i llarg abast, com pot ser la xarxa de telefonia mòbil o enllaços dedicats com IEEE 802.11p.

En l'actualitat, hi ha exemples de vehicles que es comuniquen sense fils amb la infraestructura de la carretera: per exemple, alguns autobusos estan equipats amb certa tecnologia que els permet comunicar-se amb els semàfors i, així, aquests poden assignar prioritat al carril bus enfront del carril de trànsit general. Quan l'autobús s'aproxima al semàfor, es comunica amb aquest per a indicar-li que s'està apropant, i el semàfor pot acceptar (espera, es posa verd) o rebutjar (espera, es posa vermell) la sol·licitud. Aquest sistema és cooperatiu, ja que es basa en una transferència de dades mitjançant una comunicació sense fil (de l'autobús a la infraestructura). Aquest tipus de sistemes es coneixen com a *sistemes independents* o *autònoms*, ja que la plataforma sobre la qual es construeixen està dissenyada per a manejar una sola aplicació individual i no es pot adaptar fàcilment per a afegir-hi nous serveis o aplicacions. A més, la comunicació és només unidireccional, ja que el conductor no rep cap informació de la infraestructura (per exemple, si es concedeix la sol·licitud de verd).

Precisament, la novetat de la tecnologia dels sistemes cooperatius de nova generació és que possibiliten una comunicació bidireccional sobre una plataforma oberta que permet afegir fàcilment múltiples serveis i aplicacions.

Sistemes vehiculars cooperatius

Els sistemes cooperatius estan evolucionant ràpidament a tot el món; no obstant això, tal com passa amb la majoria de noves tecnologies, a cada lloc són coneguts amb diferents noms; per exemple, V2X, VII o *comunicacions in-vehicle*. No obstant això, les característiques i els beneficis que ofereixen són els mateixos.

Hi ha diverses tecnologies sense fils que proporcionen sistemes per a fer front a diferents problemes de transport; no obstant això, els sistemes cooperatius permeten ser la base per a resoldre molts problemes, tal com es presentarà a continuació.

El benefici principal dels sistemes intel·ligents cooperatius és que permeten que el conductor disposi de més informació de l'entorn gràcies a la tecnologia que porta embarcada al vehicle. A més, la manera en què es gestiona la informació permet que cada conductor se la pugui personalitzar. D'altra banda, la comunicació proporciona informació en temps real sobre la ubicació dels vehicles i les condicions del camí, fet que permet als conductors adaptar la conducció i reaccionar amb temps davant situacions d'accident, perill o retencions. Per tant, els beneficis dels sistemes cooperatius són:

- Millora de la qualitat de les dades de trànsit en temps real.
- Millora de la gestió i el control de la xarxa de carreteres (tant urbana com interurbana).
- Augment de l'eficiència dels sistemes de transport públic.
- Reducció d'emissions i de contaminació.
- Millora de la seguretat viària per a tots els usuaris de la via.
- Reducció de congestions.
- Gestió logística més eficient.
- Resposta millor i més eficient davant perills, incidents i accidents.
- Durades de viatge més curtes i més predictibles.
- Reducció dels costos de funcionament dels vehicles.

1.1. Com poden fer front els sistemes cooperatius a problemes de transport urbà?

Els sistemes cooperatius proveeixen d'una tecnologia que ajuda a superar reptes actuals en el transport: ajuden a incrementar la seguretat en les carreteres, milloren l'eficiència del transport públic i del transport de mercaderies, incrementen l'eficiència del trànsit, redueixen la congestió i disminueixen l'impacte mediambiental.

Els beneficis es deuen al fet que el sistema de gestió de xarxa serà capaç d'interactuar amb els vehicles individualment (o amb grups de vehicles del mateix tipus o situats en un mateix entorn geogràfic), en lloc de tractar amb el comportament del grup mitjà. Aquest nou nivell de detall proporciona una visió més precisa que la disponible en l'actualitat de la xarxa de transport, i per tant beneficiarà els operadors de transport públic, de mercaderies i gestors de flotes, i els usuaris privats de les carreteres.

1.2. Quins són els diferents actors involucrats?

Un dels temes complicats en el desplegament dels sistemes cooperatius és que hi ha molts actors involucrats que han de treballar plegats. Els usuaris del sistema són les autoritats públiques, però també els operaris/explotadors de la via, transportistes i conductors de transport públic, i els usuaris particulars de carretera. Això sense esmentar els que desenvolupen i dissenyen les aplicaci-

ons: fabricants de vehicles, fabricants d'equips, instituts de recerca i desenvolupadors de programari, i els que presten els serveis finals als usuaris (en un cas de negoci).

Cadascun d'aquests grups d'usuaris es beneficiarà dels sistemes cooperatius una vegada que aquests siguin desplegats, però el benefici complet s'aconseguirà quan tots aquests grups estiguin disposats a invertir i treballar de manera conjunta.

Vehicular stakeholders

Com veiem, per a l'èxit dels sistemes cooperatius és necessària la implicació d'un gran nombre d'agents, principalment els governs (per a adequar lleis i reglaments a aquest nou paradigma) i els fabricants d'automòbils (de manera que facilitin el desplegament d'aquests sistemes als vehicles).

Les autoritats locals són actors clau en el procés de desplegament dels sistemes cooperatius, però les aplicacions V2V es poden desplegar i es desplegaran sense esperar a la seva completa vinculació. Per aquest motiu, les aplicacions V2I i I2V es poden desplegar a les carreteres regionals i nacionals sense la participació de les ciutats, a causa de la situació econòmica actual i la necessitat d'inversió.

El fet que hi hagi diferents grups d'interès pot provocar conflictes entre diversos grups d'usuaris. Per a mantenir els objectius de les autoritats locals, aquestes han d'estar ben informades i participar en el desplegament de tecnologies de sistemes cooperatius. Si agrupem els actors que intervenen en el desenvolupament i desplegament de sistemes col·laboratius, podem parlar del següent:

a) Creació i desenvolupament del sistema.

- Fabricants de vehicles.
- Marques de maquinària.
- Institucions de recerca.
- Desenvolupadors de programari.

b) Usuaris.

- Autoritats locals.
- Autoritats nacionals de carreteres.
- Operaris de carretera.
- Transportistes.
- Conductors de transport públic.
- Conductors privats.

c) Promotors.

- Organitzacions dels usuaris.
- Organitzacions de transport.
- Proveïdors de serveis.

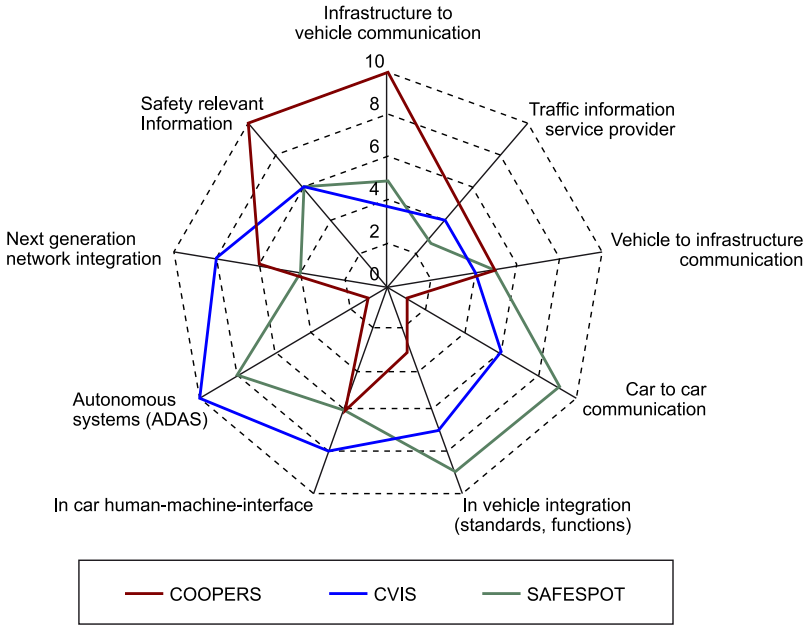
2. Arquitectures disponibles

Durant la convocatòria del VI programa marc de la Unió Europea, es van desenvolupar una sèrie de projectes de recerca amb l'objectiu comú de portar a terme una prova de concepte dels denominats *sistemes cooperatius*. Alguns exemples d'aquests projectes són CVIS (http://www.cvisproject.org), COOPERS (http://www.coopers-ip.eu/) i SAFESPOT (http://www.safespot-eu.org/) (figura 1), els quals es van analitzar *a posteriori* pel projecte I-FRAME, que ja hem esmentat en l'altre mòdul. El resultat d'aquesta anàlisi va ser la redacció de prop de 230 requisits d'usuari inclosos en l'arquitectura FRAME, juntament amb les funcionalitats corresponents, també previstes en aquesta arquitectura. D'aquesta manera, mentre aspectes associats a les necessitats dels sistemes cooperatius han estat analitzats pels projectes COMeSafety (http://www.comesafety.org/) i PRE-DRIVE C2X (http://www.drive-c2x.eu/), altres resultats d'aquests projectes han contribuït al desenvolupament d'estàndards emmarcats en ETSI, CEN o bé ISO, fet que al seu torn ha fomentat la definició d'arquitectures de comunicacions per a ser desplegades en SIT.

Vegeu també

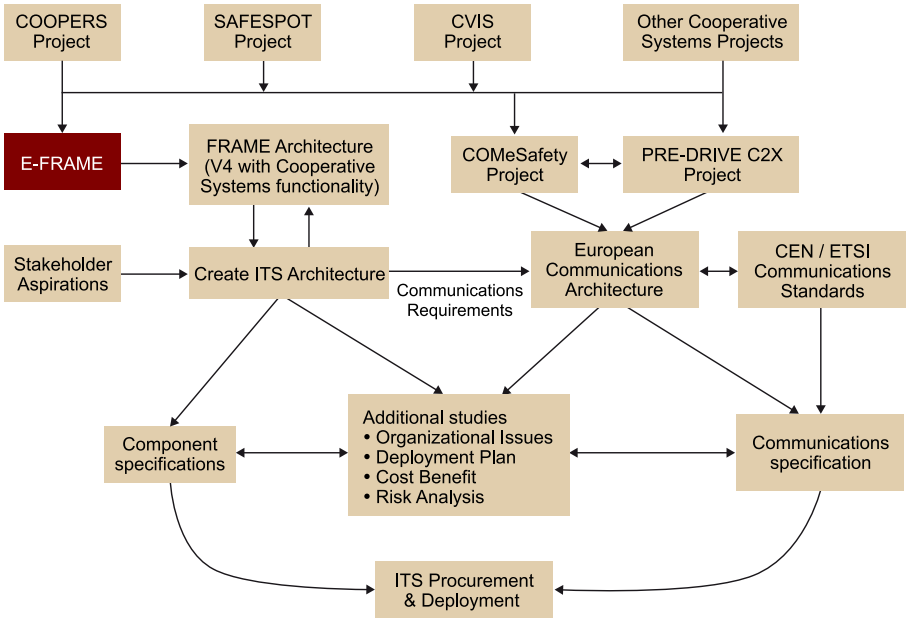
El projecte I-FRAME s'ha vist en el mòdul "Sistemes intel·ligents de transport (SIT)" d'aquesta assignatura.

Figura 1. Abast dels projectes COOPERS, CVIS i SAFESPOT



La relació de FRAME amb aquests projectes apareix reflectida en la figura 2, en què el bloc identificat com a *create ITS architecture* representa el conjunt de processos descrits en FRAME a l'hora de crear una arquitectura de SIT. D'aquesta manera, una vegada que els aspectes físics han estat definits per a l'escenari en qüestió, es poden definir els requisits de comunicació necessaris. En aquest punt, es pot consultar el resultat dels projectes COMeSafety i PRE-DRIVE C2X.

Figura 2. Integració de projectes del VI PM amb el projecte FRAME



2.1. Arquitectura CALM

L'arquitectura marc proporcionada per l'ISO per a donar suport de comunicacions en entorns mòbils relacionats amb els SIT és la denominada *communications, air interface, long and medium range* (CALM). Està composta per una sèrie d'estàndards internacionals en aquest àmbit, de manera que pot suportar comunicacions contínues mitjançant diferents interfícies i mitjans físics com poden ser IEEE 802.11, 802.11p, 802.15, 802.16i, 802.20, telefonia mòbil 2G/3G/4G o els sistemes propietaris dels programes de SIT nacionals. De manera més específica, els mitjans físics utilitzats per a donar suport a l'arquitectura CALM són els que mostra la taula 1.

Lectura recomanada

A l'aula teniu el document CALM_Tutorial.pdf, en el qual trobareu informació sobre els serveis principals que CALM proporciona. Es refereixen a operacions amb vehicles comercials (CVO), gestió de cobraments (*payment*), seguretat (*safety*), informació del trànsit i seguretat en comunicacions vehiculars (VSC). Se'n pot trobar una llista més extensa en aquest document.

Taula 1. Mitjans físics previstos en l'arquitectura CALM

Estàndard	Descripció
ISO 21212	Xarxa cel·lular 2G (GSM).
ISO 21213	Xarxa cel·lular 3G (UMTS).
ISO 21214	Interfície d'infrarojos entre 820 nm i 1.010 nm.
ISO 21215	Proporciona accés a la capa d'accés de la interfície de comunicació CALM M5, la qual opera a 5 GHz. És l'estàndard conegut com a IEEE 802.11p.
ISO 25112	Selecciona les opcions adequades per al desplegament en CALM de WiMax (IEEE 802.16e).

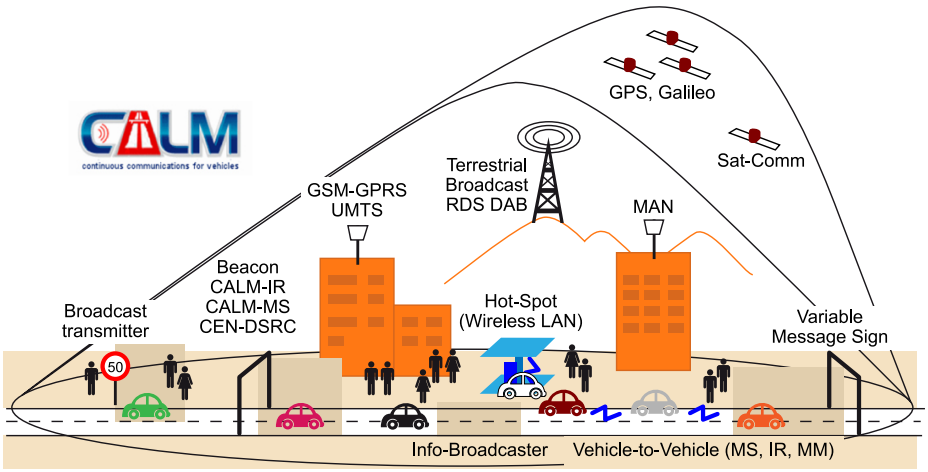
Estàndard	Descripció
ISO 25113	Selecciona les opcions adequades per al desplegament en CALM de HC-SDMA (IEEE 802.20).
IEEE 802.15	Comunicacions de curt abast Bluetooth.
IEEE 802.3	Comunicacions amb fils mitjançant Ethernet.
DSRC	*Dedicated short-range communications*: comunicacions sense fils de curt i mitjà abast a 5,9 GHz.

Entre les aplicacions fonamentals de CALM que es poden desplegar en un escenari com el que mostra la figura 3, destaquem aquestes: donar suport a serveis d'Internet en entorns mòbils; donar suport a les aplicacions ITS nacionals; i donar suport a la nova generació d'aplicacions ITS (sistemes de comunicacions per a seguretat en vehicles, i noves aplicacions comercials basades en la seva capacitat de gran amplada de banda i ampli abast).

En l'escenari definit, s'identifiquen dos agents principals: d'una banda, les *on-board units* (OBU) i, d'altra banda, les *road side units* (RSU). Les primeres fan referència als equips telemàtics que és necessari instal·lar a bord del vehicle per a poder dotar-lo de capacitat de còmput i comunicació amb l'exterior; i les RSU són els dispositius localitzats en la infraestructura i que permeten i faciliten l'intercanvi d'informació de les OBU amb serveis i aplicacions proporcionats per altres sistemes allunyats de la infraestructura, com per exemple els centres de gestió de trànsit.

La gran aportació de l'arquitectura CALM als SIT és que, per primera vegada, totes les parts interessades que participen en l'àmbit del transport (companyies automobilístiques, companyies de construcció d'infraestructures, agents socials, administració, etc.) han col·laborat en la construcció d'un sistema que unifica tots els àmbits de les comunicacions en el transport, tant pel que fa a mitjans físics com a aplicacions que donen ús a les interfícies esmentades.

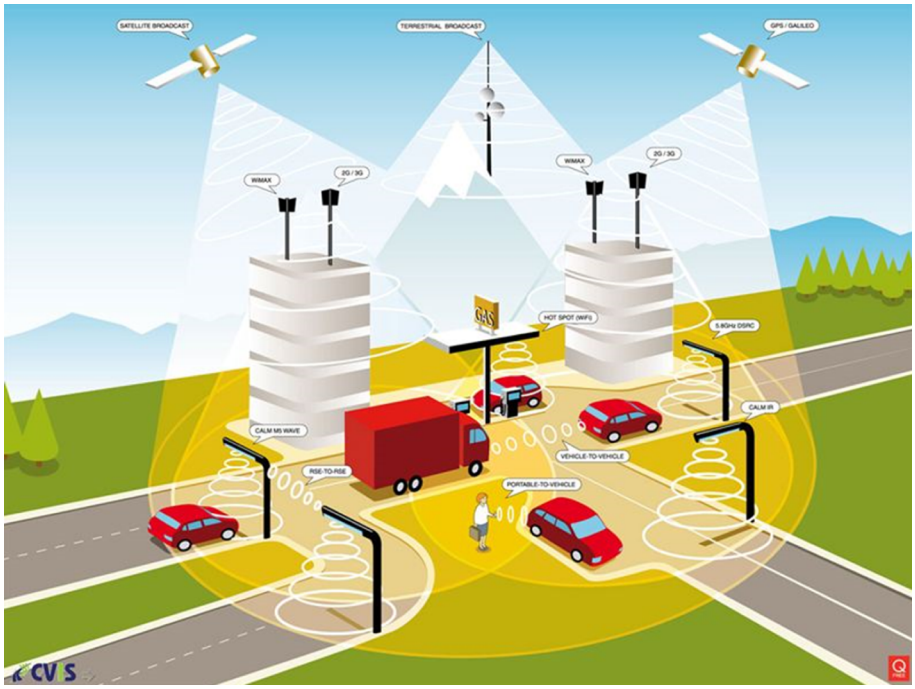
Figura 3. Interfícies d'accés previstes en l'arquitectura CALM



2.2. *Cooperative vehicle-infrastructure systems*. Projecte CVIS

Un altre model d'arquitectura disponible per al desplegament d'aplicacions de SIT és el que proporciona el projecte *cooperative vehicle-infrastructure systems* (CVIS), el qual es basa principalment en la implementació i el desenvolupament de sistemes de comunicacions embarcats (figura 4).

Figura 4. Escenari d'aplicació de SIT plantejat en el projecte CVIS



Es tracta d'una arquitectura que fa servir el suport físic i l'estructura general definits en l'arquitectura CALM, i la seva aportació principal és el conjunt de serveis i aplicacions especificats en CALM, i la construcció d'una sèrie de demostradors de la viabilitat d'aquest tipus de sistemes.

El conjunt de serveis desenvolupats i provats en CVIS (taula 2) es poden agrupar sobre la base del tipus de comunicacions emprats, diferenciant entre comunicacions vehicle-infraestructura (V2I o I2V, acrònims en anglès de *vehicle to infraestructure*), comunicacions vehicle-vehicle (V2V, *vehicle to vehicle*) i infraestructura-infraestructura (I2I).

La capa de comunicacions de CVIS necessita desplegar programari i maquinari que sigui capaç d'establir i mantenir aquests enllaços de comunicacions. A més, l'entorn SIT cooperatiu proposat per CVIS proporciona tant comunicacions *broadcast* com encaminament *geo-networking*, és a dir, la informació s'adreça a àrees geogràfiques concretes. Quan fem servir elements de l'arquitectura CALM, la capa de comunicacions CVIS pot emprar diferents interfícies, la qual cosa fa possible que la capa d'aplicació sigui independent de

la capa física. Així, mentre que l'estàndard IEEE 802.11p s'empra en comunicacions de curt abast V2V i V2I, és possible fer servir xarxes cel·lulars (2G/3G) per a permetre l'accés al sistema central.

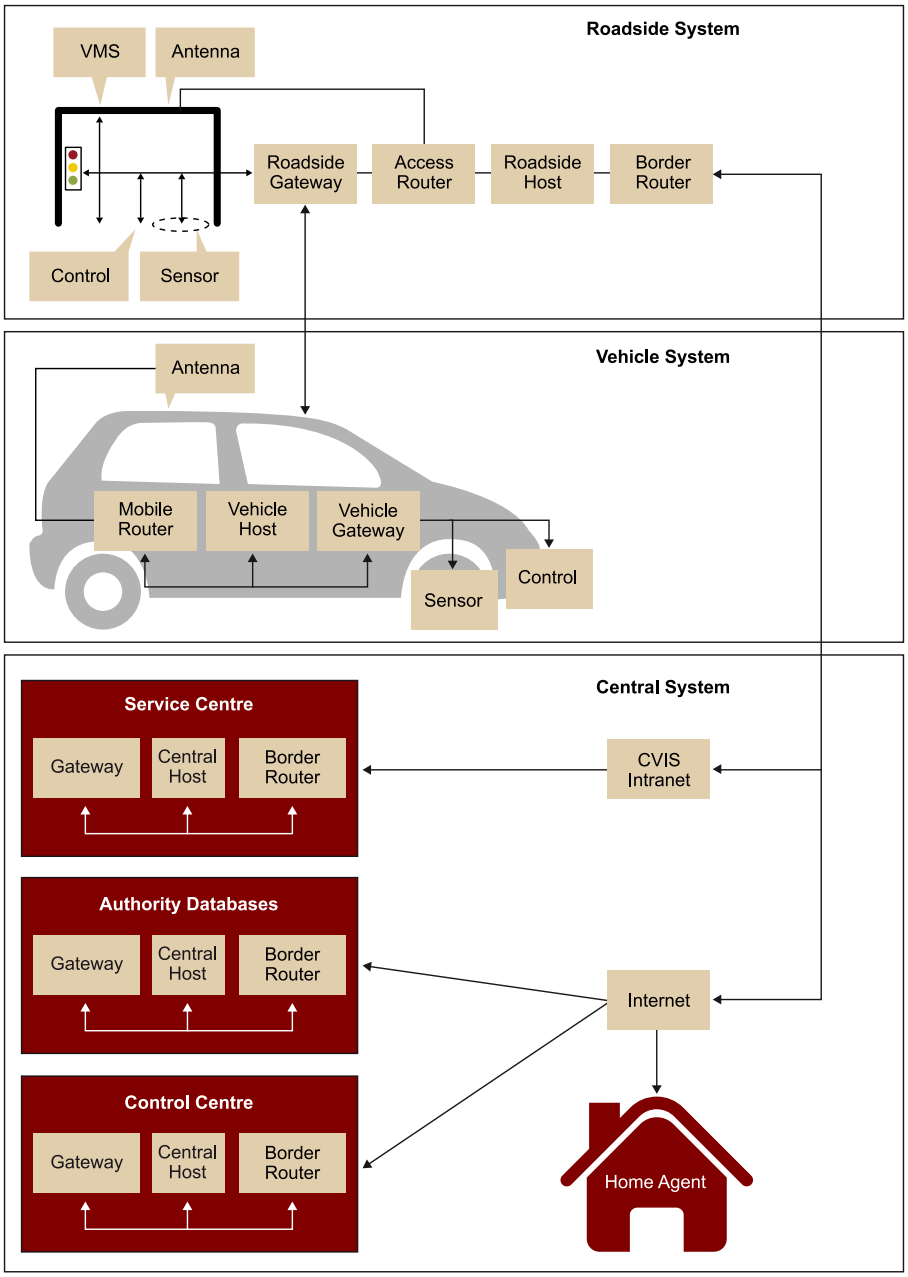
Taula 2. Serveis suportats per l'arquitectura CVIS

V2I	V2V
Avís d'angle mort	Avís de vehicle amb llums d'emergència
Avís de velocitat a corbes	Avís de zona d'angle mort
Avís d'ambulància	Avís de col·lisió
Avís de pas a nivell, intersecció	Avís de canvi de carril
Avís de semàfor en ambre	Avís de trucada d'emergència
Avís de pas de túnel baix	Avís de vehicle en sentit contrari
Avís de pas de vianants	
Avís de condicions de la carretera (gel, pluja)	
Avís d'obres a la via	

En CVIS s'empra el protocol de xarxa IPv6, encara que si no es pot implementar sobre les xarxes cel·lulars de telefonia, s'ofereix l'alternativa de servei IPv6 sobre IPv4 mitjançant aplicacions de *tunnelling* com OpenVPN.

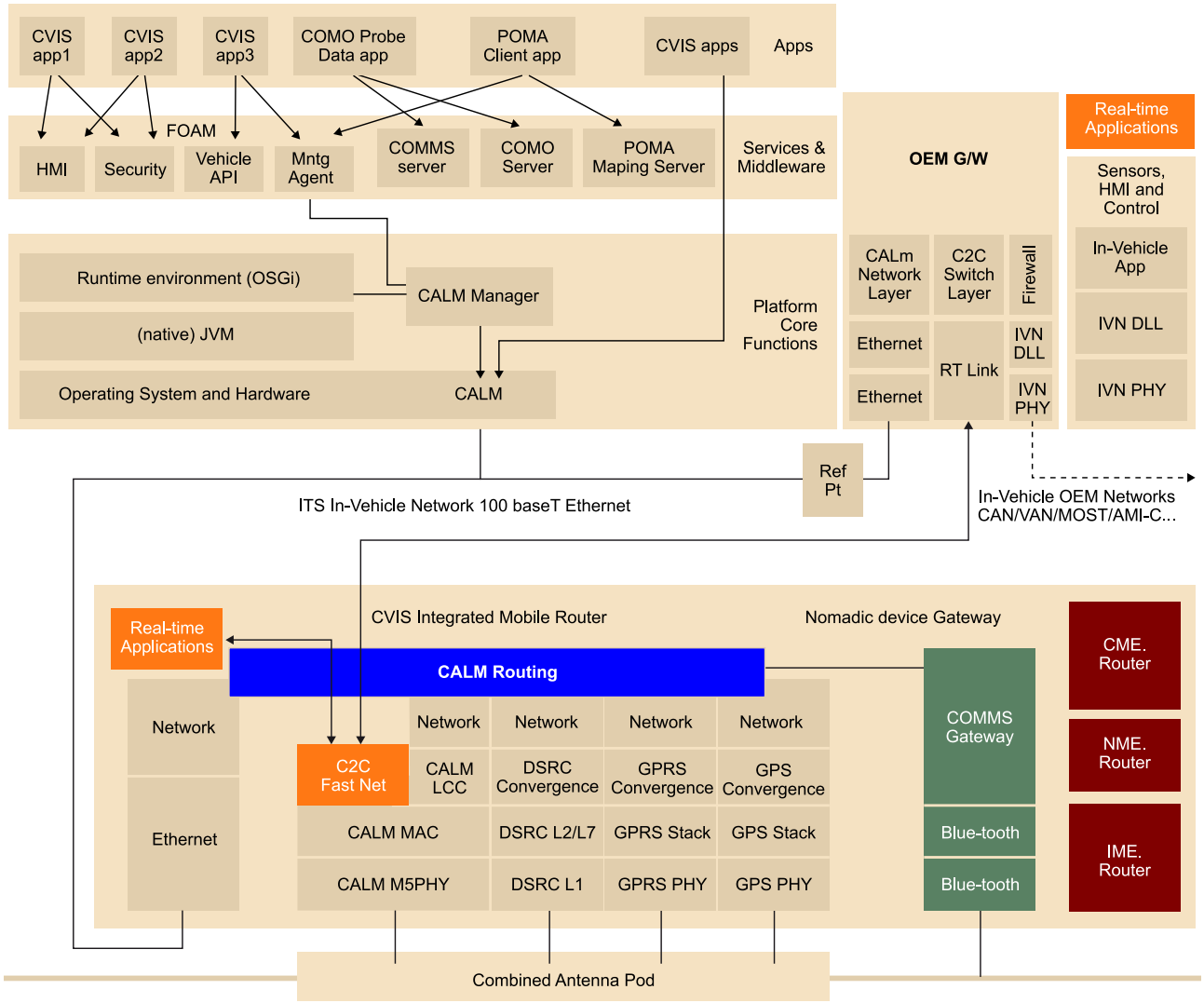
Juntament amb els dispositius embarcats als vehicles (OBU) i els localitzats en la infraestructura (RSU), tal com es mostra en la figura 5, en CVIS també es preveu la figura d'un sistema central encarregat de centralitzar la informació produïda per cadascun d'aquests elements, i de donar accés a dades i serveis proporcionats per aplicacions allotjades en altres llocs web i accessibles mitjançant Internet (informació meteorològica, gestors de trànsit, etc.).

Figura 5. Subsistemes previstos en CVIS



La dificultat principal a què s'enfronta una arquitectura com la dissenyada en CVIS (figura 6) és garantir la interoperabilitat en les comunicacions entre els vehicles de diferents fabricants, i entre vehicles i diferents tipus d'infraestructures. Al mateix temps, per a aconseguir que les funcionalitats i el serveis proposats es puguin executar amb èxit, és necessari que un nombre prou alt d'usuaris despleguin als seus vehicles els sistemes previstos en CVIS, i que les infraestructures disposin dels equips necessaris. Per tant, s'haurà de garantir l'acceptació dels usuaris, assegurar la privacitat de les dades intercanviades entre ells i dissenyar models de negoci que garanteixin un equilibri cost/benefici que afavoreixi les inversions de capital d'operadors i fabricants.

Figura 6. Esquema general del sistema OBU proposat en CVIS



Al mateix temps, una arquitectura en què coexisteixen diferents tecnologies i xarxes de comunicacions s'enfronta a un seriós problema com és la dificultat per a l'acceptació i harmonització de normatives per part dels diferents estats membres de la UE, que mantenen les competències en matèria de transport i infraestructures i que tenen en alguns casos normatives contradictòries que impossibiliten la instal·lació d'aquest tipus de sistemes de comunicacions.

En el cas de l'Estat espanyol, aquest problema és singular a causa de la transferència de certes competències relatives al transport a les comunitats autònomes, la qual cosa complica encara més els procediments burocràtics i administratius per a facilitar-ne la instal·lació i posada en marxa.

2.3. *Co-operative systems for intelligent road safety*. Projecte COOPERS

El projecte Co-operative systems for intelligent road safety (COOPERS) ha estat desenvolupat en el VI PM, enfocat al desenvolupament d'aplicacions telemàtiques que siguin desplegades en la infraestructura de la carretera. L'objectiu principal és proporcionar un sistema de gestió de trànsit col·laboratiu entre els vehicles i la infraestructura per a aconseguir així reduir l'espai obert entre les aplicacions telemàtiques desenvolupades per la indústria de l'automòbil i els operadors/gestors de les infraestructures.

Lectura recomanada

A l'aula teniu el document COOPERS_Present.pdf, en el qual trobareu una presentació general del projecte, amb els seus objectius i abast.

COOPERS proporciona tant a vehicles com a conductors informació sobre l'estat de la infraestructura i esdeveniments relatius a la seguretat de la via, mitjançant un enllaç de comunicacions I2V. Aquest flux de dades es fa en temps real i sobre la base d'àrees geogràfiques determinades.

L'enfocament que segueix el projecte COOPERS va més enllà de les comunicacions V2V, ja que està centrat en la capacitat que té la infraestructura de generar informació, processar-la i enviar-la als conductors de manera que es puguin elaborar estratègies i tàctiques de gestió de trànsit que únicament pot proporcionar en temps real l'operador de la infraestructura.

COOPERS enfront FRAME

L'arquitectura dissenyada en el projecte COOPERS s'ha desenvolupat sobre la base del model proporcionat per l'arquitectura FRAME. El fet que COOPERS decidís centrar-se en un sistema I2V ha contribuït a completar aquesta arquitectura de referència amb la visió del gestor de la infraestructura.

Pel que fa a això, un enllaç de comunicacions I2V pot ajudar a millorar el control del trànsit i la seguretat a la carretera amb l'establiment d'un enllaç segur i efectiu que sigui capaç d'adaptar-se a les condicions de l'entorn. A més, un sistema com el proposat en COOPERS fa possible una disseminació d'informació més efectiva i precisa entre els conductors, de manera que es puguin adoptar les accions oportunes per a evitar situacions de risc a la carretera. La taula 3 recull els tipus de serveis que poden ser suportats per COOPERS, tant per al conductor com per al gestor de la via.

Taula 3. Serveis suportats per COOPERS

Serveis a bord	Serveis d'operador de via
Alerta d'embús de trànsit	Generació d'informació de seguretat
Avisos de límits de velocitat	Suggeriments de velocitat i distàncies
Temps d'arribada estimats	Intercanvi de dades entre diferents operadors
Informació sobre l'ús específic de carrils	Monitoratge de fluxos de transport
Serveis d'emergència (policia, bombers, ambulància)	Intercanvi d'informació per a atendre demandes de transport

Serveis a bord	Serveis d'operador de via
Vehicle avariat a la via	Millora de la gestió del trànsit a partir d'informació de vehicles

El desplegament d'un enllaç I2V pot ser molt efectiu a àrees amb una alta densitat de trànsit, allà on el risc d'accidents i retencions és més gran. A més, també pot desplegar-se un altre enllaç V2I de manera que els vehicles puguin exercir el rol de sensors mòbils que són capaços de recollir informació en temps real de l'estat de la via i reportar-la al sistema de control central.

Des del punt de vista físic, COOPERS també fa ús de les tecnologies proposades en CALM, com per exemple els sistemes de senyalització variable, enllaços sense fils de curt abast IEEE 802.11p, xarxes cel·lulars i la possibilitat d'enviar missatges *broadcast* a vehicles en una àrea concreta.

COOPERS aprofita també conceptes definits en el projecte KAREN per a incloure'ls en la seva arquitectura, tal com es mostra en la figura 7, on podem veure un exemple de la seva aplicació. Per tant, en COOPERS es tenen en compte els subsistemes següents.

Projecte COOPERS

Com podeu veure en el document COOPERS_Final.pdf (a l'aula), aquest projecte va disposar de quatre proves de camp que es van dur a terme a diferents països europeus (Alemanya, Àustria, Itàlia, França i Holanda), on es van adequar les infraestructures d'acord amb els requisits de desplegament de COOPERS i els elements necessaris per al seu funcionament correcte. En el document, podeu veure els informes d'aquestes proves.

- **Central:** encarregada de recopilar i gestionar tota la informació relativa al trànsit, plataformes de pagament, ordres d'enviament de mercaderies, mesures de densitat de trànsit o comandaments de gestió de flotes.

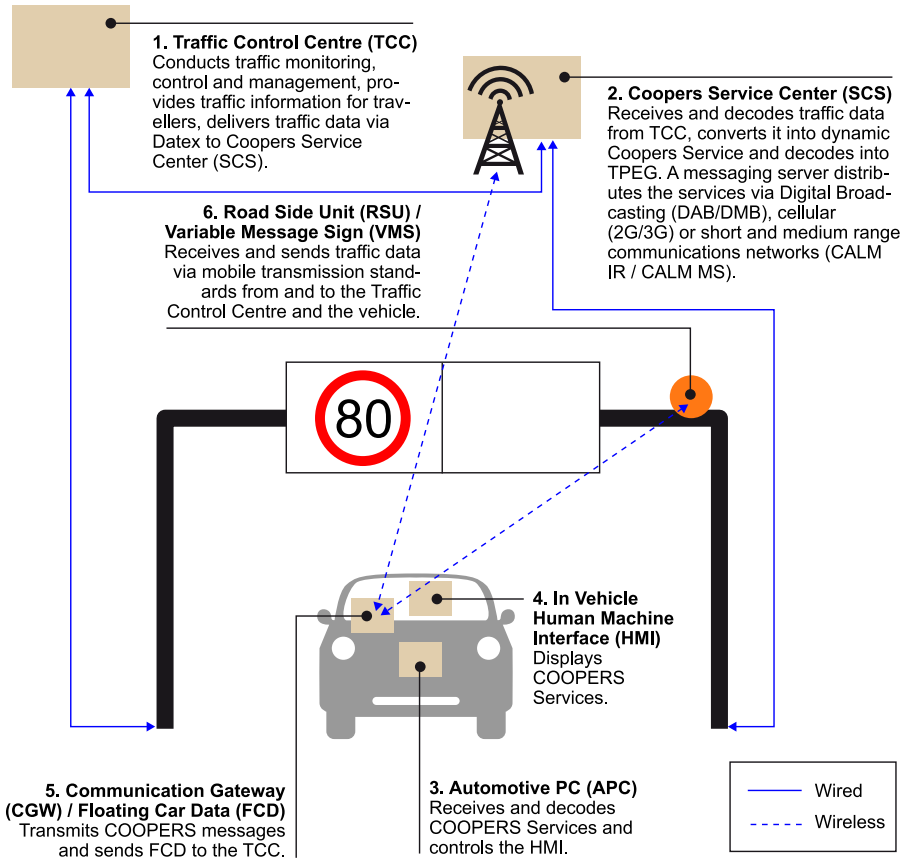
- ***Roadside*:** elements fets servir en tasques de detecció de trànsit, vehicles o vianants, per a permetre pagaments automàtics i per a generar informació sobre paràmetres de trànsit (sensors) i la provisió d'informació als conductors o vianants.

- **Vehicle:** element amb capacitat de moviment al llarg d'una carretera i que pot transportar tant persones com mercaderies.

- **Dispositiu personal:** element que poden utilitzar els viatgers de manera senzilla per a accedir a la informació generada pel sistema.

- **Dispositiu de transport:** element per a transportar mercaderies, com per exemple un contenidor o una furgoneta amb capacitat de càrrega.

Figura 7. Arquitectura SIT proposada en COOPERS



2.4. Arquitectura de referència ETSI EN 302 665

Com dèiem al començament d'aquest apartat, l'experiència i els resultats d'aquests projectes han derivat en la redacció de certs estàndards o arquitectures de referència que actualment s'estan fent servir en projectes en curs, com per exemple en el projecte europeu ICSI (*intelligent cooperative sensing for improved traffic efficiency*, www.ict-icsi.eu/). En aquest últim, s'està desenvolupant una solució per a la millora en l'eficiència de la gestió de trànsit sobre una combinació entre l'arquitectura de referència proposada per l'ETSI per a SIT i la proposta per a les comunicacions M2M (*machine-to-machine*).

L'arquitectura de comunicacions de referència proporcionada per l'ETSI defineix l'arquitectura de comunicacions per a SIT, en què es denominen *estació-ITS* les entitats funcionals que poden estar en comunicació: vehicles o estacions fixes en la infraestructura. L'arquitectura d'aquestes entitats està basada en el model OSI, tal com es pot observar en la figura 8. La figura 9 és una visió més detallada d'aquesta.

Figura 8. Arquitectura de referència d'una estació-ITS

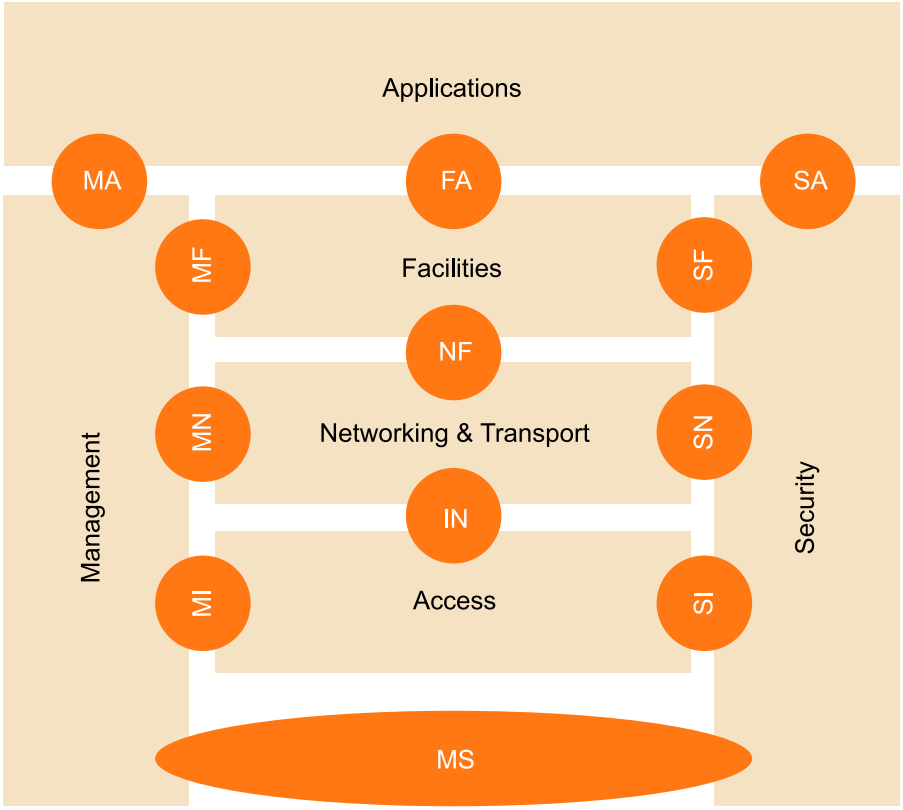
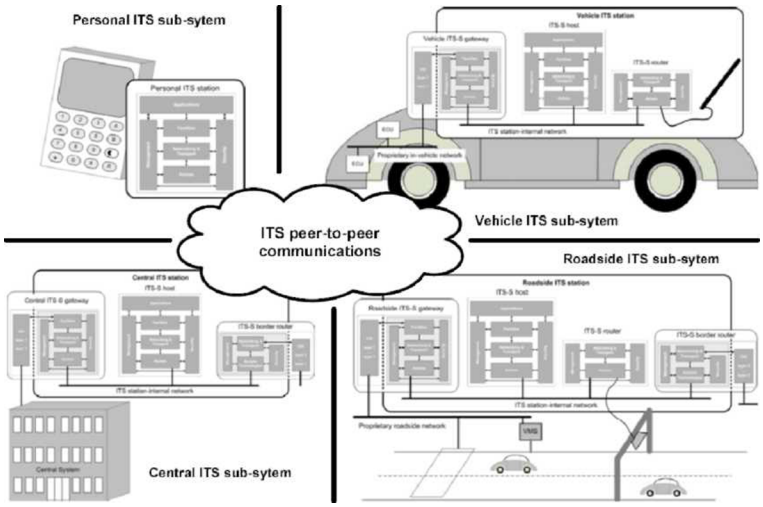


Figura 9. Subsistemes de l'arquitectura ITS



Els tres blocs centrals d'aquesta arquitectura de referència contenen les funcionalitats de la pila de protocols OSI:

- *Access* és la representació de les capes OSI 1 i 2.
- *Networking and transport* és la representació de les capes OSI 3 i 4.
- *Facilities* representa les capes OSI 5, 6 i 7.

El bloc *applications* en la figura 8 i la figura 9 representa les aplicacions emprades per les estacions ITS per a comunicar-se amb altres aplicacions, de manera que la combinació de diverses aplicacions desplegades en estacions d'ITS constitueix un servei d'ITS proporcionat als usuaris d'un SIT. A l'esquerra d'aquestes

figures, apareix l'entitat *management*, encarregada de gestionar les comunicacions de l'estació-ITS, per la qual cosa es garanteix l'accés a la *management information base* (MIB). Per la seva banda, l'entitat *security* proporciona serveis de seguretat a la pila OSI i a l'entitat de gestió. Aquests blocs funcionals estan interconnectats mitjançant interfícies o punts d'accés de servei (representats en les figures mitjançant cercles).

2.4.1. Subsistemes de l'arquitectura ITS

En aquesta arquitectura de referència es consideren els subsistemes següents, els quals apareixen representats en la figura 9 i que, com veiem, basen la seva arquitectura en la que abans denominàvem *estació-ITS*:

- *Personal ITS sub-system*, considerats com a dispositius personals.
- *Central ITS sub-system*.
- *Vehicle ITS sub-system*, com per exemple cotxes, camions o autobusos.
- *Roadside ITS sub-system*.

Aquestes estacions ITS es poden implementar en un únic dispositiu físic o en més, o fins i tot un mateix dispositiu pot desplegar diferents entitats.

3. Com poden contribuir els sistemes cooperatius a solucionar problemes de trànsit

Aquest apartat està centrat en les possibles aplicacions que es podrien implementar en una plataforma vehicular col·laborativa. Les aplicacions es divideixen en cinc àmbits d'actuació: la gestió del trànsit, la seguretat, la gestió de mercaderies, el transport públic i els impactes ambientals del transport.

Aquestes aplicacions formen un conjunt bàsic d'aplicacions que podrien ser desplegades, però que a més obren les portes a moltes altres aplicacions. Una vegada que s'ha instal·lat una plataforma de sistemes de cooperació oberta (com per exemple la desenvolupada en el projecte CVIS), els controladors de trànsit, els proveïdors de serveis i altres agents poden desenvolupar noves aplicacions amb la finalitat d'abordar les necessitats dels gestors de transport o dels usuaris del transport. Això es pot comparar amb el cas d'iPhone©: una companyia ofereix la plataforma i moltes parts interessades desenvolupen i comparteixen aplicacions mitjançant l'*app store* a causa de l'obertura de (parts específiques) de la plataforma d'iPhone©.

En el cas de la plataforma CVIS, aquesta inclou les funcionalitats bàsiques requerides per pràcticament totes les aplicacions. Això permet que els proveïdors d'aplicacions es concentrin únicament en el desenvolupament de la seva aplicació, sense haver de preocupar-se de la comunicació (per exemple, amb altres aplicacions o parts de la pròpia aplicació distribuïdes en diferents plataformes) o la gestió de programari. Això mateix ocorre amb altres plataformes com els LinkBird desenvolupats per NEC (http://www.nec.co.jp/press/en/0811/images/1301-01.pdf) o els equips DENSO (http://www.denso.co.jp/ja/aboutdenso/technology/dtr/v12_1/files/13.pdf).

Dins d'aquest apartat, els subapartats sobre la gestió del trànsit i la gestió de mercaderies inclouen aplicacions específiques desenvolupades en el projecte CVIS, mentre que el subapartat sobre seguretat inclou les aplicacions desenvolupades en el projecte SAFESPOT. Per als subapartats de transport públic i dels impactes ambientals del transport, hi ha aplicacions específiques que s'han dissenyat tant en CVIS com en SAFESPOT. Aquests subapartats mostren altres aplicacions que poden contribuir a millorar el transport públic i reduir els impactes ambientals.

3.1. Gestió del trànsit

El principal objectiu de la gestió del trànsit a les zones urbanes és tractar d'utilitzar les carreteres de la manera més eficient, tenint en compte el tipus de carretera, la seva funció i tots els usuaris que fan ús de la mateixa. La gestió del trànsit s'encarrega d'optimitzar la circulació de persones i mercaderies: a

moltes zones urbanes, aquest objectiu va de la mà amb la reducció de la congestió, i hi ha moltes mesures que es podrien introduir per a aconseguir aquest objectiu. A tall de referència, les següents aplicacions CVIS ajuden a augmentar l'eficiència en l'ús de la infraestructura vial i, a més, a reduir la congestió.

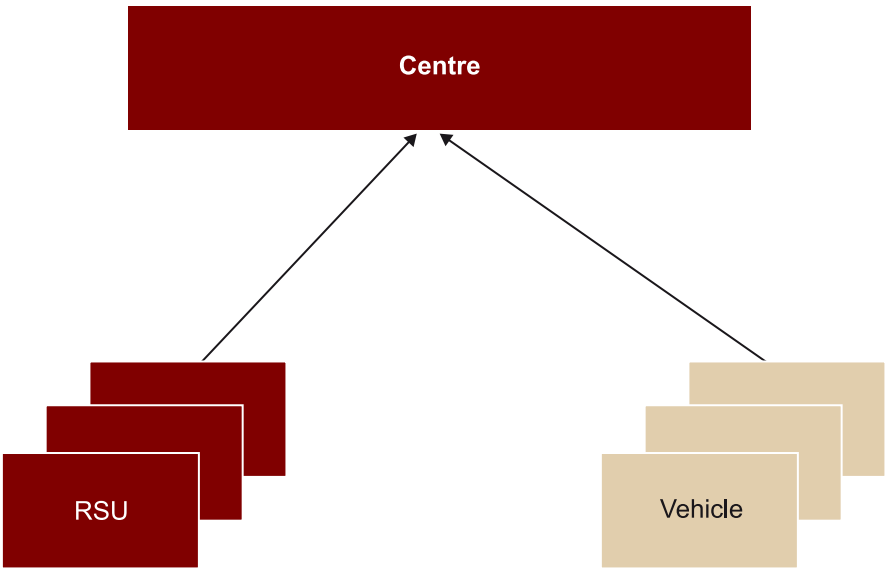
3.1.1. Avaluació del control de trànsit

L'avaluació del control de trànsit (*traffic control assessment*, TCA) és una aplicació que recopila dades per a avaluar i validar la configuració dels sistemes de control de trànsit urbà (*urban traffic control*, UTC). L'aplicació integra la informació de la infraestructura i les dades que rep dels vehicles per a alimentar de nou el centre de control (figura 10), on s'integren les dades fins avui en el sistema UTC. Actualment, la validació i el calibratge dels sistemes UTC és problemàtica, i la facilitat de recol·lecció de dades mitjançant sistemes de cooperació permet que això es faci fàcilment dins d'aquesta aplicació.

Beneficis de la gestió del trànsit

Una gestió del trànsit millorada facilita el dinamisme de la ciutat, i possibilita als usuaris l'accés a la informació en temps real, de manera que s'aconsegueix una major fluïdesa de la mobilitat, un increment de l'eficiència energètica, de la gestió d'espais i, en definitiva, de la sostenibilitat.

Figura 10. Esquema d'un sistema d'avaluació de trànsit.



Beneficis

Els vehicles equipats amb la tecnologia d'un sistema cooperatiu són capaços de recopilar informació durant la seva conducció per la xarxa de carreteres. La informació que recopilin aquests vehicles (ubicació, temps de viatge, congestió, incidències a la xarxa, etc.) alimenta de nou el sistema de control de trànsit urbà. L'aplicació:

- Identificarà si el sistema UTC requereix manteniment (per exemple, si l'optimització de la configuració actual s'ha de dur a terme).

- Identificarà les àrees problemàtiques de la xarxa vial: per exemple, permetrà determinar on construir interseccions controlades o on es poden millorar les condicions de la calçada mitjançant obres o noves normes de trànsit.

L'aplicació d'avaluació del control de trànsit no està directament dissenyada per millorar l'eficiència, però és una eina per al manteniment del control de trànsit que de manera indirecta recolza el sistema de control de trànsit urbà en la modificació directa de les condicions de gestió de la xarxa de carreteres. En el desplegament UTC actual, el sistema de gestió de la demanda proporciona informació només en una escala macro, però hi ha una falta d'informació precisa en un nivell micro (per exemple, en un nivell d'interseccions). L'aplicació TCA omple aquest buit i proporciona informació d'alt nivell sobre una microescala dels sistemes UTC de constant calibratge i manteniment. Es tracta d'una aplicació més adequada per a zones urbanes molt congestionades.

Requisits

Aquesta aplicació ha estat dissenyada per a ser integrada amb determinats sistemes de control de trànsit. A més, aquesta necessita ser integrada amb el sistema UTC que s'utilitza en l'administració local de l'aplicació.

Conclusió

Aquesta aplicació pot millorar la precisió dels sistemes de control de trànsit existents. L'aplicació pot ser fàcilment inclosa juntament amb d'altres sistemes intel·ligents cooperatius, ja que requereix una molt baixa taxa de penetració per a obtenir un considerable benefici addicional.

3.1.2. Encaminament estratègic

Les autoritats públiques defineixen estratègies amb la finalitat de regular el trànsit en cas de pertorbació greu (com la congestió del trànsit recurrent, obres vials de llarga durada o esdeveniments especials), i l'aplicació d'encaminament estratègic urbà (SRA) proporciona funcionalitats millorades d'encaminament que tenen en compte aquestes estratègies predefinides. El nou aspecte d'aquesta aplicació, en comparació amb les existents, és que els suggeriments de ruta tenen en compte no només les estratègies de la xarxa, sinó també la informació de trànsit en temps real, i ofereixen suggeriments d'encaminament individualitzats per a cada vehicle. Actualment, les rutes personalitzades es calculen sobre la base d'un mapa estàtic de la xarxa i la infor-

mació de trànsit disponible (per exemple, centre de gestió de trànsit, càrregues de trànsit estadístiques sobre trams de carretera, etc.), però no estan harmonitzades amb les estratègies de gestió de xarxa.

Beneficis

Quant a l'eficiència en el transport, el benefici es dóna principalment en termes de millora de rendiment de la xarxa mitjançant un ús més eficient de la xarxa vial urbana. A més, pot donar lloc a beneficis en termes de reducció de la congestió i les emissions reduïdes.

Figura 11. Encaminament estratègic.

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

Requisits

Aquesta aplicació requereix dels següents agents.

- RSU: la infraestructura vial ha d'estar equipada per a coordinar la comunicació de la informació amb les estratègies actuals per a l'encaminament col·lectiu i amb el control de trànsit.

- Centre de gestió: ha de tenir la capacitat de crear i implementar estratègies d'encaminament. A més, el centre de gestió de trànsit ha de ser capaç d'interactuar amb la situació actual del trànsit, així com amb la part d'encaminament dinàmic de l'aplicació d'encaminament estratègica.

- Les autoritats locals han de disposar d'un programari que els permeti editar aquestes estratègies d'encaminament basant-se en les dades històriques i les estratègies col·lectives, com el control del trànsit i l'encaminament col·lectiu.

El nombre de RSU necessàries per a comunicar la informació d'encaminament i l'estratègia per als vehicles depèn de dues qüestions:

- La xarxa en qüestió.
- L'àrea en la qual s'aplica l'estratègia.

Si en una àrea de la xarxa no s'han definit moltes decisions d'encaminament possibles, llavors no es necessiten moltes RSU per a aquesta aplicació, ja que només es necessiten a les principals interseccions a les quals s'han de prendre decisions d'encaminament. El fet que hi hagués moltes possibles rutes alternatives que podrien ser compatibles amb l'estratègia, el sistema d'encaminament i la xarxa justificaria una cobertura significativa de RSU que permeti als vehicles estar en constant contacte amb el centre de control, i així actualitzar de manera regular la seva ruta amb la informació corresponent.

Conclusió

Aquesta aplicació donarà lloc a una explotació més eficient dels recursos de xarxa, de manera que es reduiran la congestió i els temps de viatge a través de tota la xarxa.

3.1.3. Microencaminament

L'aplicació de microencaminament assessora encaminament urbà als conductors, tenint en compte factors tals com els nivells de contaminació, la meteorologia, diversos esdeveniments (per exemple, un partit de futbol) o congestió local. L'aplicació és micro, ja que la informació que s'ofereix és per a un horitzó de curt termini d'1 a 5 minuts, i només pels voltants d'un esdeveniment. Aquest encaminament dinàmic dels conductors al context urbà té com a objectiu la reducció de la congestió, els impactes ambientals i el temps de viatge dins de la xarxa urbana, i per tant es redueix també la contaminació de l'aire i es proporciona un ús més eficient de la xarxa vial urbana.

Beneficis

Entre els beneficis d'aquesta aplicació s'inclouen la reducció de detencions, la disminució del retard a les interseccions per als vehicles i la reducció del temps de viatge d'origen a destinació. Aquests beneficis són inicialment individuals, però també milloren el rendiment de la xarxa com a resultat d'un millor equilibri del trànsit. Igualment, disminuiran els nivells de soroll i d'emissions contaminants. Aquesta aplicació resulta especialment útil a les interseccions entre carreteres principals.

Requisits

El nombre i la ubicació de les RSU depenen d'on es vulgui implementar l'aplicació de microencaminament. Les RSU han de ser instal·lades a totes les interseccions on es necessiti comunicar informació d'encaminament als conductors. El sistema és perfectament capaç de funcionar de manera independent. El benefici s'incrementa si hi ha una cooperació entre les interseccions

properes que permeti executar l'aplicació de prioritat. Un bon punt de partida poden ser els colls d'ampolla i certes flotes de vehicles, i l'escala pot augmentar de manera gradual equipant altres llocs i flotes.

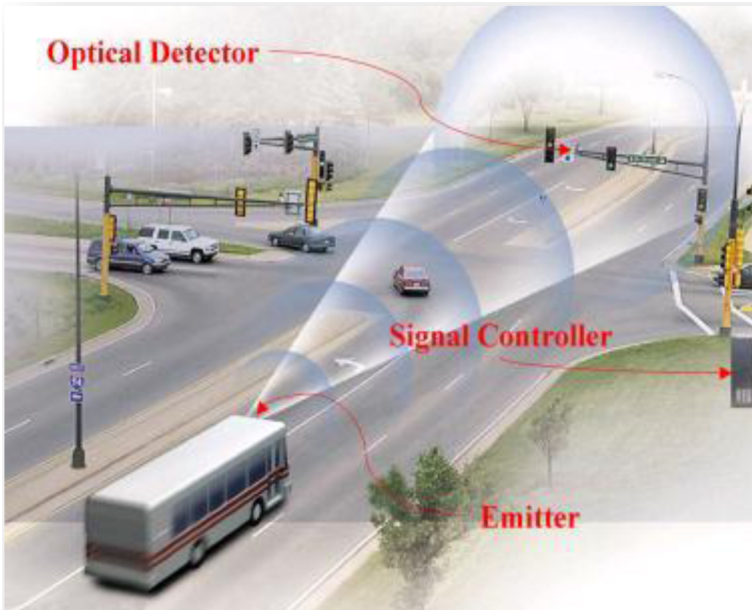
Conclusió

L'aplicació de microencaminament facilita la situació del trànsit a àrees petites, pot ser introduïda de manera progressiva per a facilitar el desplegament i està dissenyada per a treballar al costat d'una aplicació de prioritat per a incrementar els beneficis.

3.1.4. Aplicacions de prioritat de vehicles

Alguns vehicles requereixen més atenció que d'altres, com per exemple els vehicles en emergència, els transports públics, camions pesats o de mercaderies perilloses. Aquesta aplicació permet commutar les llums dels semàfors en funció dels vehicles que s'hi aproximin, la qual cosa facilita un encreuament més fluït i segur per a les diferents categories de vehicles establertes per les autoritats. Aquesta aplicació es pot utilitzar en tot tipus de zones urbanes.

Figura 12. Aplicació de prioritat de vehicles.



Font: http://www.its.dot.gov/aeris/pdf/aeris_workshopiii_master.pdf.

Beneficis

Els beneficis depenen de la prioritat assignada a cada tipus de vehicle, però són visibles amb baixes taxes de penetració, ja que si només els vehicles de transport públic estan equipats amb la tecnologia a algunes interseccions clau, ja s'obtindrà benefici. Aquest grup es pot ampliar per a incloure els vehicles d'emergència, camions i vehicles de mercaderies en funció dels objectius de les polítiques locals.

En resum, l'aplicació permet una diferenciació de prioritat entre els vehicles que circulen en una zona urbana. Quan s'utilitza per als vehicles en emergència augmenta la seguretat, especialment per als usuaris de la carretera que viatgen en adreces oposades.

Requisits

Per a l'aplicació de prioritat a les interseccions, hi ha d'haver una RSU cooperativa. No obstant això, una introducció gradual pot ser factible. A un centre de control cal instal·lar un mòdul programari addicional que permeti executar l'aplicació, per la qual cosa es pot instal·lar sense gran esforç o cost. L'aplicació de prioritat és una aplicació independent, però pot ser vinculada a altres aplicacions, com per exemple la recomanació de velocitat. Tanmateix, no ha d'estar integrada en cap paquet.

Conclusió

L'aplicació de prioritat cooperativa contribueix a millorar l'eficàcia dels vehicles prioritaris, no requereix d'altes taxes de penetració i pot ser implementada amb un pressupost limitat. La plataforma del sistema cooperatiu és més robusta i fiable en comparació amb la tecnologia existent, que permet al vehicle prioritat a les interseccions controlades. El sistema permet una major flexibilitat per a canviar les polítiques i és escalable, tant pel que fa a la penetració del sistema com al nombre de serveis prestats.

3.1.5. Perfils de velocitat

L'aplicació de perfils de velocitat consisteix a recomanar al conductor una acceleració o desacceleració de la seva velocitat actual, en funció de l'estat de la carretera. Aquesta informació es genera des del sistema de control de trànsit de la ciutat i es comunica al conductor com un missatge d'avís de velocitat recomanada.

Beneficis

Un vehicle individual que disposi d'aquesta aplicació es beneficia de l'increment del rendiment en termes de consum de combustible i, en conseqüència, d'emissions contaminants. Quan la penetració de l'aplicació és major, el benefici pot ser estès per tota la xarxa, la qual cosa millorarà l'eficiència de la mateixa. Aquesta aplicació obre camí a altres aplicacions que puguin millorar encara més les emissions i el consum de combustible. A més, l'aplicació potencialment pot ser integrada amb funcions de navegació o sistemes de guia de ruta dinàmica. Quant a les dades, el vehicle ha de compartir la seva ubicació amb la infraestructura.

Requisits

El programari del control de trànsit urbà s'ha de recolzar en aquest tipus d'aplicacions, i també cal que comparteixi informació amb el vehicle des d'altres interseccions. La implementació pot fer-se per etapes, estenent el servei d'unes zones a d'altres.

Conclusió

Si es disposa de les recomanacions de velocitat a l'interior del vehicle, aquesta aplicació té un gran potencial en termes d'impacte perquè facilita el flux de trànsit, reduint així les emissions i, finalment, augmentant l'eficiència de la xarxa. La velocitat mitjana se situarà sempre per sota dels límits legals de velocitat, així que s'espera que l'aplicació tingui un impacte positiu en la seguretat.

3.1.6. Aplicacions d'informació

Les aplicacions d'informació ofereixen als conductors dades de la carretera en temps real durant la conducció, tant a entorns urbans com a autopistes. L'administrador/explotador de la carretera és capaç d'informar i influenciar en les decisions dels conductors a la seva ruta. La informació pot fer referència a avisos de la posició actual o de futures posicions del vehicle (incidència a 2 km, reduir velocitat a 70 km/h) o suggeriments (incidència a A12, 20 minuts de retard, alternativa A15 a 3 km). Aquesta informació és emmagatzemada mitjançant els sistemes de monitoratge, i transmesa a través de les RSU i dels propis vehicles cooperatius.

Beneficis

Gràcies a aquesta aplicació, els conductors estan informats en tot moment de les condicions en les quals es troba la seva ruta, la qual cosa els permet saber quan és necessari reaccionar –per exemple, reduint la seva velocitat– en cas d'aproximar-se a una incidència i, així, prevenir situacions perilloses. A més, afavoreix l'optimització del viatge evitant carreteres congestionades, reduint el temps de viatge, el consum de combustible i, per tant, les emissions de CO_2.

El rendiment d'aquest tipus d'aplicacions depèn de la qualitat de les dades de trànsit disponibles. El fet que els vehicles també enviïn informació a la infraestructura augmenta significativament la disponibilitat i la qualitat de la informació de trànsit. Amb aquesta informació rebuda des dels vehicles, els gestors de trànsit podran prendre decisions més eficients i òptimes pel que fa a la gestió del trànsit i la planificació.

L'aplicació d'informació es pot implementar a tot tipus de carreteres. Els beneficis relatius a les col·lisions seran més alts a carreteres o camins rurals als quals el nivell actual de disponibilitat de sistemes d'informació en temps real és escàs o inexistent.

Requisits

Per a executar l'aplicació d'informació, es requereix:

- Accés en temps real a la xarxa de carreteres mitjançant la informació de les condicions de carretera o els sistemes basats en els vehicles.
- Contínua comunicació sense fil entre la infraestructura i el vehicle (I2V).

El concepte bàsic de les aplicacions cooperatives és la interoperabilitat, tant tècnica com de contingut. L'aplicació d'informació pot funcionar de manera independent, però el benefici que aporta aquesta aplicació pot ser major si s'utilitza juntament amb altres aplicacions cooperatives. Aquesta aplicació pot ser implementada dins d'un paquet d'aplicacions per a la reducció d'accidents i la millora de l'eficiència del trànsit.

Aquesta aplicació resulta especialment útil a trams de carretera amb un potencial significatiu d'accidents per abast, tals com carreteres urbanes amb alt trànsit diari o alt percentatge de transport de mercaderies i rutes per a les quals es disposa d'alternatives.

Conclusió

Gràcies a aquesta aplicació, els administradors de trànsit poden personalitzar la informació que ofereixen a cada vehicle i millorar així l'eficiència de la xarxa de carreteres. Aquests beneficis es poden apreciar amb una petita taxa de penetració i inclouen una major eficiència en l'ús de la infraestructura de carreteres, beneficis en la seguretat i reducció de la congestió i de les emissions.

3.2. Seguretat en carretera

Quant a temes de seguretat vial, el principal objectiu és la reducció d'accidents i víctimes a les carreteres. Durant els últims anys, això s'ha aconseguit gràcies a campanyes relacionades amb l'ús del cinturó de seguretat i el consum d'alcohol, així com mitjançant millores de la infraestructura vial i de les tecnologies als vehicles. Com a exemple, aquest ha estat el focus principal de desenvolupament del projecte SAFESPOT, que ha elaborat aplicacions que compleixin els forts requisits de temps exigits en aquestes situacions de seguretat crítica.

3.2.1. Seguretat a interseccions

L'aplicació de seguretat a interseccions prevé accidents o redueix l'impacte dels accidents a les interseccions. Això s'aconsegueix gràcies a una comunicació V2V, per la qual cosa les autoritats locals no poden influir directament en el desenvolupament d'aquesta aplicació.

El projecte SAFESPOT ha identificat sis temes relacionats amb la seguretat a les interseccions: accidents a les interseccions; vista obstruïda a la intersecció; denegació de permís per a continuar; senyals de trànsit defectuoses; altres vehicles que frenen bruscament a causa de la llum vermella; i l'aproximació d'un vehicle en emergència. L'aplicació de seguretat a interseccions aborda cadascun d'aquests casos.

Un altre exemple basat en la col·laboració entre vehicles és l'aplicació i-CROSS (http://www.youtube.com/watch?v=4p8k5wgdnh4), en la qual els vehicles són capaços d'intercanviar entre si la seva posició actual i futura a la intersecció i determinar l'ordre de pas d'una manera lògica i ordenada.

Beneficis

L'objectiu d'aquesta aplicació és reduir el nombre d'accidents i morts a les carreteres. Avui dia, les interseccions són encara una de les principals causes dels accidents i els sistemes cooperatius proporcionen mesures noves, la fi de les quals és específicament la reducció dels accidents a les interseccions. Això s'aconsegueix gràcies a la capacitat de comunicació en situacions de no visió directa entre els vehicles propers a una intersecció.

Aquesta aplicació proporciona beneficis si s'executa com una aplicació independent, però té més sentit executar-la juntament amb altres aplicacions de seguretat, ja que augmenten el benefici per al conductor sense incrementar costos en gran manera.

Per a aconseguir uns beneficis significatius, és necessari que l'aplicació de seguretat a les interseccions aconsegueixi un alt grau de penetració al mercat, de manera que com més vehicles incorporin el sistema, major benefici i probabilitat de funcionament satisfactori tindrà l'aplicació.

Requisits

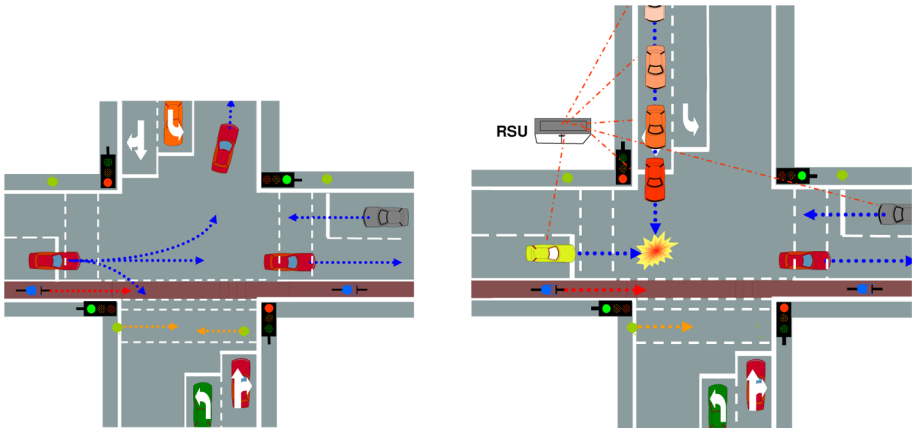
Perquè aquesta aplicació funcioni, els vehicles han d'estar equipats amb sistemes de comunicació, així com d'una interfície home-màquina òptima. Si part de la infraestructura també està equipada, el rendiment del sistema pot augmentar a algunes interseccions, però aquest no és el cas per a totes les interseccions i, per tant, no és obligatori.

Conclusió

La manera d'augmentar la seguretat a les interseccions consisteix a utilitzar sistemes cooperatius. Atès que el nombre de morts i accidents segueix sent alt a les interseccions, val la pena desplegar aquesta aplicació, ja que malgrat que requereix un alt índex de penetració als vehicles, necessita poca o cap inversió de les autoritats locals i pot conduir a beneficis de seguretat considerables.

L'aplicació basada en les infraestructures ***intelligent cooperative intersection safety system*** **(IRIS)** supervisa una intersecció urbana per a reduir el nombre d'accidents. Amb la finalitat d'aconseguir reduir el nombre d'accidents a una intersecció, és necessari detectar situacions crítiques tan aviat com sigui possible, incloent-hi els seus accessos i sortides. La informació proporcionada pels vehicles cooperatius que s'aproximen a la intersecció ha de ser fusionada amb les dades obtingudes a partir dels sistemes de sensors de carretera i emmagatzemada en el mapa dinàmic local (LDM). El LDM és una representació geomètrica en temps real de les característiques i els objectes de la infraestructura. Basant-se en les dades disponibles en la LDM, l'aplicació calcula les trajectòries exactes dels vehicles. Mitjançant l'anàlisi d'aquestes trajectòries, és possible identificar situacions crítiques i els conductors poden ser advertits en el temps.

Figura 13. Escenari d'aplicació IRIS.



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

3.2.2. Altres aplicacions de seguretat

Hi ha moltes altres aplicacions de seguretat que es poden integrar en la plataforma dels sistemes cooperatius. Entre aquestes, es troba l'aplicació d'avís de retenció, que permet al conductor rebre informació de què s'està aproximant a una retenció i, per tant, pot adaptar la seva conducció a la situació que es trobarà, reduint així les situacions de perill i per tant la probabilitat que es produeixi un accident.

També es pot trobar l'aplicació d'avís d'accident, que permet al conductor rebre informació de què trobarà un vehicle accidentat a la seva ruta, i per tant podrà adaptar la seva conducció a les circumstàncies, de manera que es redueixen les situacions de perill. Una altra de les aplicacions que podem trobar dins de les aplicacions de seguretat és l'avís de substància relliscosa o gel a la

carretera. Aquesta aplicació permetrà al conductor rebre informació sobre una zona en la qual existeix una substància relliscosa o gel al sòl i, per tant, ha de tenir extremada precaució per a no tenir cap accident.

Totes aquestes aplicacions, i moltes més, poden ser generades des dels propis vehicles, ja que gràcies als diversos sensors de què aquests disposen les incidències poden ser detectades pel propi vehicle accidentat. Per exemple, l'accident es pot detectar perquè han saltat els coixins de seguretat, la presència d'una retenció pot associar-se al fet que s'ha activat l'ABS del vehicle a causa d'una frenada, una substància relliscosa o gel es pot detectar perquè s'ha activat l'ESP, etc.

3.3. Transport de mercaderies

El transport de mercaderies és imprescindible per al bon funcionament de qualsevol ciutat, però la relació entre els transportistes i les autoritats locals no sempre és tranquil·la. El transport de mercaderies inclou vehicles petits, mitjans i llargs, que necessiten repartir materials a qualsevol hora i a qualsevol part de la ciutat. Els objectius que es persegueixen amb la gestió de mercaderies és seguir les normes (càrrega i descàrrega, el pes, les emissions, etc.), millorar l'eficiència dels vehicles i la gestió de les dades de transport urbà de mercaderies.

A més de les aplicacions descrites en aquesta secció (gestió de mercaderies perilloses, gestió de zones d'aparcament i gestió de control d'accés), altres aplicacions són rellevants per al transport de mercaderies; per exemple, el sistema de seguretat intel·ligent d'intersecció o la sol·licitud de prioritat.

3.3.1. Gestió de mercaderies perilloses

L'aplicació de gestió de mercaderies perilloses està centrada en un camió que lliura les mercaderies perilloses a una ubicació específica. Abans d'iniciar el seu viatge, el vehicle de mercaderies perilloses s'ha de registrar al centre de gestió de trànsit. Aquest centre de gestió de trànsit s'encarrega de calcular la ruta permesa per al vehicle. El motor d'encaminament del centre de gestió de trànsit fa servir els atributs dels camions especials inclosos en mapes especialitzats per a garantir que el vehicle de mercaderies perilloses viatja en tot moment per les carreteres aprovades.

Des de el centre de gestió de trànsit, el supervisor de trànsit pot editar el mapa de mercaderies obrint o tancant un determinat enllaç per carretera i, amb això, influir activament en el motor d'encaminament, en la manipulació de l'elecció de la ruta i en l'establiment de restriccions de trànsit locals.

El sistema és alimentat amb informació de trànsit en temps real i, per tant, quan la situació ho requereix, el vehicle que transporta mercaderies perilloses pot tornar a ser encaminat automàticament.

Beneficis

Aquesta aplicació permet establir rutes segures per a vehicles amb mercaderies perilloses, com per exemple evitant zones sensibles (proximitats de col·legis).

Aquesta aplicació permet a les autoritats regionals monitoritzar els vehicles amb mercaderies perilloses en tot moment. A més, en cas d'accident, els serveis sanitaris i altres autoritats poden reaccionar de manera més ràpida i eficient, ja que la informació sobre els materials de les mercaderies perilloses i els vehicles de mercaderies perilloses involucrades en l'accident està fàcilment disponible.

Requisits

Aquesta aplicació es pot executar de manera independent. L'usuari necessita un PC amb Windows (amb un entorn de Microsoft .net 2.0) al centre de gestió de trànsit i un client mòbil (és a dir, un OBU) al vehicle. Al PC del centre de gestió de trànsit s'han d'instal·lar el client de monitoratge i el *RoadEditor*. Aquesta aplicació no suposa molta inversió de les autoritats locals, ja que no requereix la instal·lació de RSU.

Perquè els vehicles de mercaderies perilloses estiguin en tot moment monitoritzats, és necessari que els diferents centres de gestió de trànsit funcionin de manera cooperativa.

Conclusió

L'aplicació ofereix avantatges als centres de gestió del trànsit i a les autoritats locals, ja que proporciona informació sobre el nombre de vehicles de mercaderies perilloses a una zona determinada, així com la posició d'aquests i les seves càrregues, i poden ser monitoritzats en un mapa de seguiment.

Això permet que en cas d'un incident o accident, el vehicle de mercaderies perilloses pugui ser desviat o les autoritats locals puguin reaccionar de manera adequada.

3.3.2. Gestió de zones d'aparcament. Badia de càrrega

Al carrer, les activitats de càrrega i descàrrega acostumen a obstaculitzar el flux de trànsit considerablement, per la qual cosa moltes ciutats han establert zones de càrrega i descàrrega. Si la badia de càrrega està ocupada, el vehicle

de transport de mercaderies que arriba haurà de fer un volt fins que la badia estigui buida una altra vegada. Això genera un consum extra de combustible, emissions i costos per al transportista.

A les autopistes, les zones d'aparcament per a vehicles pesats són limitades i això sovint causa problemes als transportistes, ja que estan obligats a descansar però no sempre troben un espai d'estacionament.

Les aplicacions de gestió de zones d'aparcament i badia/zona de càrrega permeten als transportistes reservar el moll de càrrega o la plaça d'aparcament amb antelació, la qual cosa reduirà el consum de combustible mentre es cerca un lloc lliure i augmentarà la comoditat dels conductors, així com la fluïdesa del trànsit a les zones confrontants.

Aquesta aplicació permet a les autoritats locals obtenir una eina de seguiment de les activitats d'aparcament i lliurament que proveeix dades per a una millor planificació de les badies de càrrega, zones d'aparcament i, finalment, les restriccions d'accés per als vehicles pesats en determinades zones o en determinats moments.

Beneficis

Aquesta aplicació permet controlar les badies de càrrega a les zones urbanes. El fet d'eliminar el temps d'espera dels vehicles de transport fins que la badia està lliure fa que es redueixin les emissions de contaminants i el soroll de l'aire. La congestió també es reduirà, així com el temps d'espera per a l'estacionament, ja que hi haurà un menor nombre de vehicles a la zona al mateix temps.

Gràcies a aquestes aplicacions, els transportistes també tindran la possibilitat de millorar la planificació dels viatges de llarga distància que inclouen períodes de descans obligatoris (a les autopistes).

Els beneficis es poden obtenir tan aviat com un vehicle comenci a fer servir el sistema. No obstant això, la baixa penetració de mercat podria fer que els espais d'estacionament no fossin utilitzats a causa dels pocs usuaris. Una solució a aquest problema és que els usuaris que no disposin del sistema puguin utilitzar les places d'aparcament en els períodes de menor demanda de trànsit.

Requisits

Els usos de la zona d'aparcament requereixen de quatre subsistemes:

- Una aplicació al vehicle per a la gestió de les reserves d'estacionament a la badia.
- Una aplicació en la RSU per a la gestió de la badia (sortides, arribades actualitzades, etc.).
- Un sistema de gestió de la zona d'aparcament.

- Un sistema de gestió dels transportistes.

El desplegament es pot fer en etapes, començant amb una zona d'aparcament i deixant que el sistema ampliï el nombre d'usuaris.

Conclusió

Mitjançant l'ús de l'aplicació de gestió d'estacionament, els lliuraments seran més fàcils de planejar i més eficaços, i els enginyers de trànsit poden optimitzar l'ús de l'espai d'estacionament i reduir la congestió local.

3.3.3. Control d'accessos

La idea principal de l'aplicació de gestió de control d'accessos és controlar els vehicles que s'aproximen a zones sensibles amb la finalitat de permetre o denegar el seu accés, com a mesura de seguretat preventiva per a evitar accidents i com a una eina per a controlar de manera dinàmica les condicions de trànsit a les zones restringides. Per a això, és necessari que els vehicles estiguin en tot moment connectats amb la infraestructura. El gestor d'accessos defineix les regles associades a una determinada zona sensible en una interfície web, i la informació del vehicle (tipus, dimensions, etc.) s'utilitza per a avaluar la regla de control d'accés. El conductor és informat en el seu HMI sobre si l'accés és permès o denegat. L'aplicació ha estat dissenyada pensant en vehicles de càrrega, encara que previsiblement podria ampliar-se per a incloure altres tipus de vehicles, per exemple per al control de les zones mediambientals urbanes.

Beneficis

Les autoritats locals podran monitoritzar els vehicles de càrrega que entren a les zones restringides de manera més fàcil, i obtenir així els beneficis pels quals aquestes zones restringides estan dissenyades. Les zones restringides poden ser definides com a sensibles per raons ambientals, per raons de seguretat o en termes de taxes de congestió.

Quant a la gestió del trànsit, un benefici obvi és que es redueix la congestió, que és un problema típicament associat als fluxos de trànsit en l'hora punta i no a causa de la falta de capacitat. Per tant, aquesta aplicació podria ajudar a augmentar la fluïdesa del trànsit mitjançant la definició de polítiques específiques per al transport de mercaderies per a accedir a certes àrees en determinats moments.

Els beneficis es detecten tan aviat com un vehicle comença a fer servir el sistema; no obstant això, es requereix una penetració de mercat molt extensa per a poder supervisar un gran nombre de vehicles i, per tant, que el benefici sigui significatiu.

3.4. Transport públic

Pel que fa al transport públic, els principals objectius són aconseguir una xarxa de transport públic d'alta qualitat, ràpida, fiable i fàcil d'usar. Hi ha molts exemples de com la tecnologia sense fil pot beneficiar el transport públic: informació en temps real de viatge (RTTI), identificació automàtica de vehicles o prioritat per al transport públic a interseccions, entre d'altres. Aquestes aplicacions ja existeixen en l'actualitat i funcionen de manera independent. El seu principal problema radica en la seva falta de flexibilitat, ja que estan dissenyades per a resoldre un problema i són dependents d'una tecnologia i un maquinari de comunicacions específics.

Els sistemes cooperatius permeten comunicacions bidireccionals, per la qual cosa la infraestructura podrà enviar informació als vehicles, però aquests també podran informar a la infraestructura de diferents esdeveniments.

El desplegament de les aplicacions sobre una plataforma oberta, com pot ser l'obtinguda en els projectes CVIS, permet que es puguin portar a terme canvis de manera més senzilla, augmentant així la flexibilitat del sistema i la facilitat d'ús de l'aplicació.

Hi ha la possibilitat que l'aplicació de sol·licitud de prioritat o les aplicacions RTTI es puguin actualitzar per a formar part d'una plataforma cooperativa, per la qual cosa aquestes solucions podrien funcionar fins al final del seu cicle de vida. Això permetria reduir costos i que tant les autoritats públiques com els serveis de transport públic poguessin collir els beneficis de les inversions ja efectuades.

3.5. Impacte mediambiental del transport

Les mesures necessàries per a reduir els impactes ambientals del transport inclouen la reducció de les emissions contaminants a l'atmosfera, mantenir el trànsit fora de les zones sensibles i la reducció de soroll.

Emissions de CO_2 a causa del transport

Segons l'European Environment Agency (EEA), el transport per carretera és responsable del 17,5% de les emissions contaminants a l'atmosfera. Com a objectiu, els constructors de vehicles han d'aconseguir emissions de 130 grams de CO_2/km per a l'any 2015. Font: http://www.eea.europa.eu/highlights/most-carmakers-must-further-improve/.

Al llarg d'aquest apartat, s'han esmentat diverses aplicacions que parlen sobre els beneficis ambientals derivats dels sistemes cooperatius, gràcies als quals s'aconsegueix una millor gestió de la xarxa que redueix el temps que passen els vehicles a la carretera i, per tant, també les emissions. Entre aquestes, trobàvem la gestió de zones d'aparcament i zones de càrrega/descarrega i el control d'accessos. La majoria d' aplicacions que tenen un efecte directe sobre la gestió de la xarxa vial generen beneficis indirectes per al medi ambient.

4. Què és necessari per al desplegament de sistemes cooperatius?

En aquest apartat, s'examinaran els aspectes tecnològics dels sistemes cooperatius: l'equipament necessari, la infraestructura de comunicació, les normatives, i l'arquitectura i protocols d'Internet. I també s'analitzaran tant els costos com els possibles models de negoci existents.

4.1. Tecnologia

Tal com s'ha vist anteriorment, una vegada s'instal·la la infraestructura bàsica de comunicacions que permet la comunicació V2V o V2I-I2V, les aplicacions es poden implementar de manera barata i fàcil, o fins i tot es poden introduir a poc a poc per a funcionar juntament amb els sistemes actuals. Prenent com a referència el projecte CVIS, en aquest apartat s'analitzarà quina és la infraestructura bàsica proposada en aquest projecte, i allò que n'involucra la instal·lació a un escenari urbà. Encara que ja fèiem referència a aquesta arquitectura en un apartat anterior, en la figura 14 es mostren els components bàsics que intervenen en el sistema de CVIS: un vehicle, una RSU, un centre de control i un HMI (encara que aquesta no és una part necessària en el sistema). Aquests components estan vinculats gràcies a la comunicació externa per la qual l'RSU, el sistema del vehicle i el centre de control es connectaran per Internet pública mitjançant IPv6 (o IPv4) xarxes.

Tots els components del sistema inclouen amfitrions, encaminadors i passarel·les:

- L'amfitrió ofereix l'entorn d'execució en què estan situades (desplegades i executades) les aplicacions i facilitats de CVIS. L'entorn d'execució de CVIS està basat en Java i OSGi.

- L'encaminador proveeix d'accés la infraestructura de comunicacions i permet les connexions entre els diferents amfitrions CVIS.

- La passarel·la és el protocol que converteix i filtra entre la part oberta i propietària del subsistema. Pel que fa al maquinari, els dos factors principals que cal que les autoritats locals tinguin en compte són les RSU i la creació del centre de control. Una RSU bàsica necessita un encaminador i una antena (amb un amfitrió i una passarel·la, tal com s'ha descrit anteriorment) que li permetin rebre i enviar informació, i també processar-la.

El nombre d'RSU que es necessitin depèn de diversos factors:

- La xarxa en qüestió.

- L'aplicació o aplicacions que es vulguin desplegar.
- Els sistemes heretats que estiguin al seu lloc.
- Els mitjans de comunicació que s'utilitzin.

Probablement, quan es despleguin els sistemes cooperatius es farà per etapes, ja que el desplegament requereix una gran inversió, per la qual cosa inicialment es començarà amb les solucions que aportin beneficis més ràpidament, com per exemple l'aplicació de serveis que proporcionin prioritat a diferents vehicles en trams problemàtics. A més, la plataforma CVIS permet que una vegada que estigui instal·lada l'RSU sobre aquesta puguin desplegar-se múltiples aplicacions, per la qual cosa a les zones on s'instal·lin es podran executar a més moltes altres aplicacions.

Les autoritats locals també necessiten un centre de control, que inicialment necessita un amfitrió de control i un encaminador, a més d'una persona que controli el sistema. Òbviament, si hi ha un ampli desplegament de sistemes cooperatius, també caldrà desplegar més centres de control.

4.2. IPv6

La connexió a Internet des de la plataforma CVIS fa servir IPv6. Encara que està previst que es produeixi una actualització mundial a IPv6, la majoria de països europeus encara estan dominats per IPv4, i per tant cal actualitzar tot el maquinari de comunicacions que s'utilitzi.

IPv6

Dissenyat per a substituir IPv4 a causa del límit que imposa respecte al nombre d'adreces de xarxa admissibles. IPv6 admet 2^{128} adreces de xarxa.

Hi ha múltiples raons que justifiquen l'ús d'IPv6 en CVIS, encara que mentre IPv4 continuï dominant, CVIS implementa túnels que permeten funcionar en IPv4. IPv6 permet un grau de seguretat més elevat, sobretot per a Internet sense fil, una major facilitat d'ús per a aplicacions *plug-and-play* i la possibilitat d'utilitzar els serveis geogràfics que ofereixen els dispositius que utilitzen IPv6.

Tant els amfitrions CVIS (en el vehicle o RSU) com els encaminadors CVIS funcionaran sobre IPv6. Tant CVIS com altres plataformes de comunicacions sense fils vehiculars, com ara DENS o NEC-LinkBirds, no proposen o requereixen el desplegament d'una xarxa IPv6 independent, sinó que fan ús de qualsevol xarxa d'accés disponible per a connectar els vehicles a Internet (3G, Wi-Fi, infrarojos, etc.).

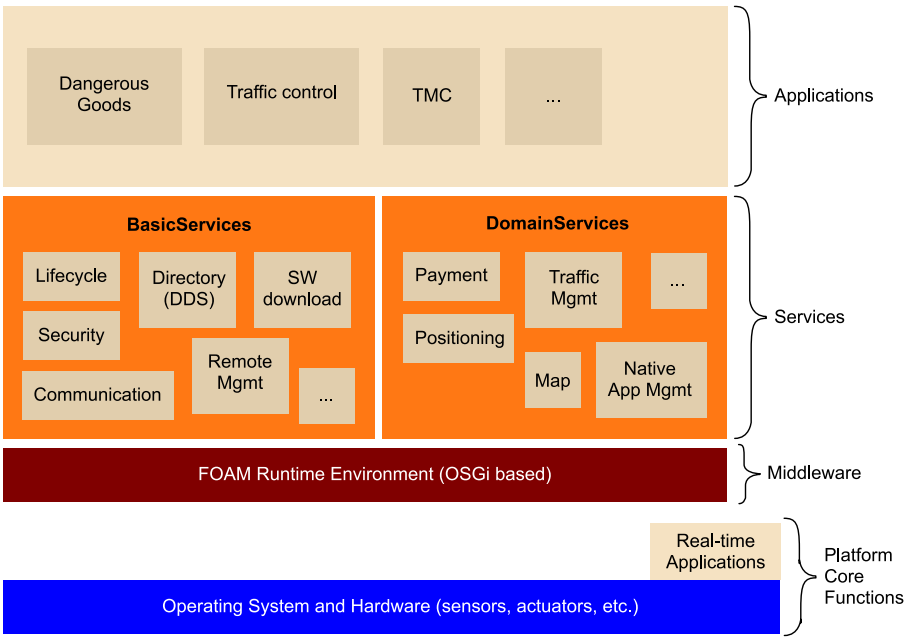
4.3. Arquitectura

L'arquitectura del sistema proporciona un marc per a la planificació, la definició i la implementació dels sistemes cooperatius, i constitueix la base per al desplegament de les aplicacions de manera fiable, segura, tolerant a fallades i operable entre els sistemes cooperatius.

El projecte CVIS va cooperar amb altres projectes amb l'objectiu d'obtenir una arquitectura comuna per al desplegament de sistemes cooperatius. Aquesta:

- Proporciona un mitjà per a garantir l'operabilitat entre els components desenvolupats per diferents fabricants i els proveïdors de TIC.
- Garanteix l'ús segur dels sistemes cooperatius, de manera que els sistemes no condueixen a circumstàncies i accidents perillosos.
- Aborda el tema de la seguretat, tant per a protegir les dades personals com per a protegir-se d'atacs maliciosos contra els sistemes.
- Aborda les polítiques i normatives legals com les normes de reglamentació de vehicles, de seguretat i de privacitat.
- Està dissenyat per al futur. Això significa que l'arquitectura és fixa, encara que si algunes normes o tecnologies específiques canvien, es reemplaçaran en el futur per altres de millors.

Figura 14. Arquitectura de capes CVIS



L'arquitectura connecta els sistemes a bord als vehicles, la infraestructura viària formada per les RSU i la infraestructura final necessària per a la gestió del transport cooperatiu. Les tecnologies en què es basa CVIS són Java i OSGI funcionant sobre un sistema operatiu UNIX.

L'arquitectura CVIS està dividida en capes. La característica fonamental de les arquitectures en capes és que una capa determinada només es comunica amb les que estan directament per damunt o per sota d'aquesta.

La capa superior es denomina *capa d'aplicació* i conté el conjunt d'aplicacions que es posaran en marxa sobre la infraestructura d'execució d'OSGi. Una aplicació proporciona serveis a l'usuari final (els usuaris finals, per exemple, són controladors de trànsit o conductors).

La capa central està dividida en dues subcapes: la capa de serveis (per a ajudar el funcionament de les aplicacions) i la capa d'infraestructura d'execució basada en OSGi (que proporciona un entorn per a Java i OSGi per a executar funcions).

La tercera capa és la capa de les funcions bàsiques de plataforma, i inclou la infraestructura de comunicacions: sistemes operatius, encaminadors, passarel·les i maquinari (sensors, actuadors, antenes, etc.).

4.3.1. Un sistema obert i interoperable

Un sistema obert permet afegir serveis i components nous o millorats en el marc dels sistemes cooperatius sense efectes secundaris adversos i sense problemes d'interoperabilitat.

La idea és dissenyar sistemes oberts, heterogenis i interoperables a tot el món. Els sistemes que interactuaran han de tenir les característiques següents:

- Estar dissenyats i implementats per diferents proveïdors.
- Tenir un rang màxim de deu anys d'edat.
- Poden ser barats i bàsics, o estar carregats de funcions complementàries.
- Han de bregar amb diferents regulacions locals.

CVIS és una plataforma oberta, ja que el nucli del programari bàsic i intermediari s'obre i s'executa en Linux. No obstant això, hi ha altres parts del programari d'aplicació i altres components que no estan oberts, per la qual cosa els fabricants encara poden protegir la seva propietat intel·lectual.

L'obertura i la interoperabilitat es construeixen en el marc bàsic i en les aplicacions de CVIS. No obstant això, es tracta d'aconseguir un delicat equilibri en el desenvolupament obert, ja que cal vigilar que els programes estiguin dissenyats correctament i no permetin atacs maliciosos.

La clau per a garantir la interoperabilitat és tenir estàndards adequats i establerts. La Comissió Europea va assignar un espectre radioelèctric dedicat a les aplicacions d'ITS en la banda de freqüències de 5,8 GHz. A més, hi ha normes relatives a altres aspectes dels sistemes cooperatius, com són les característiques especials que han de tenir les aplicacions en funció de la seva finalitat, ja que no tenen les mateixes restriccions les aplicacions de seguretat que la resta.

4.4. Com es poden finançar els sistemes cooperatius?

Els costos per a les funcions CVIS estan formats per les despeses d'equipament de la infraestructura i el funcionament dels serveis de CVIS, i es poden dividir en els elements següents: els costos a bord de la unitat, els costos d'RSU, els costos del centre de control (els costos de manteniment també es reparteixen al llarg d'aquestes tres línies), les despeses de comunicació i els costos de prestació de serveis.

Els costos més alts per a les autoritats locals s'associen a les RSU i el centre de control. Els costos d'adquisició i instal·lació consisteixen en:

- Els costos de la infraestructura física determinats pels equips genèrics que es requereixen (això depèn de l'aplicació en qüestió).
- Els costos d'instal·lació, tant per a la instal·lació de la carretera com al vehicle.

Les despeses d'explotació consten del següent:

- Dotació de personal, tenint en compte que la quantitat varia en funció de l'aplicació.

- Allotjament, considerant l'espai d'oficines per als operadors, administradors i l'equip de l'estació.

- Manteniment; els costos de manteniment de cada dia en general i els costos de renovació d'equips.

- Els costos de comunicació.

- Altres factors operacionals, com per exemple el cost de la utilització dels serveis de diversos proveïdors de serveis públics de comunicacions o d'un altre tipus.

Els costos de posada en marxa des de zero inclouen la creació de les unitats de terra, en què el nombre d'RSU depèn de l'aplicació CVIS que cal desplegar, els sistemes heretats en aquest lloc i els mitjans de comunicació utilitzats en l'RSU.

Els vehicles requereixen un sistema de posicionament i de capacitat de comunicació bidireccional amb les RSU mitjançant les comunicacions sense fils.

En l'actualitat, el maquinari és car, però a mesura que augmenti l'escala de producció els preus baixaran. Les tecnologies cooperatives segueixen la tendència de preus de les tecnologies d'informació, i normalment es produeix una caiguda del 25% al 30% en el preu per a cada duplicació del volum de fabricació.

4.4.1. Model de negoci

Hi ha molts actors que participen en el desplegament dels sistemes cooperatius. Perquè es creï un model de negoci, cada actor ha de veure una oportunitat de negoci en el desplegament dels sistemes cooperatius. Això fa que el model de negoci sigui complicat, ja que cada actor té un punt de vista diferent.

Per a tenir en compte les perspectives dels diferents grups d'interès, i per a garantir un model de negoci per a tots, les aplicacions es podrien introduir per parts, i els serveis de paquets s'han de desenvolupar d'acord amb els diferents punts de vista.

- La perspectiva del Govern (local) per a donar suport als objectius de la política de transports.
- Les perspectives dels usuaris de la via per a augmentar el confort, la reducció de riscos, l'eficiència i la seguretat.
- La perspectiva dels transportistes per a construir un sistema logístic eficaç.

A continuació s'explica el model de negoci de l'aplicació de gestió de mercaderies perilloses. Es descriu com interactua cadascun dels actors amb el sistema, qui proporciona el servei i per a qui i qui paga a qui. Aquest model de negoci es divideix en les àrees següents.

1) Consumidors. Aquesta àrea representa els actors que són percebuts com a consumidors: els conductors de camions són consumidors de serveis, i els operadors de transport i les autoritats del Govern local són consumidors d'informació. Aquests paguen al proveïdor de serveis per accedir a les aplicacions.

2) Prestació de servei. Aquesta àrea representa els actors que presten els serveis als consumidors. Per a l'aplicació de mercaderies perilloses, a més del servei en si mateix, aquest inclou informació geogràfica, mapes i informació meteorològica.

3) Producció. Aquesta àrea representa els actors que produeixen els serveis i ofereixen funcionalitat als serveis o directament als consumidors. Per a l'aplicació de mercaderies perilloses, això inclou la informació dels mapes i les dades de trànsit que ofereix el proveïdor de serveis.

4) Suport tecnològic. Aquesta àrea representa els actors que ajuden als productors dels serveis o als proveïdors de serveis amb les tecnologies necessàries, i proporciona les telecomunicacions, el programari i el maquinari per a l'aplicació de mercaderies perilloses.

5) Finançament. Aquesta àrea representa els actors que donen suport a les transaccions financeres en el model de negoci. Per a l'aplicació de mercaderies perilloses, això està representat per la companyia d'assegurances, que està

involucrada, ja que l'aplicació proporcionarà millors condicions de seguretat per al transport de mercaderies perilloses, amb una reducció associada de la prima de l'assegurança de la companyia de transport que fa servir l'aplicació.

6) Regulació. Aquesta àrea representa els actors que controlen la compatibilitat amb la legislació relativa als serveis. Per a l'aplicació de mercaderies perilloses, és el Govern el que s'assegura que totes les activitats s'ajusten a la llei.

7) Actors i cadena de valor. Com s'ha explicat anteriorment, els actors pertanyen a diferents àrees i les cadenes de valor consisteixen en diners, informació, serveis i béns. Aquests factors són els que s'intercanvien entre els diferents actors en el model de negoci.

En l'aplicació de mercaderies perilloses, l'operador de carreteres proporciona la informació per a gestionar l'encaminament, i aquesta informació es gestiona i es lliura a les autoritats locals. Els operadors de carreteres i les autoritats locals han de pagar una quota al proveïdor de serveis, ja que reben un servei (menys risc d'accident i la informació sobre les mercaderies perilloses a la zona). Els usuaris del sistema (camions) paguen una quota per a la connectivitat mòbil, però se'ls redueix el cost de l'assegurança com a factor de motivació per al pagament d'aquesta taxa.

El fet que els models de negoci dels sistemes cooperatius involucrin molts actors pot fer el desplegament molt difícil. Per a facilitar la implementació, és millor al principi tractar de trobar aplicacions (o paquets d'aplicacions) que tinguin models de negoci simples. Un exemple del projecte CVIS és la sol·licitud de prioritat: per a aquesta aplicació no es requereix informació de mapes, ni es tracta amb cap companyia d'assegurances, i tampoc no es requereixen operadors de carretera.

L'aplicació involucra els usuaris de la carretera, les autoritats locals, el regulador, el proveïdor de serveis i el proveïdor d'informació de trànsit. Tot i que encara hi ha molts actors involucrats, no són tants com en l'aplicació de mercaderies perilloses.

5. Aspectes no tecnològics

Per a implementar els sistemes cooperatius, és necessari abordar els problemes d'implementació no tècnics. En aquest apartat, s'examinen alguns aspectes importants que cal tenir en compte per a aconseguir la implementació dels sistemes cooperatius.

Perquè els sistemes cooperatius es puguin desplegar, la tecnologia ha de funcionar, però a més hi ha altres aspectes no tècnics que cal tenir en compte. De fet, és crucial analitzar la factibilitat del mercat, i la viabilitat tècnica dels sistemes cooperatius. En cas contrari, no hi ha cap possibilitat que el sistema s'implementi.

Aquest apartat se centra en alguns d'aquests temes: l'acceptació de l'usuari, la privacitat de dades, la normalització, les qüestions jurídiques i la responsabilitat i la cooperació interessats.

5.1. Acceptació de l'usuari

Una de les barreres principals per a la implementació dels sistemes cooperatius és l'acceptació de l'usuari. Dins dels usuaris es troben tant els conductors de vehicles com les autoritats de trànsit. L'acceptació de l'usuari es pot dividir en tres parts:

1) La utilitat i la usabilitat del sistema des del punt de vista del conductor. La utilitat del sistema per als conductors depèn de cada aplicació, i del tipus de conductor.

2) La utilitat i la usabilitat del sistema des del punt de vista de l'autoritat viària: les autoritats de trànsit també han de trobar els beneficis derivats dels sistemes cooperatius perquè el desplegament continuï endavant. Hi ha d'haver una utilització clara de la tecnologia per a fomentar l'acceptació dels usuaris en aquest grup d'actors clau. En aquest cas, la utilitat del sistema per a les autoritats depèn de l'aplicació en qüestió, i del tipus d'autoritat (local, regional o nacional).

3) La facilitat d'ús del sistema: aquest és un factor clau que garanteix la seguretat i la satisfacció dels usuaris dels sistemes. Això és important sobretot pel que fa a la interfície d'usuari. Exemples de temes que s'han d'abordar inclouen si el conductor ha de tocar la pantalla o rebre missatges automàtics, o si el conductor només ha de tocar la pantalla quan no es troba en una situació de conducció complexa.

5.2. Seguretat i privacitat

La seguretat és fonamental per als sistemes cooperatius, ja que és necessari assegurar-se que els sistemes no són objecte d'atacs violents, missatges falsos, embussos o corrupció de dades. A més, els sistemes cooperatius preveuen la creació, l'emmagatzematge i l'intercanvi de dades personals mitjançant enllaços de comunicació sense fils. El benefici que aporten els sistemes cooperatius gràcies a l'augment de dades també es pot veure com un aspecte problemàtic a causa de qüestions de privacitat.

La privacitat és un tema important per als usuaris potencials de vehicles privats dels sistemes de cooperació, i els que desenvolupen la tecnologia l'han de tractar de manera adequada perquè pugui ser acceptada pels usuaris.

Pel que fa a la plataforma CVIS, les preocupacions de seguretat i privacitat de les dades s'han incorporat en l'arquitectura de comunicacions i s'han adoptat una sèrie de principis fonamentals. Per exemple, l'arquitectura de comunicació requereix que la identitat dels vehicles sigui oculta i que la informació estigui codificada digitalment.

5.3. Estandardització

Els estàndards són necessaris per a garantir que quan els components dels sistemes cooperatius són fabricats per diferents empreses i a diferents països, aquests continuaran funcionant junts. Un dels components clau dels sistemes cooperatius és la interoperabilitat, i per a això un factor clau és l'estandardització. Quan no hi ha estàndards, les diferents empreses creen diverses maneres de resoldre el mateix problema. Per tant, perquè els sistemes ITS cooperatius es despleguin, és necessari establir uns determinats estàndards. Per a això, l'ESTI i el CEN estan desenvolupant i promovent determinades normes tècniques i estàndards per a garantir el desplegament dels sistemes cooperatius.

5.4. Aspectes legals

Altres aspectes obvis que cal considerar són les qüestions jurídiques i la responsabilitat. És necessari considerar les qüestions de responsabilitat abans que es despleguin els sistemes per a assegurar-se que tots seran conscients de la seva responsabilitat en cas que alguna cosa funcioni malament. És un requisit de la Convenció de Viena del 1968 (Comissió Econòmica de les Nacions Unides per a Europa sobre la Circulació per Carretera) que els conductors hagin de controlar els seus vehicles en tot moment. Per tant, les aplicacions dels sistemes cooperatius s'han de considerar com una ajuda a la conducció, però sempre serà el conductor qui prengui la decisió i, per tant, el responsable de les conseqüències.

Per a la implementació dels sistemes cooperatius cal gestionar el treball conjunt entre fabricants d'equips, proveïdors, administracions públiques, les indústries de telecomunicacions i altres agents, ja que sense la cooperació de tots els socis, els sistemes cooperatius no es poden implementar. Una manera d'aconseguir que totes les parts interessades participin en el desplegament, i cooperin les unes amb les altres, és assegurar-se que cada actor tingui un bon model de negoci i que, per tant, obtingui beneficis amb el desplegament dels sistemes cooperatius.

Bibliografia

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

Busch, F. (2009). "*C2X Activities in Germany: General reflections and current activities*". *16th World Congress on ITS, Stockholm*. Munich: Technische Universitat.

CVIS. *"Cooperative Urban Mobility, Exploring the possibilities offered by next generation infrastructurevehicle communications in tackling urban transport challenges"*. A: Cvis Handbook. <http://ww.cvisproject.org>

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

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

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

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