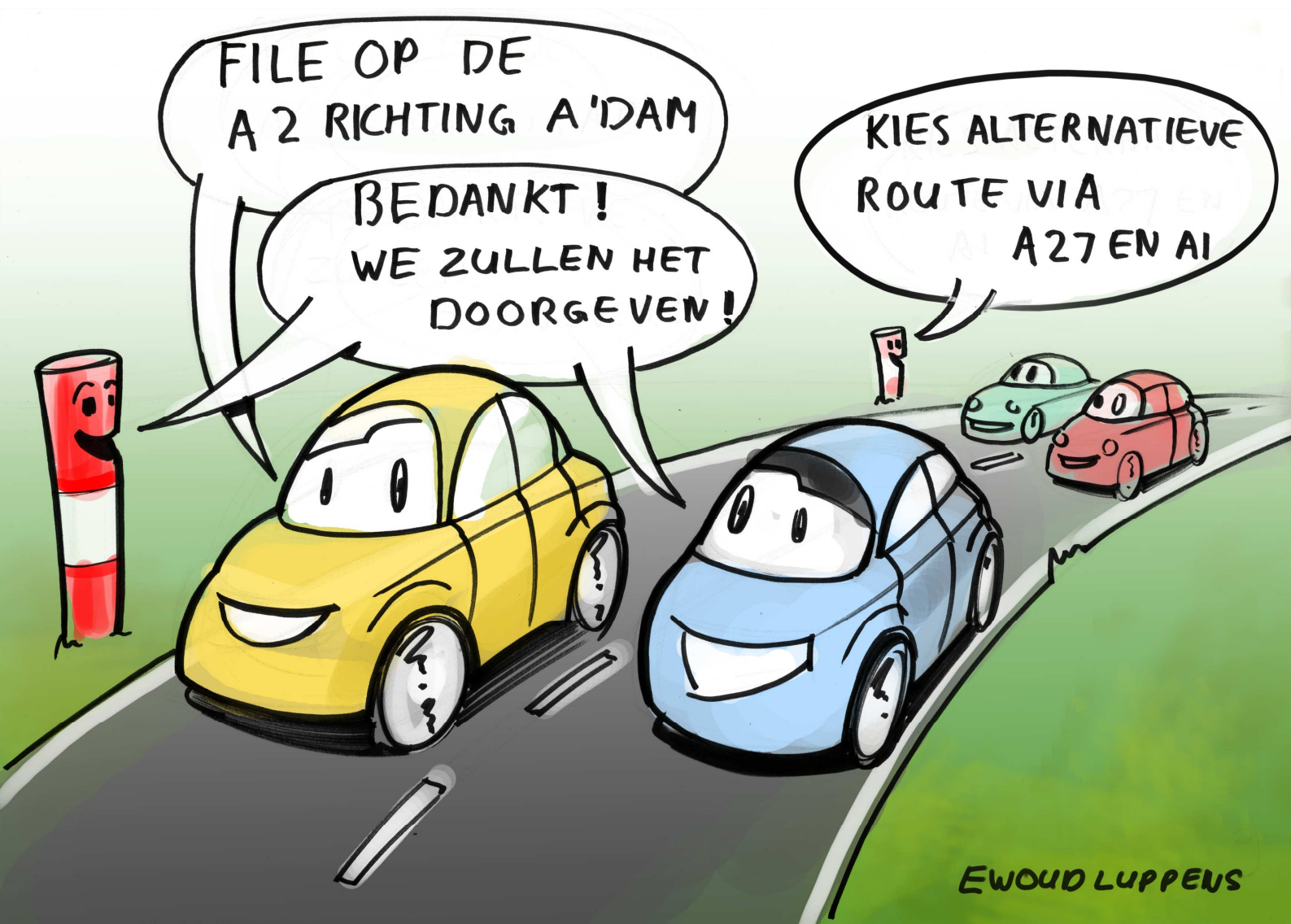


TrafficQuest rapport

Coöperatieve systemen

State-of-the-Art achtergronddocument



Colofon

Auteurs	Isabel Wilmink Henk Schuurman
Datum	1 november 2011
Versie nummer	1.0
Uitgegeven door	TrafficQuest Expertisecentrum Verkeersmanagement Kluyverweg 4 2629 HT DELFT
Informatie	Henk Taale
Telefoon	+31 88 798 24 98

TrafficQuest is een samenwerkingsverband van

TNO innovation
for life

TUDelft



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



TrafficQuest
CENTRE FOR EXPERTISE ON TRAFFIC MANAGEMENT

Coöperatieve systemen

State-of-the-Art
Achtergronddocument

1 november 2011

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	5
1. Waar hebben we het over?.....	7
2. Hoe ver zijn we in Nederland?.....	10
2.1. Projecten op het gebied van coöperatieve systemen.....	10
2.2. Demonstraties van coöperatieve systemen	11
2.3. Andere relevante projecten	13
2.4. Testfaciliteiten en tools.....	16
3. Hoe ver zijn ze elders?.....	17
3.1. Europa	17
3.2. Verenigde Staten.....	22
3.3. Japan	24
3.4. Andere landen	25
3.5. Samenwerking	26
4. Wat hebben we er aan?	27
5. Waar gaan we naar toe?	30
Literatuur	34

Voorwoord

TrafficQuest inventariseert doorlopend de stand van zaken met betrekking tot verkeersmanagement en de richting waarin ontwikkelingen plaatsvinden. Verkeersmanagement staat nog maar aan het begin van veel veranderingen en ontwikkelingen. Allerlei ontwikkelingen zullen het mogelijk maken verkeersmanagement effectiever, proactiever en netwerkbreed toe te passen. Daarvoor is verdere ontwikkeling en onderzoek nodig. In het rapport "De toekomst van verkeersmanagement" wordt daarom een onderzoeksagenda gepresenteerd. Dit rapport is te vinden op de TrafficQuest website (www.traffic-quest.nl). Daar zijn ook de achterliggende rapporten over diverse aspecten van verkeersmanagement te vinden. Deze rapporten volgen steeds het stramien:

- Waar hebben we het over?
- Hoever zijn we in Nederland?
- Hoever zijn ze elders?
- Wat hebben we eraan?
- Waar gaan we naar toe?

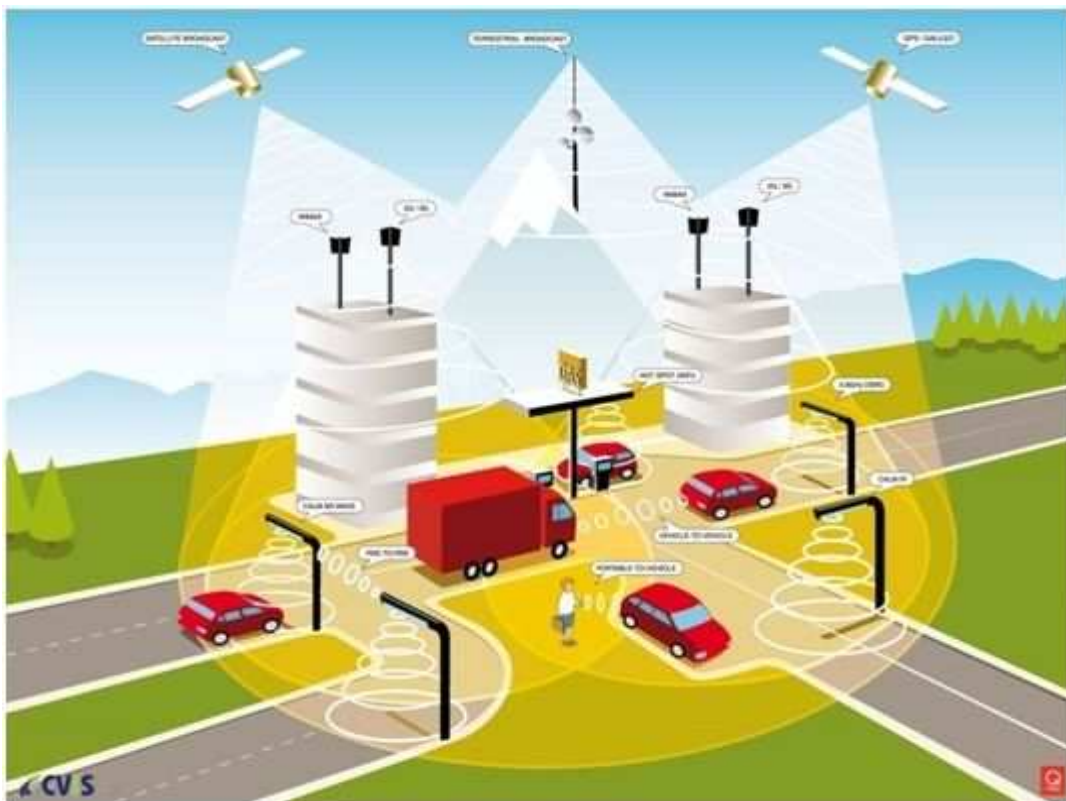
Dit rapport behandelt deze vragen voor het onderwerp *coöperatieve systemen*.

1. Waar hebben we het over?

Coöperatieve systemen zijn Intelligente Transport Systemen (ITS) die gebruik maken van communicatie om informatie uit te wisselen. Er wordt gebruik gemaakt van communicatie tussen:

- voertuigen onderling (V2V),
- voertuigen en infrastructuur (V2I) en
- tussen infrastructuurelementen onderling (I2I)

Ook komen V2D (communicatie tussen voertuig en apparaat (device)) en V2IP (communicatie tussen voertuigen en het internet) voor. Zie figuur 1 voor een illustratie.



Figuur 1: illustratie van een coöperatief systeem (bron: CVIS project)

De mogelijkheid tot communicatie tussen de verschillende elementen van het verkeerssysteem betekent dat de systemen (vergeleken met stand-alone systemen in voertuigen en infrastructuur-gebonden systemen) intelligenter en op basis van meer dan wel actuelere informatie kunnen functioneren. Er is in zekere zin sprake van samenwerking, of van onderhandelen tussen voertuigen onderling of tussen voertuigen en de infrastructuur en/of een verkeerscentrale of back-office. Zo worden efficiëntere en nieuwe maatregelen mogelijk. Enkele voorbeelden zijn:

- coöperatieve adaptieve cruise control – voertuigen zorgen samen voor een efficiëntere verkeersafwikkeling;

- wireless local danger warning – voertuigen geven waarschuwing aan elkaar over extreme weersomstandigheden en obstakels die ze tegenkomen;
- allerlei applicaties die kruisingen veiliger maken of hulpdiensten voorrang geven;
- intelligente navigatiesystemen, die de actuele verkeers- en parkeersituatie meenemen in hun routeadvies (eventueel inclusief een multimodaal reisadvies);
- eco-driving assistance – systemen die bestuurders en verkeersmanagers helpen zo efficiënt mogelijk te rijden (door routeadviezen te geven, verkeerslichten te beïnvloeden, en tips te geven voor een zuinige rijstijl);
- beheer- en onderhoudssystemen die voertuigen als sensoren gebruiken, bijvoorbeeld voor het detecteren van de staat van het wegdek.

NB. De definitie van coöperatieve systemen is overigens niet helemaal "sluitend". Aanvullend op de definitie van de EC ("Co-operative systems are ITS systems based on vehicle-to-vehicle (V2V), vehicle-to-infrastructure (V2I, I2V) and infrastructure-to-infrastructure (I2I) communications for the exchange of information"), gaan we er in onze definitie vanuit dat het hierbij gaat om draadloze communicatie.

[Wilmink et al., 2011] geeft een overzicht van coöperatieve systemen zoals die in Nederland toegepast zouden kunnen worden om doorstroming, veiligheid en milieu te verbeteren en om de ergernissen van de Nederlandse weggebruikers aan te pakken. Met coöperatieve systemen kan een bestuurder verder vooruit kijken (dan het stuk weg dat hij door zijn voorruit kan overzien) en specifiek op hem gerichte adviezen krijgen. Als het soort informatie en de manier waarop het gepresenteerd wordt zoveel mogelijk ingesteld worden op een bepaalde bestuurder, zal die bestuurder meer met de informatie doen en zullen dus de effecten van maatregelen (op reistijd, veiligheid, uitstoot, etc.) groter zijn. Er kan worden voortgebouwd op al bestaande systemen, zowel in het voertuig als langs de weg. Deze kunnen met relatief kleine investeringen coöperatief en daarmee veel effectiever gemaakt worden, dan wel een veel groter bereik krijgen.

Binnen verkeersmanagement kunnen coöperatieve systemen bestuurdersgedrag op verschillende niveaus beïnvloeden:

- op strategisch niveau vooral qua routekeuze, maar het is ook denkbaar dat coöperatieve systemen bestemmingskeuze, vervoerwijzekeuze en vertrektijdkeuze beïnvloeden. Op dit niveau is er een relatie te leggen met Gecoördineerd Netwerkbreed Verkeersmanagement (GNV);
- op tactisch niveau: rijstrookkeuze, inhaalgedrag, volgedrag;
- op operationeel niveau: sommige coöperatieve systemen beïnvloeden (via advies of door zelf in te grijpen) elementaire taken als gas geven en remmen.

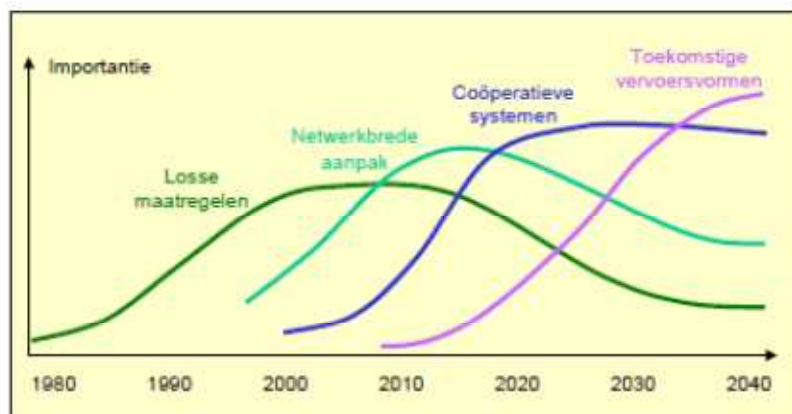
De eerste generatie van coöperatieve systemen richtten zich vooral op veiligheid. Coöperatieve systemen kunnen echter (zoals al blijkt uit de hierboven gegeven voorbeelden) ook ingezet worden om de doorstroming te verbeteren of om milieueffecten te minimaliseren, op alle wegsoorten. Er kan onderscheid gemaakt worden naar lokale (meest veiligheids-)applicaties en applicaties die op netwerkniveau werken (bijvoorbeeld een coöperatieve stedelijke verkeersmanagement applicatie). Daarnaast kunnen sommige betalingssystemen coöperatief genoemd worden (bijvoorbeeld electro-

nic toll collection) en wordt ook in het openbaar vervoer gebruik gemaakt van communicatie. Een voorbeeld hiervan is een bus of tram die zich aanmeldt bij een verkeerslicht en vervolgens prioriteit kan krijgen in de regeling. Een dergelijk systeem is in de jaren 80 al geïntroduceerd (VETAG/VECOM). Inmiddels zijn er ook varianten van dergelijke systemen voor communicatie tussen hulpdiensten en verkeerslichten.

Coöperatieve systemen zijn "hot". Er is de laatste jaren veel aandacht voor geweest op congressen en in de media. Zie bijvoorbeeld de special over coöperatieve systemen in het vakblad NM magazine [NM magazine, 2009]. De reden voor alle aandacht voor coöperatieve systemen is enerzijds dat het vaak gaat om innovatieve, tot de verbeelding sprekende systemen en anderzijds dat grote baten (op het gebied van doorstroming, veiligheid en milieu, maar ook op het gebied van beheer en onderhoud) verwacht worden van coöperatieve systemen. Er zijn wel grote verschillen in belangen tussen de verschillende stakeholders (auto-industrie, toeleveranciers, wegbeheerders, verkeersindustrie, gebruikers, etc.).

2. Hoe ver zijn we in Nederland?

Nederland is erg actief op het gebied van coöperatieve systemen: er wordt onderzoek gedaan, er worden applicaties ontwikkeld, getest en gedemonstreerd en er wordt volop nagedacht over hoe coöperatieve systemen een plek zullen krijgen in het Nederlandse verkeers- en vervoersysteem. In het Beleidskader Benutten [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008] en in de recent verschenen I&M nota "ITS in the Netherlands" [Connekt, 2011] worden coöperatieve systemen gezien als logische opvolger van de netwerkbrede aanpak (zie figuur 2). Spoor 3 van het Beleidskader Benutten beschrijft verschillende fasen in de ontwikkeling van in-car en coöperatieve systemen.



Figuur 2: De 4 sporen van het Beleidskader Benutten

Ook in de (concept) RWS strategie Ontwikkeling Verkeersmanagement nemen coöperatieve systemen een belangrijke plaats in. De focus als wegbeheerder is hierbij gericht op voertuig-infrastructuur systemen.

Verwacht wordt dat coöperatieve systemen in 2020 gemeengoed zijn. Een voorwaarde voor een succesvolle grootschalige introductie van coöperatieve systemen die genoemd wordt is dat er een goede publiek-private samenwerking is. Van groot belang is verder dat er (Europese) standaarden worden vastgesteld o.a. vanwege de benodigde interoperabiliteit. De Nederlandse automotive industrie pleit in haar Visie op Mobiliteit [High Tech Automotive Systems, 2009] voor een sterke focus op in-car technologie. De visie zegt echter ook dat ook bij de keuze voor in-car technologie de infrastructuur (wegkant) een belangrijke rol blijft spelen. Wegkantsystemen met sensoren en communicatie zijn nodig om in-car technologie te ondersteunen.

2.1. Projecten op het gebied van coöperatieve systemen

Nederlandse partijen, zowel publieke als private partijen, voeren zowel nationale als internationale projecten op het gebied van coöperatieve systemen uit. Zo participeerden of participeren diverse Nederlandse organisaties in grote Europese projecten zoals PReVENT, SAFESPOT, CVIS, COOPERS, FREILOT, eCoMove en DRIVE C2X (zie einde hoofdstuk voor website adressen van deze projecten).

Daarnaast waren er nog diverse Nederlandse projecten over coöperatieve systemen, zoals het TNO programma SUMMITS [Van Arem, 2007] en diverse deelprojecten van TRANSUMO. In het deelproject Intelligent Vehicles [Horst, van der & Klunder, 2009] werd bijvoorbeeld onderzoek gedaan naar een Fileassistent en naar decentraal regelen met intelligente voertuigen.

De projecten richten zich op diverse aspecten van coöperatieve systemen:

- ontwikkeling applicaties;
- ontwikkeling ontwerp-, test- en evaluatiemethoden;
- organisatieaspecten (o.a. rolverdeling publieke en private partijen, business modelling);
- technologieverkenningen;
- effectstudies;
- standaardisering.

Naast projecten wordt er kennis over coöperatieve systemen opgedaan en verspreid, en worden partners bij elkaar gebracht, in een aantal werkgroepen en samenwerkingsverbanden, zoals:

- In 2008 heeft een Nederlandse delegatie een bezoek gebracht aan Japan, met als doel gezamenlijke ervaringen op te doen op het gebied van Dynamisch Verkeersmanagement (DVM) [Business Improvement & TNO, 2009]. Het was nadrukkelijk de intentie om na afloop zich gezamenlijk (met marktpartijen, overheden en kennisinstututen) te blijven inzetten op het gebied van DVM. Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in een structurele plek voor coöperatieve systemen binnen DVM en de partners werken nu samen in DITCM, de Dutch Integrated Testsite Cooperative Mobility (zie Tabel 1, verderop in dit document).
- Strategisch Beraad Verkeersinformatie en Verkeersmanagement (SBVV). Het SBVV moet een vervolg geven aan de dialoog tussen marktpartijen en overheden die nodig is om de ambitie en doelen voor betere benutting en reisinformatie te realiseren. Coöperatieve systemen maken daar een belangrijk onderdeel van uit.

2.2. Demonstraties van coöperatieve systemen

Coöperatieve systemen spreken zeer tot de verbeelding, maar de brede implementatie ervan blijft de grote uitdaging. Om de ontwikkelde applicaties en systemen uit te testen en om een breder publiek (waaronder alle partijen die in de nabije toekomst met coöperatieve systemen te maken zullen krijgen) er kennis mee te laten maken zijn in Nederland diverse proeven op de weg uitgevoerd. Al in 1998 organiseerden het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en TNO in samenwerking met de Europese Commissie een uitgebreide demo met coöperatieve systemen op een nog niet geopend stuk van rijksweg 11 bij Hazerswoude. In 2007 werd op een TNO symposium de state-of-the-art in coöperatieve systemen gepresenteerd. Dit was de afsluiting van het SUMMITS project, waarin een aantal applicaties (waaronder een coöperatieve ACC) ontwikkeld, getest en geëvalueerd werd [Van Arem et al., 2007]. Hiervoor werd ook een tool suite ontwikkeld

[Driessen et al., 2007], waarmee coöperatieve systemen op consistente wijze in alle fasen van de ontwikkeling getest kunnen worden: simulaties van de systemen in voertuigen, van de communicatie tussen voertuigen onderling en met de infrastructuur, en van de verkeersafwikkeling, maar ook simulaties met hardware-in-the-loop (zie figuur 3) en op de weg. Een jaar later werden in Eindhoven systemen gedemonstreerd op de IV 2008 Demo Day van het Intelligent Vehicles 2008 Symposium (zie <http://www.iv2008.utwente.nl/>).



Figuur 3: VEHIL: Hardware-in-the-loop voertuig testfaciliteit in Helmond [Driessen et al., 2007]

Nadat vanuit het EU-project CVIS al een demonstratie van coöperatieve systemen werd gegeven in Nederland (zie <http://www.cvisproject.org/>) waren er in 2010 wederom demonstraties van coöperatieve systemen. De Cooperative Mobility Showcase (georganiseerd door diverse samenwerkende Nederlandse partijen) toonde live diverse systemen zoals die in de EU-projecten SAFESPOT, CVIS en COOPERS ontwikkeld zijn (zie volgende paragraaf). Hier werden systemen niet alleen uitgetoond op een afgeschermd stuk weg (een parkeerplaats van Schiphol), maar ook op de openbare weg tussen Amsterdam RAI en Schiphol (zie Figuur).

Op de A270 tussen Helmond en Eindhoven voerde TNO proeven uit met diverse vormen van coöperatieve adaptieve cruise control. Getracht werd om zogenaamde "spookfiles" te voorkomen (files die ontstaan door het plotseling remmen of van rijstrook wisselen door voertuigen). Vrijwilligers konden hieraan meedoen; hun auto's werden uitgerust met o.a. een aangepaste TomTom en een communicatiesysteem. De bestuurders kregen bijvoorbeeld instructies om te remmen of te accelereren. Het systeem bepaalde wat nodig was op basis van informatie van benedenstroomse voertuigen. De tests (waarvoor de A270 een aantal zaterdagen afgesloten werd) lieten zien dat de bestuurders met het systeem een stabielere verkeersafwikkeling bereikten dan zonder. Zie voor verdere informatie <http://www.a270demo.nl/> en een artikel op de TNO website over de proeven op de A270

(http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=nieuwsbericht&laag1=37&laag2=69&item_id=2010-03-16%2009:22:57.0&Taal=1).



Figuur 4: Impressie van de Cooperative Mobility Showcase [bron foto's RWS en TNO]

2.3. Andere relevante projecten

Rijkswaterstaat voerde het project DAWEG (Domein Architectuur Wegverkeersmanagement) uit, waarin de stappen richting coöperatieve systemen verder uitgewerkt worden, inclusief wanneer naar verwachting systemen hun intrede doen [Technolution, 2009] [Grontmij, 2009]. Verder zijn scenario's voor verkeersinformatie en verkeersmanagement ontwikkeld [Hoogendoorn et al., 2010]. Coöperatieve systemen spelen hierin uiteraard een rol.

Het samenwerkingsverband High Tech Automotive Systems (HTAS) heeft enkele projecten binnen het HTAS Innovation Programme waarin gewerkt wordt aan "een toekomst met minder files door coöperatief rijden" (een betere doorstroming op de snelweg). Zie het kader voor een beschrijving van de projecten Connected Cruise Control (CCC), Connect & Drive en SPITS.

Connected Cruise Control (CCC)

In januari 2010 vond de kick-off plaats van het HTAS project Connected Cruise Control (CCC). CCC gaat techniek ontwikkelen om files te voorkomen door de bestuurder heel specifiek te adviseren over de beste actuele snelheid, volgafstand en rijstrook op zijn baanvak. Samen met de projecten Connect & Drive en SPITS ontstaat zo een sterk samenhangend programma van In-Car- en ICT-technologie om te zorgen voor een betere doorstroming op de snelweg. CCC is erop

gericht de voordelen van dit zogenaamde coöperatieve rijden zo vroeg mogelijk breed beschikbaar te maken. Daarom werkt CCC met een innovatieve combinatie van beschikbare technologie die als pakket ook in bestaande auto's kan worden ingebouwd (retrofit). Rijkswaterstaat doet mee om vanuit de verkeerscentrale de rijadviezen te genereren. CCC is daarmee het eerste HTAS project met de overheid als operationele partner in het project. Partners in CCC zijn verder: NXP, Navteq, Technolution, Clifford, SAM, de drie TU's en TNO.

Connect & Drive

Het project Connect & Drive, gestart in 2008, laat voertuigen met elkaar communiceren en automatiseert de functies van CCC. Daarvoor moet in de auto vanuit de fabriek extra techniek worden ingebouwd. Connect & Drive vormt de volgende stap in de roadmap naar coöperatief rijden. In het project werken samen: SAM, Centric Tsolve, TNO, de drie TU's, Fourtress en WMC.

SPITS

SPITS werkte onder meer aan een 'open ITS platform' waarop allerlei rijtaakondersteunende systemen zoals CCC en Connect&Drive eenvoudig kunnen worden aangesloten en geactualiseerd. SPITS is een zeer groot project dat in 2009 mede op initiatief van TNO als High Tech Top Project is opgestart en thematisch is aangesloten bij het HTAS ConnectedCar programma. Penvoerder is NXP, en naast TNO, TomTom en Logica nemen Greencat, Catena, Task24, Fourtress, PEEK en de Universiteiten van Leiden, Delft, Eindhoven en Twente deel. De eerder genoemde proeven met coöperatieve systemen op de A270 zijn in het kader van SPITS uitgevoerd.

In 2010 is het project SensorCity Assen gestart. Hierin wordt gewerkt aan systemen die op basis van sensoren langs de infrastructuur en in het voertuig adviezen ontwikkelen voor coöperatieve diensten en managementstrategieën (zie kader).

SensorCity Assen

In het kader van het Sensor Universe wordt er in Assen een onderzoeksproject genaamd Sensor City Mobiliteit gestart. Provincie Drenthe en gemeente Assen voorzien in een omgeving waarbinnen onderzoek zal worden gedaan ten behoeve van zowel intelligent verkeersmanagement als intelligente reisinformatie. Belangrijk element van deze onderzoeksomgeving is een sensornetwerk met ongeveer 200 meetpunten waarmee onder anderen alle belangrijke verkeersstromen van Assen en omgeving bemeaten worden. Het project wil in Assen inspelen op een nieuwe ontwikkeling, namelijk het kunnen genereren van betrouwbare verkeersinformatie uit verschillende inwinbronnen/ sensorsystemen (van GPS tot camera). Hierbij is het de uitdaging om te onderzoeken of aan de hand van enerzijds verschillende inwinbronnen en anderzijds nieuw te ontwikkelen algoritmen dermate nauwkeurige verkeersvoorspellingen gedaan kunnen worden dat de wegbeheerder in Assen reeds vooraf kan inschatten hoeveel verkeer richting het centrum zal gaan. Deze informatie kan dan vervolgens gebruikt worden in verschillende toepassingen op het gebied van verkeersmanagement en verkeersinformatie. Uiteindelijke doel is dat dit niet alleen zal leiden tot een betere verkeersdoorstroming, maar ook tot een aanzienlijke emissiereductie. De onderzoeksdoelstellingen van dit project zijn:

- het genereren van betrouwbare floating car data op basis van een combinatie van metingen uit het vaste meetnetwerk, en data uit in-car devices;
- voorspellingsmethoden gebaseerd op de koppeling van floating-car data (FCD) aan complexe verkeersmodellen, die toepasbaar dienen te zijn voor zowel verkeersinformatie als verkeersmanagement doeleinden;
- technologie die nodig is voor toekomstige informatie- en betaaldiensten gericht op zowel individuele OV-gebruikers als diensten naar de vervoerders, op basis van verbeterde aankomsttijdverwachtingen en persoonlijke reisprofielen;
- reispatronen, individuele reis en informatie behoeften en de wijze waarop (groepen van) mensen reageren op verkeersinformatie. Door de reiziger(stromen) beter te begrijpen kan er gefundeerder onderzoek plaatsvinden naar effectievere verkeersinformatie- en verkeersmanagement toepassingen.
- mogelijkheden om verkeersregelinstanties intelligenter te maken, waardoor de verkeersstromen beter afgewikkeld kunnen worden (veiliger, milieuvriendelijker en 'stromender').
- het effect op de verkeersdoorstroming, de verkeersveiligheid en het milieu bij uitvoering van een pilot.

In de laatste fase van het project (na validatie van algemene aanpak en de gebruikte technologieën) zullen de meest kansrijke toepassingen uitgewerkt en beproefd worden in een grootschalig experiment met circa 2000 vrijwillige deelnemers. Assen is hierbij voor het consortium de ideale omgeving, aangezien in Assen een meetnet wordt gerealiseerd dat zo nauwkeurig is dat het als een volwaardig referentie- en validatiesysteem kan functioneren voor de vele nieuwe mogelijkheden die het consortium nader wil onderzoeken. Het samenwerkingsverband Sensor City Mobiliteit bestaat uit de volgende partijen: Kennisinstelling TNO en de bedrijven Goudappel Coffeng, Quest TC, DySI Ontwikkel B.V., NXP, MagicView, ParkingWare, ElevationConcept, OV9292, Peek Traffic, Mobuy en Univé.

Er lopen verder diverse EU-projecten op het gebied van coöperatieve systemen. Momenteel nemen Nederlandse partijen bijvoorbeeld deel aan de projecten FREILOT, eCoMove en DRIVE C2X, waarin coöperatieve systemen ingezet worden om het brandstofverbruik te verminderen (zie volgende paragraaf). Tenslotte lopen er onderzoeksprojecten aan de universiteiten (bijvoorbeeld naar "Environmental friendly traffic management using integrated road-vehicle system", zie http://www.aida.utwente.nl/research/Information_running_projects/). En er zijn diverse regionale initiatieven (onder andere in het Brabant in-car II programma, zie <http://www.brabant.nl/dossiers/dossiers-op-thema/verkeer-en-vervoer/dynamisch-verkeersmanagement/dynamisch-verkeersmanagement-actueel/2011/brabant-in-car-van-start.aspx>; zie verder het overzicht van Nederlandse projecten en initiatieven rond o.a. in-car en coöperatieve systemen http://www.kpvv.nl/files_content/kennisbank/Overzicht%20ontwikkelingen%20in%20car%20e.a.%20dec%202009%20v2.pdf).

2.4. Testfaciliteiten en tools

Er zijn op de openbare weg diverse proeven gedaan met enkele van de coöperatieve systemen zoals hierboven beschreven zijn. In Helmond, dat als test site dient voor zowel het FREILOT als het eCoMove project (zie verderop), wordt bijvoorbeeld geëxperimenteerd met applicaties die gebruik maken van communicatie tussen een beperkt aantal voertuigen en road side units. Verder wordt gebruik gemaakt van informatie afkomstig uit voertuigen, bijvoorbeeld door TomTom (voor TomTom HD). De Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) benut de mogelijkheden van informatie afkomstig uit voertuigen vooralsnog niet, maar denkt er wel over na. Overigens gebruiken trams en bussen al sinds de jaren 80 voertuig-infrastructuur communicatie om prioriteit te krijgen op geregelde kruisingen. Nederlandse organisaties doen aan veel projecten op het gebied van coöperatieve systemen mee. Voor de verschillende ontwikkelstadia van coöperatieve systemen zijn er tools en testfaciliteiten beschikbaar. Zie Tabel 1 voor een overzicht.

Tabel 1: Tools en testfaciliteiten in Nederland

Simulatiemodellen – klein aantal voertuigen	Prescan (ontwikkeld door TNO), is een (sub-micro)simulatieomgeving voor het ontwerp en de evaluatie van intelligente voertuigen. Gesimuleerde voertuigen kunnen hun omgeving waarnemen en erop reageren.
Simulatiemodellen – verkeersstromen	Commerciële microsimulatiepakketten als VISSIM, AIMSUN en Paramics worden door veel Nederlandse organisaties gebruikt. TNO heeft de ITS modeller ontwikkeld, specifiek voor de evaluatie van coöperatieve systemen. De ITS modeller werkt als een extra laag bovenop modellen als VISSIM, AIMSUN, Paramics.
Communicatiemodellen	TNO heeft, o.a. in het kader van het SUMMITS programma, communicatiemodellen ontwikkeld met diverse detailniveaus (van zeer gedetailleerd voor gebruik in het voertuig tot relatief simpel voor gebruik in microscopische verkeerssimulatiemodellen)
Rijsimulatoren	Van zeer geavanceerd (Desdemona van TNO) tot simpele opstellingen bij diverse Nederlandse onderzoeksinstellingen
Hardware-in-the-Loop	TNO beschikt over VEHIL (Vehicle Hardware-In-the-Loop), een 'hardware-in-the-loop' voertuigtestfaciliteit waarmee complexe intelligente voertuig- en vervoerssystemen getest kunnen worden. VEHIL biedt een veilige omgeving om systemen te testen die het in simulaties goed doen maar nog niet ver genoeg ontwikkeld zijn om op de openbare weg te testen.
Testcentrum / test tracks	Het RDW Test Centrum Lelystad, of kortweg TCL, is een onafhankelijk testlaboratorium voor voertuigtechniek voor homologatie beproevingen, nationale en internationale certificaten en voor het uitvoeren van Research & Development activiteiten.
Test-sites	In Helmond zijn al diverse coöperatieve applicaties getest, in normaal verkeer. Momenteel wordt een permanente testfaciliteit in Zuidoost Brabant opgezet: de Dutch Integrated Testsite Cooperative Mobility (DITCM). In Assen wordt de komende jaren een groot aantal sensoren geïnstalleerd waarmee coöperatieve systemen gevoed kunnen worden.

3. Hoe ver zijn ze elders?

3.1. Europa

Nederland is, zoals al eerder vermeld, goed aangehaakt bij internationale projecten, vooral daar waar het Europese projecten betreft. De Europese Commissie ziet een grote rol voor coöperatieve systemen en stimuleert de ontwikkeling op diverse vlakken:

1. door beleid te formuleren;
2. door R&D projecten uit te zetten (bijvoorbeeld in de kaderprogramma's);
3. door architecturen en standaardisering te bevorderen;
4. door bewustwording te bevorderen;
5. door regelgeving op dit gebied te ontwikkelen en in te voeren;
6. door werkgroepen en platforms in het leven te roepen en/of te ondersteunen.

Beleid

De EU (voornamelijk het Directoraat-Generaal 'Information Society') probeert de implementatie en het gebruik van coöperatieve systemen te bevorderen middels het Intelligent Car Initiative (zie http://ec.europa.eu/information_society/activities/intelligentcar/index_en.htm) en het ITS action plan [EC, 2011a]. In het Witboek "" uit 2011 [EC, 2011b] wordt het gebruik van informatie- en communicatietechnologie (I2I, I2V en V2V) gezien als noodzakelijk om tot een efficiënter en duurzamer gebruik van het verkeers- en vervoersysteem te komen.

Het *Intelligent Car Initiative* werd al gepubliceerd in 2006 en bevat de EU's strategie voor de ontwikkeling van auto's die slimmer, veiliger en schoner zijn. Het gaat in op hoe de industrie, lidstaten en burgers samen kunnen werken om mobiliteitsproblemen op te lossen en het gebruik van ICT in transport te bevorderen. Het Intelligent Car Initiative biedt een kader voor beleid op dit gebied en moet helpen om wettelijke en institutionele barrières die partijen tegenkomen te slechten.

Het Intelligent Car Initiative is gebouwd op drie pijlers:

1. het iMobility Forum (voorheen eSafety Forum) (coördineren en promoten van het werk van stakeholders);
2. het onderzoek binnen de kaderprogramma's, faciliteren van het gebruik van de resultaten;
3. het stimuleren van de bewustwording (awareness) om de vraag naar intelligente voertuigen en de acceptatie ervan te vergroten.

In het *ITS action plan* (zie [EC, 2011]) worden acties benoemd waarmee de invoering van intelligente transportsystemen versneld dienen te worden. Er zijn zes prioritaire domeinen, waarbinnen acties zijn benoemd, waarvan meerdere een bijdrage zullen leveren aan de ontwikkeling en invoering van coöperatieve systemen. Het ITS action plan gaat vergezeld van een richtlijn betreffende een kader voor de gecoördineerde invoering van ITS [EC, 2011]. Dit moet zorgen voor interoperabele en naadloos op elkaar aansluitende ITS services. Volgens de richtlijn moet de Europese Commissie binnen zeven jaar specificaties ontwikkelen voor de compatibiliteit, interoperabiliteit en

continuïteit van ITS maatregelen; lidstaten moeten volgens deze specificaties werken maar kunnen wel zelf bepalen in welke systemen ze willen investeren. Daarnaast zijn er ondersteunende activiteiten, zoals het opstellen van roadmaps (bijvoorbeeld de Technical roadmap for cooperative systems deployment in Europe) en specifieke projecten over welke voertuig- en infrastructuur nodig zijn om coöperatieve systemen te ondersteunen, en welke applicaties en services mogelijk zijn als voertuigen met elkaar en met de infrastructuur verbonden zijn.

Research & Development

Tabel 1 geeft een overzicht van de belangrijkste EU-projecten op het gebied van coöperatieve systemen. Een overzicht van EU-projecten en initiatieven op het gebied van coöperatieve systemen is ook te vinden in Deliverable 2.1 van het ECOSTAND-project [Benz et al., nog te publiceren]. Alle projecten publiceren hun resultaten en eindconclusies op de projectwebsites.

Tabel 1: Europese projecten op het gebied van coöperatieve systemen

Project	Omschrijving
PREVENT	NL partners: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, TNO Het Integrated Project PREVENT richtte zich op de ontwikkeling van systemen die actief de verkeersveiligheid verbeteren. Zowel stand-alone als coöperatieve systemen werden getest. De ontwikkelde applicaties waren in vier groepen in te delen: Safe speed and safe following, Lateral support, Intersection safety en Vulnerable road user & collision mitigation. Daarnaast waren er horizontale activiteiten, onder andere op het gebied van digitale kaarten, datafusie, een code of practice en evaluatie. Zie voor verdere informatie http://www.prevent-ip.org/
GST	NL partners: TNO (ook Navteq, Siemens VDO (NL deel)) GST was een Integrated Project dat als doel had het creëren van een open en gestandaardiseerde architectuur voor automotieve telematica services. Daarmee zou een gunstiger klimaat voor de ontwikkeling van innovatieve telematicaservices moeten ontstaan. Zie voor verdere informatie: http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=PROJ_ICT_TEMP&ACTION=D&DOC=7&CAT=PROJ&QUERY=012ffa470595:8eee:4a719150&RCN=71449
SAFESPOT	NL partners: Navteq, Peek, Rijkswaterstaat, Tele Atlas, TNO Het SAFESPOT project (ook een Integrate Project) zocht naar de coöperatieve systemen, gebruik makend van een combinatie van informatie uit voertuigen en uit de infrastructuur, die de verkeersveiligheid kunnen verhogen. Als voertuigen en de infrastructuur communiceren wordt de bestuurder beter geïnformeerd. Onderdeel van het project was het ontwikkelen van een open, flexibele en modulaire architectuur en communicatieplatform. Daarnaast werden technologieën ontwikkeld die nodig zijn voor de veiligheidssystemen, zoals nauwkeurige plaatsbepaling en kaartmateriaal. SAFESPOT ontwikkelde een aantal applicaties en testte de verkeersveiligheidseffecten ervan. Verder werd gekeken naar hoe dergelijke applicaties geïmplementeerd kunnen worden. Daarbij werd ook gekeken naar aansprakelijkheid, regulering en standaardisatie. Zie voor verdere informatie http://www.safespot-eu.org/
CVIS	CVIS (Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems) NL partners: Logica, Peek, Provincie Noord-Brabant, Rijkswaterstaat, Technolution, TNO, Vialis

Project	Omschrijving
	<p>Het Integrated Project CVIS (Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems) was een R&D project gericht op het ontwerpen, ontwikkelen en testen van de technologie die nodig is om voertuigen met elkaar en met de infrastructuur eromheen te laten communiceren. CVIS ontwikkelde een "multi-channel terminal" die in staat is continu een internetverbinding in stand te houden waarmee voertuigen van verschillende fabrikanten en verkeersmanagementsystemen met elkaar kunnen communiceren. Er werd gewerkt aan een open architectuur voor het verbinden van voertuigen en verkeersmanagement systemen en telematic services langs de weg, die eenvoudig geüpdatet kunnen worden en waar verschillende technologieën op geïmplementeerd kunnen worden. Ook werd er gewerkt aan plaatsbepaling en het maken van lokale dynamische kaarten, en aan protocollen waarmee voertuigen data konden delen en verifiëren met andere voertuigen of de infrastructuur, en met een service centrum langs de weg. Zie voor verdere informatie http://www.cvisproject.org/</p>
COOPERS	<p>COOPERS staat voor CO-OPERativeSystEms for Intelligent Road Safety. COOPERS richtte zich op de ontwikkeling van innovatieve telematicatoepassingen op de weginfrastructuur met als lange termijn doel coöperatief verkeersmanagement. Het doel was het verbeteren van de verkeersveiligheid door directe en actuele verkeersinformatiecommunicatie tussen de infrastructuur (een snelweg) en de voertuigen die er op rijden.</p> <p>Zie voor verdere informatie http://www.coopers-ip.eu/</p>
FREILOT	<p>NL partners: Peek, Van den Broek Logistics</p> <p>FREILOT is een lopend 7^e Kaderproject. Het FREILOT consortium wil met behulp van de toepassing van ITS (Intelligente Transport Systemen) services het energieverbruik van het vrachtverkeer in stedelijke gebieden verlagen. De FREILOT services richten zich op het reduceren van het brandstofgebruik voor het vrachtvervoer in stedelijke gebieden. Om dit te bereiken wordt een holistische benadering van verkeersmanagement, fleetmanagement, het voertuig en de bestuurder toegepast. Vier gekoppelde test sites moeten aantonen dat een brandstofreductie van 25% in stedelijke gebieden mogelijk is. Disseminatie in heel Europa is een belangrijk doel van het project, alsmede het betrekken van fleet operators, steden en andere belanghebbenden bij de FREILOT services.</p> <p>Zie voor verdere informatie http://www.freilot.eu</p>
eCoMove	<p>NL partners: DAF, Logica, Navteq, Peek, Technolution, TomTom, TNO, Vialis</p> <p>eCoMove is een 7e Kaderproject. Het is gebaseerd op het idee dat coöperatieve systemen kunnen helpen om mobiliteit schoner en zuiniger te maken, doordat de systemen inefficiënties weg kunnen nemen. Het idee is dat bij iedere verplaatsing door een willekeurige bestuurder in een willekeurig voertuig er brandstof bespaard kan worden, als men perfect de regels van Het nieuwe rijden ("eco-driving") zou opvolgen en verkeersoperators hun netwerk op een groene manier zouden managen. eCoMove richt zich op zowel personenvervoer als vrachvervoer en logistiek.</p> <p>eCoMove heeft als doel het ontwikkelen en valideren van een aantal applicaties die voor, tijdens en na een verplaatsing gebruikt kunnen worden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • "ecoSmartDriving", om bestuurders van personenautos zuiniger te laten rijden; • "ecoDriver Coaching System" en "in-vehicle Truck eCoNavigation" voor vrachtwagenbestuurders; • "cooperative ecoFleet Planning and Routing for environmental sound ecoFreight & Logistics"; • "ecoAdaptive Balancing & Control system" en "cooperative Fuel-efficient tMotorway

Project	Omschrijving
	<p>system" voor milieuvriendelijke verkeersmanagement & control.</p> <p>Helmond zal fungeren als één van de testsites in het project.</p> <p>Zie voor verdere informatie http://www.ecomove-project.eu.</p>
DRIVE C2X	<p>NL partners: TNO, Rijkswaterstaat (support partner)</p> <p>Het DRIVE C2X project (DRIVing implementation and Evaluation of C2X communication technology in Europe) zal een uitgebreide evaluatie (rijgedrag, doorstroming, veiligheid, milieu en maatschappelijke impacts) uitvoeren van coöperatieve systemen, door middel van veldtesten op verschillende plekken in Europa, waaronder Nederland. Het doel is een uniforme Europese testomgeving te creëren voor C2X technologieën (waarin voertuigen met hun omgeving communiceren). Het project moet zorgen voor meer bekendheid met coöperatieve systemen bij het publiek, en er voor zorgen dat realistische business modellen opgesteld kunnen worden voor brede implementatie. Het project bouwt voort op PRE-DRIVE C2X, waarin een geïntegreerde simulatieaanpak voor coöperatieve systemen ontwikkeld werd. Zie voor verdere informatie http://www.drive-c2x.eu/project</p>
SMART63-64-65	<p>NL partners: TNO</p> <p>In 2011 worden drie SMART-projecten uitgevoerd m.b.t. tot coöperatieve systemen, waarin de volgende vragen aan bod komen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Smart63: Hoe ziet de infrastructuur eruit in de toekomst zodat deze coöperatieve systemen te ondersteunt? - Smart64: Wat is nodig om tot grootschalige invoering van geautomatiseerd rijden te komen? - Smart65: Hoe worden toekomstige internetapps gebruikt in verkeer en vervoer? <p>Een introductie van de drie projecten is te vinden op: http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/2011/studies_ws/intro_3s_tudies.pdf</p>
COSMO	<p>Het COSMO project (COoperative system for Sustainable MObility and energy efficiency) is een pilot project waarin de baten van coöperatieve verkeersmanagementsystemen gedemonstreerd worden. Hoofddoel van de geteste systemen is vermindering van energiegebruik en fossiele brandstoffen. Er zijn test sites in Italië, Oostenrijk en Zweden. Het project resulteert onder andere in een set van (gekwantificeerde) specificaties voor praktische inzet van de systemen, daarbij kijken naar technische, juridische en organisatorische aspecten, aanwijzingen voor implementatie, exploitatie en onderhoud en business plannen voor de beschouwde systemen.</p> <p>Zie voor verdere informatie http://www.cosmo-project.eu/</p>
FOTsis	<p>FOTsis (European Field Operational Test on Safe, Intelligent and Sustainable Road Operation) is een project waarin op grote schaal wegkantssystemen worden getest die nodig zijn voor zeven coöperatieve services (V2V, V2I en I2I). Hun effectiviteit wordt beproefd en het potentieel voor brede implementatie op de Europese wegen wordt beoordeeld. Zie voor verdere informatie http://www.fotsis.com/</p>
FOT-Net (1 en 2)	<p>NL partners: Rijkswaterstaat, TNO, Connekt/ITS Netherlands, SWOV</p> <p>FOT-Net is een "support action", een project waarin de partners kennis verspreiden over hoe grootschalige veldtesten kunnen worden opgezet, gerund en geëvalueerd. Er is hiervoor een handboek geschreven (het FESTA Handbook [FESTA, 2011]), dat ook aanbevelingen voor gebruik bij proeven met coöperatieve systemen bevat. Ook is er een FOT-Net wiki. FOT-net organiseert seminars waarin ervaringen uitgewisseld worden.</p> <p>Zie voor verdere informatie http://www.fot-net.eu/</p>

Om succesvolle applicaties te ontwikkelen en in te voeren moet er sprake zijn van effectieve standaardisering, bijvoorbeeld van de formats die gebruikt worden om data uit te wisselen. In Europees verband wordt hier veel aandacht aan besteed. In CVIS, SAFESPOT en COOPERS is een open architectuur bepaald, waarvan ook eCoMove gebruik maakt.

Architecturen en standaardisering

De EU stimuleert de ontwikkeling en afstemming van internationale standaards. De publicatie "EU M453" [EC, 2009] geeft opdracht aan de standaardisatieorganisaties ETSI en CEN om gezamenlijk een minimumset van standaarden te ontwikkelen voor interoperabiliteit. Nederland neemt deel aan CEN TC 278 Werkgroep 16, die speciaal is opgericht voor coöperatieve systemen.

Het Car2Car Communication Consortium (een non-profit organisatie opgezet door Europese automobiefabrikanten, open voor toeleveranciers en andere onderzoeksorganisaties) promoot Europese standaards voor C2X communicatie. Verder is er CALM (een ISO activiteit). CALM en C2C-CC werken aan architecturen en protocollen. Voor coöperatieve systemen betekende de toezegging van bandbreedte voor communicatie grote stap vooruit. Maar er is nog wel overeenstemming nodig over communicatietechnologieën, procedures en services voor communicatie tussen voertuigen en de infrastructuur, en wat te doen als die uitvalt [eSafety Forum, 2010].

Bewustwording

De EC bevordert bewustwording bij eindgebruikers op het gebied van coöperatieve systemen door:

- disseminatie te bevorderen in projecten en via hun eigen websites;
- door FOTs en demonstraties te initiëren en te ondersteunen.

Regelgeving

Zoals al eerder vermeld, zal het ITS action plan vergezeld gaan van een richtlijn voor de invoering van ITS. Deze richtlijn is in juli 2010 goedgekeurd door het Europese Parlement. Met deze richtlijn moet de invoering van interoperabele ITS applicaties en services versneld en gecoördineerd worden, door de benodigde randvoorwaarden en mechanismen te creëren.

Werkgroepen en platforms

Er zijn diverse werkgroepen en platforms die zich met coöperatieve systemen bezighouden. De EC faciliteert dit o.a. door het ondersteunen van het iMobility Forum (voorheen het eSafety Forum, zie kader). Diverse van de iMobility werkgroepen beschouwen ook coöperatieve systemen (o.a. Communications, ICT for Clean and Efficient Mobility, Intelligent Infrastructure). Studies over effecten van ITS worden verzameld in de iMobility / eSafety Forum Effects database @ <http://www.esafety-effects-database.org/>.

Polis (zie <http://www.polis-online.org/>) is een netwerk van Europese steden. Polis ondersteunt en pleit voor innovaties in lokaal transport. Het gaat daarbij om milieu- en gezondheidsaspecten, mobiliteit en een efficiënte verkeersafwikkeling, de economische en sociale aspecten van transport en veiligheid. Polis zet zich ook in voor toepassingen van coöperatieve systemen in een stedelijke omgeving.

iMobility Forum

Het iMobility Platform (voorheen eSafety Forum) werd in 2003 door de Europese Commissie ingesteld, in nauwe samenwerking met de industrie, brancheorganisaties en stakeholders uit de publieke sector. Het was eerst een platform voor iedereen betrokken bij verkeersveiligheid, maar milieuaspecten werden steeds belangrijker, en daarom is de naam veranderd naar iMobility Forum. Het doel is om de ontwikkeling, de inzet en het gebruik van slimme systemen die veilig en milieuvriendelijk rijden ondersteunen te versnellen; een aantal werkgroepen doet daartoe aanbevelingen. Er zijn of waren werkgroepen actief op de volgende thema's:

- Accident Causation Analysis
- Communications
- Digital Maps
- Emergency Call (eCall)
- Heavy Duty Vehicles
- Human-Machine Interaction (HMI)
- ICT for Clean and Efficient Mobility
- Implementation Road Map
- Intelligent Infrastructure
- Intercontinental Cooperation
- Nomadic Device Forum
- Real-time Traffic and Travel Information (RTTI)
- Research and Development
- eSecurity
- Service-oriented Architectures
- User Outreach

Het iMobility Forum is de drijvende kracht achter de Europese inspanningen op het gebied van eSafety. Het werkt aan het verwijderen van knelpunten die ervoor zorgen dat intelligente voertuigsystemen de markt niet veroveren. Het Forum werkt aan consensusvorming tussen de deelnemers en aan beleidsadviezen aan de Europese Unie en de lidstaten.

Bron: http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/index_en.htm

3.2. Verenigde Staten

Het ITS Strategic Research Plan 2010-2014 (zie http://www.its.dot.gov/strategic_plan2010_2014) heeft als ondertitel "Transforming Transportation Through Connectivity". Dit geeft al aan dat coöperatieve systemen daarin een rol spelen. De vier hoofdcomponenten van het ITS Strategic Research Plan zijn:

1. Connected Vehicle research (zie kader);
2. Short-term intermodal research (vervoerwijze specifiek onderzoek);
3. Cross-cutting research (ITS horizontale acties, o.a. standaarden en architectuur);

4. Exploratory research (verkennd onderzoek, met een Connected Vehicle Technology challenge).

Daarnaast is er aandacht voor:

- human factors onderzoek;
- systems engineering (wat moet resulteren in een document waarin de architectuur, interfaces en requirements van een systeem beschreven staan);
- certificering;
- testomgevingen.

De ITS Joint Program Office biedt ook informatie over afgeronde projecten, onder het kopje "ITS Research Success stories", zie http://www.its.dot.gov/res_successes.htm. Hier is onder andere informatie te vinden over het Cooperative Intersection Collision Avoidance Systems (CICAS) initiatief (zie <http://www.its.dot.gov/cicas/>). Verder is er de RITA ITS Benefits database [RITA].

Connected Vehicle Research

Bij Connected Vehicle Research gaat het om de ontwikkeling en invoering van een volledig verbonden vervoersysteem, dat innovatieve, multimodale applicaties gebruikt, waarvoor een robuust technologisch platform nodig is. Dit platform bestaat uit goed uitgewerkte technologieën, interfaces, en processen die samen ervoor zorgen dat het systeem veilig, stabiel, interoperabel en betrouwbaar functioneert. Het onderzoek richt zich op de volgende gebieden:

- Connected Vehicle Technology
- Connected Vehicle Applications
- Connected Vehicle Technology Policy and Institutional Issues
- Use of Dedicated Short Range Communications

Een vervoersysteem waarin alles verbonden is met elkaar wordt ontwikkeld door gecoördineerd onderzoek, het uitvoeren van tests en demonstratie, implementatie en disseminatie. Federale fondsen gaan richting onderzoeksgebieden die waarschijnlijk niet door private partijen opgepakt worden omdat ze te riskant of te complex zijn. Andere partijen zoals de staten, de automotive industrie en hun toeleveranciers, en consumentenelektronica bedrijven onderzoeken ook Connected Vehicle technologieën en applicaties. Het Connected Vehicle onderzoek valt onder het Intelligent Transportation Systems (ITS) Joint Programs Office (JPO) bij de Research and Innovative Technology Administration (RITA) van het Department of Transport. Het onderzoek naar voertuigapplicaties richt zich op:

- veiligheid: V2V en V2I communicatie
- bereikbaarheid: Real-Time Data Capture and Management en Dynamic Mobility Applications
- milieu: Applications for the Environment: Real-Time Information Synthesis (AERIS)

Bron: http://www.its.dot.gov/connected_vehicle/connected_vehicle.htm

3.3. Japan

Japan beschouwt ITS als de sleutel voor een "IT nation", en dus wordt ITS sterk gepromoot. Coördinatie van de inspanningen van de overheid en de private sector vindt plaats door de Highway Industry Development Organization (HIDO). HIDO overziet de nieuwe ontwikkelingen en ondersteunt nieuwe industrieën. In mei 2010 werd de "New IT Strategy" gepubliceerd. Daarin zijn kortetermijndoelen (tot en met 2013) en langetermijndoelen (tot en met 2020) beschreven. Japan promoot ITS voor verschillende beleidsdoelen: veiligheid, verminderen congestie, verbeterde logistieke efficiëntie en het verminderen van de CO₂ emissies.

In september 2010 startte de Japanse overhead task forces voor de onderwerpen e-Government en ITS. De ITS task force onderzoekt beleid met betrekking tot "Green ITS" en "Cooperative Safety Support Systems". Dit wordt aangestuurd door de betrokken ministeries en onderzoekers werkzaam op het gebied van verkeer en ICT (daaronder ook de voorzitter van ITS Japan). De planning is in 2011 een road map op te leveren. Onderdeel van de road map is (voor coöperatieve systemen) onder andere internationale afstemming en scenario's voor systeemontwikkeling en invoering. Het gaat vooral om veiligheidssystemen in (woon)gebieden voor kwetsbare verkeersdeelnemers, op kruisingen en op straat.

Er wordt al veel langer in diverse programma's aan de ontwikkeling coöperatieve systemen gewerkt. In het Smartway project, gestart in 2004, zijn diverse systemen ontwikkeld en getest. De volgende fase betreft het door publieke en private partijen werken aan het breed geïmplementeerd te krijgen van de systemen. Met de Smartway systemen wordt beoogd verkeer efficiënter, veiliger en schoner te krijgen. De Smartway "fundamental services" zijn:

- Vehicular information transmission (probes, facility entry/exit management);
- Fee payment (multi-purpose payments, ETC);
- Information provision (internet);
- Information and warnings (driving support information, VICS, warnings and vehicle control, provision of safety information, vehicle controls, automated driving);
- Others (pedestrian support, applications for inter-vehicle communication, applications using wired communications).

Momenteel is het "Energy ITS" project gaande, waarin o.a. gewerkt wordt aan platooning (voor vrachtwagens) [Tsugawa& Kato, 2010]. En er worden ITS spots geïmplementeerd. Het Ministerie van Land, Infrastructuur, Transport en Toerisme installeert daartoe wegkantsystemen op zo'n 1600 locaties, voornamelijk op expreswegen. Automobielfabrikanten maken en marketen de in-car systemen die de services die de ITS spots bieden kunnen gebruiken (zie ook <http://wiki.fot-net.eu/index.php?title=Smartway>).

Japan is vrij ver met de introductie van on-board units. In Japan is elektronische tolheffing (ETC, met V2I communicatie) al ver doorgevoerd; een groot deel van de voertuigen is uitgerust met ETC: Tsugawa & Kato [2010] rapporteren dat het aantal ETC units in de markt op ongeveer 39 miljoen

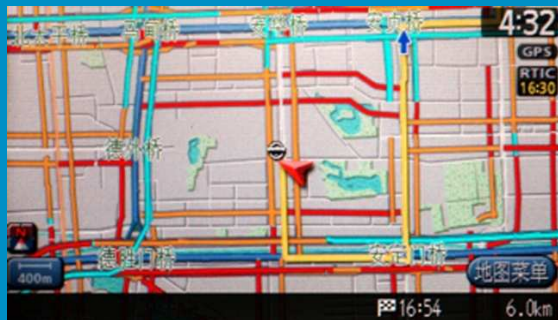
ligt en dat het gemiddelde gebruik op 80% ligt; er is geen sprake meer van congestie bij tolpoorten. Men blijft ETC promoten om het gebruik nog verder te brengen. Het aantal VICS units (Vehicle Information and Communications System – gebruikt voor dynamische navigatie met congestie-informatie) lag in 2010 op 27 miljoen (Tsugawa & Kato, 2010]. De ontwikkeling en productie van on-board units wordt gepromoot door de overheid en private partijen. Er zijn onderzoekscomités die besluiten nemen over standaards en specificaties. Daarnaast wordt gewerkt aan een platform voor het verwerken van data afkomstig uit allerlei bronnen (FCD, locatiegegevens bussen, gegevens over parkeerterreinen, rampeninformatie, etc.). En er wordt nagedacht over welke applicaties verder mogelijk zijn (zo biedt ETC ook mogelijkheden voor betaald parkeren).

3.4. Andere landen

In diverse andere landen lopen (onderzoeks(projecten) naar coöperatieve systemen. In Korea zijn er programma's als "Connected Car, Seamless Service" en "Smart Highway". In China loopt het Star Wings project (zie kader en http://wiki.fot-net.eu/index.php?title=FOT_Catalogue).

Star Wings

Star Wings betreft een slim routenavigatiesysteem, waarmee de gebruiker files kan vermijden door de kortste route te laten berekenen op basis van real time probe data van een zeer groot aantal taxi's in Beijing. De eerste commerciële applicatie is inmiddels op de markt.



Het is de bedoeling samen met marktpartners het systeem verder te ontwikkelen, en het ook aan te gaan bieden voor andere steden in China. Ook wordt gedacht aan een draagbaar apparaat. Binnen het project werden ook simulaties uitgevoerd waarin gekeken werd hoe verkeersstromen beïnvloed worden door het systeem. Daarbij werd informatie over het gedrag van bestuurders en real-time informatie over het verkeer in Beijing gebruikt. Uit de simulaties kwam dat met een gebruik door 30% van de voertuigen de gemiddelde reistijd voor forenzen tot 16% zou kunnen afnemen. Ook een reductie van de CO₂-uitstoot zou dan mogelijk zijn.

Bron: <http://www.automobilesreview.com/auto-news/star-wings-offered-nissan-teana-beijing/3222/>

3.5. Samenwerking

De wereld van coöperatieve systemen is een zeer internationale. Europa, de VS en Japan zoeken toenadering tot elkaar. De EU en de VS hebben een task force opgericht, dat tot doel heeft toe te werken naar internationale standaards en gezamenlijk onderzoek op het gebied van coöperatieve applicaties. Daarnaast wordt gewerkt aan een gemeenschappelijke methodologie voor evaluaties van coöperatieve systemen en de uitwisseling van FOT data. Het doel is beter te begrijpen wat beide partijen nodig hebben, en welke onderzoeksprogramma's er lopen. De resultaten kunnen gedeeld worden, er kan in projecten samengewerkt worden en de implementatie van resultaten kan gefaciliteerd worden. Getracht wordt uiteraard ook te voorkomen dat op diverse plekken in de wereld hetzelfde onderzoek plaats vindt. Specifiek op het gebied van coöperatieve systemen en (CO₂-)emissies is er samenwerking tussen de EU, METI (het Japanse Ministerie van Economie, Handel en Industrie) en de VS (US Department of Transport). Voor meer informatie hierover zie http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/intlcoop/index_en.htm. Verder zijn er samenwerkingsverbanden tussen Rijkswaterstaat en het California Department of Transport (Caltrans), en tussen TNO en California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH).

4. Wat hebben we er aan?

De voordelen van coöperatieve systemen zijn in voorgaande paragrafen al kort aangestipt. Deze paragraaf licht de (verwachte dan wel al waargenomen) voordelen verder toe.

Met coöperatieve systemen kan veel meer informatie over de staat van het wegennetwerk waargenomen worden

- Er is informatie beschikbaar uit een veel groter gebied dan wel van meer wegen (o.a. door Floating Car Data);
- Er is informatie beschikbaar over een situatie verderop die je als bestuurder nog niet kan zien (“extended driver horizon enabling foresighted driving”);
- Er is informatie beschikbaar over meer onderwerpen (bijvoorbeeld ook over weersomstandigheden o.b.v. sensoren in voertuigen).

Met coöperatieve systemen kan advies aan de bestuurder beter op de specifieke wensen en behoeften van bestuurders afgestemd worden

- Informatie kan, 24/7, meer toegespitst gegeven worden aan bepaalde doelgroepen of in een bepaalde situatie (want kan (in-car) aangeboden worden aan een specifieke bestuurder). Meer toegespitste adviezen worden beter geaccepteerd en opgevolgd.

Met coöperatieve systemen kan het hele verkeers- en vervoersysteem beter functioneren

- Er kan een balans gezocht worden van zelforganisatie vs. van boven opleggen of van systeemoptimum vs. gebruikersoptimum.
- V2V communicatie wordt door “de markt” vaak beschouwd als kansrijk, dus wordt er flink in geïnvesteerd.
- Maar ook V2I communicatie, dus ook communicatie met de wegwijkant, kan heel nuttig zijn. Het lijkt dat op basis van alleen V2V communicatie individuele bestuurders de situatie niet voor zichzelf kunnen optimaliseren. Als de wegwijkant betrokken wordt en applicaties ontwikkeld worden die zover als geaccepteerd wordt richting een systeemoptimum optimaliseren, zijn uiteindelijk de weggebruikers erbij gebaat. Zelforganisatie werkt maar tot op zekere hoogte in drukke netwerken (en die heeft Nederland). Stelling: voor intelligente voertuigen heb je intelligente wegen nodig.

Tabel 2 laat voor enkele coöperatieve systemen zien wat zij (op het niveau van de EU) naar verwachting bij kunnen dragen aan het bereiken van beleidsdoelen op het gebied van CO₂. De achterliggende veranderingen in de verkeersafwikkeling zijn divers: van het verminderen van het aantal gereden kilometers tot het verminderen van het aantal voertuigen dat moet stoppen voor een rood licht.

Tabel 2: Potentiële effecten van enkele coöperatieve systemen [Klunder et al., 2009]

System	Potential CO ₂ effect EU27	Ease of implementation	Compliance issue	Expected future use
Eco-driver Coaching	15%	Medium	Medium	Large
Eco-driver Assistance	10%	Easy	Medium/Hard	Large
Platooning	6%	Very hard	Hard	Small
Dynamic traffic light synchronization	2%	Medium	No issue	Large
Slot Management	0.05%	Hard	No issue	Small

De inschattingen uit [Klunder et al., 2009] zijn gebaseerd op de beschikbare literatuur. Er is zoveel mogelijk uitgegaan van gemeten data, maar omdat coöperatieve systemen nog niet in grote getale op de weg te vinden zijn, is er nog weinig bewijs van de impact van deze systemen. Er zijn wel simulaties en schattingen uitgevoerd, maar nog geen grootschalige veldproeven. Hieronder volgt een overzicht van de effectinschattingen van enkele systemen die op die manier geëvalueerd zijn.

Coöperatieve Adaptive Cruise Control (C-ACC)

Er zijn diverse bronnen te vinden over de effecten van ACC (op doorstroming, veiligheid en milieu). ACC kan een gunstige invloed hebben op alle drie [Arem et al., 2007][Klunder et al., 2009], zie verder ook de RITA ITS Benefits database [RITA]. Coöperatieve ACC (C-ACC) is nog niet commercieel beschikbaar maar wordt wel (ook in Nederland) in diverse vormen uitgetoet. Zie bijvoorbeeld de HTAS-project (eerder in dit hoofdstuk beschreven). Met C-ACC kan beter geanticipeerd worden op filevorming waardoor files uitgesteld of zelfs voorkomen kunnen worden. Met de Congestieassistent (een vorm van C-ACC) neemt (bij een file door een versmalling van 4 naar 3 rijstroken) bij een penetratiegraad van 10% de totale verliestijd in de file af met 30%. Als 50% van de voertuigen is uitgerust loopt dit op tot 60% [Arem et al., 2002, 2008]. [Horst, van der & Klunder, 2009] beschrijven in het TRANSUMO Intelligent Vehicles eindrapport dat ACC (zelfs bij grotere volgafstand dan bestuurders doorgaans zelf hanteren) de voertuigverliesuren kan doen afnemen met 45% en de capaciteit kan laten toenemen met 7%. Zonder files wordt dit resultaat al gehaald bij een 10% ACC-penetratiegraad. Met gemeten data van de Rij-assistent en met behulp van simulaties zijn ook gedetailleerde emissie-effecten bepaald. Dit liet o.a. zien dat wanneer alle voertuigen ACC gebruiken, een CO₂ reductie van zo'n 10-12% haalbaar is. [Horst, van der & Klunder, 2009]. [Arem et al., 2007] rapporteert een afname van de vertragingen bij een bottleneck (van 3 naar 2 rijstroken) van ruim 35% bij een penetratiegraad van 100% (ruim 15% als 50% van de voertuigen is uitgerust). Met C-ACC werd een aanzienlijk beter resultaat bereikt dan met alleen ACC.

Coöperatieve eco-driving coaching:

In [Klunder et al., 2009] wordt eco-driving coaching genoemd als meest veelbelovende maatregel om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, met een mogelijke reductie (als iedereen er gebruik van maakt) van 15%. Het eCoMove project gaat er van uit dat als een dergelijke applicatie aangevuld wordt met trip planning en verkeersmanagement en -control er een reductie van 20%

mogelijk is. De eCoMove applicaties zullen er ook op gericht zijn de doorstroming te bevorderen. Er wordt van uitgegaan dat eco-driving applicaties, evenals verkeersmanagement, ook goed zijn voor de veiligheid (doordat congestie, hoge snelheden en dynamiek voorkomen worden).

Platooning/autonomous driving

Bij platooning (waarvoor voor de volgers autonomous driving en V2V communicatie nodig is) vormen voertuigen een treintje waardoor de voertuigen efficiënter kunnen rijden, zowel qua ruimte- als qua brandstofgebruik. In [Klunder et al., 2009] wordt een potentieel effect op CO₂-emissies genoemd van 6%. Binnen het Energy ITS project worden in Japan tests met platoons uitgevoerd (op een test track). [Tsugawa& Kato, 2010] noemen een reductie van het brandstofgebruik van 15%, voor een platoon van 3 trucks, rijdend met 80 km/u en een onderlinge afstand van 4 meter.

In-car dataverzameling gekoppeld aan data van infrastructuurgebonden sensoren

Hoewel dataverzameling geen bestuurdersondersteunend systeem is worden er wel grote effecten verwacht van betere informatie over de verkeersstromen en -afwikkeling (middels Floating Car Data en andere sensoren).

Coöperatieve veiligheidssystemen

Veiligheidssystemen als intersection safety of wireless local danger warning hebben vooral op veiligheid effect. Het eIMPACT-project becijferde dat in 2020 Wireless Local Danger Warning 66 doden zou kunnen voorkomen en Intersection Safety 7 doden. Maar, bij volledige invoering (in de wat verdere toekomst) zouden de systemen 5% respectievelijk 4% van de dodelijke slachtoffers kunnen voorkomen. eCall zou overigens in 2020 al 728 doden kunnen schelen (maar een deel hiervan verschuift naar de categorie zwaar gewonden) [Wilmink et al, 2008].

Voor verdere informatie over de effecten van coöperatieve systemen zie de USDOT/RITA costs & benefits database die een overzicht geeft van applicaties waar het federale ITS programma op gericht is: <http://www.itsoverview.its.dot.gov/>. In meerdere studies (o.a. [Malone et al., 2008], [Klunder et al., 2009] wordt opgemerkt dat er geen maatregelen zijn die er echt uitspringen (wellicht met uitzondering van eco-driving coaching, als het gaat om de effecten op emissies). Om een substantieel effect te bereiken dient ingezet te worden op een breed scala aan maatregelen, die veelal onafhankelijk van elkaar effect hebben.

5. Waar gaan we naar toe?

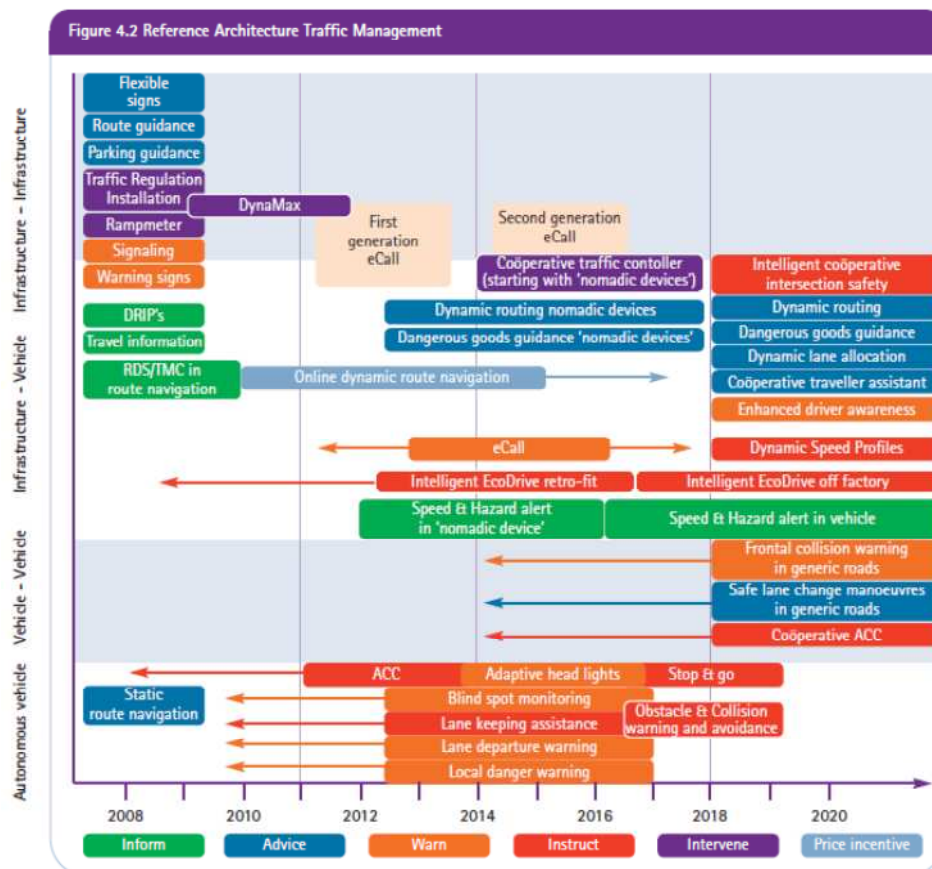
De invoering van coöperatieve systemen heeft gevolgen voor de "taakverdeling" tussen systemen in het voertuig en systemen langs de wegwijk. Om voertuigen intelligent te maken, is ook intelligentie aan de infrastructuurkant nodig. Nederland is erg geïnteresseerd in het benutten van de mogelijkheden die coöperatieve systemen bieden, we sorteren duidelijk voor op een toekomst met coöperatieve systemen. Weliswaar heeft Nederland in vergelijking met andere landen weinig voertuigfabrikanten (wat de mogelijkheden om aan de voertuigkant invloed uit te oefenen beperkt), maar de al aanwezige (wegkant)systemen en verkeerscentrales vormen een goed startpunt voor coöperatieve systemen waarmee het dichte en drukbereden wegennet gemanaged kan worden. En juist omdat Nederland weinig voertuigfabrikanten heeft, kan een onafhankelijke houding ten opzichte van voertuigfabrikanten ingenomen worden, wat ook voordelen heeft.

Er zijn momenteel veel ontwikkelingen gaande en applicaties worden inmiddels ook op de weg (en niet meer alleen in een laboratoriumomgeving) uitgetest. De verwachting is dat de ontwikkelingen doorgezet worden. De grote vraag is alleen wanneer coöperatieve systemen grootschalig aanwezig op de weg zullen zijn. Tot nu toe was men te optimistisch; de implementatie gaat trager dan gehoopt. Op dit moment is de verwachting op grond van de DAWEG roadmap (zie figuur 5) dat coöperatieve systemen in 2020 een hoge penetratiegraad hebben bereikt (>70%). Het is echter onzeker hoe de ontwikkeling zal gaan. Dat kan geleidelijk of met sprongen. Dit kan weer variëren per systeem en hangt af van onder meer de conjunctuur. De vraag is op welk moment overheden moeten instappen: niet te vroeg in verband met kosten en risico's, maar ook niet te laat. Momenteel wordt bekeken hoe coöperatieve systemen gefaciliteerd kunnen worden in de nieuwe generatie universele wegwijkssystemen. Voor de markt geldt eenzelfde afweging op grond van hun business modellen. De vraag is ook wat er nu moet gebeuren om over een aantal jaren effectieve coöperatieve systemen operationeel te hebben. Een grote proef als in Amsterdam (Praktijkproef Amsterdam, met een in-car component) helpt om het inzicht te vergroten in wat effectieve manieren van coöperatie zijn, zowel verkeerskundig als organisatorisch, juridisch en technisch. Ook andere field operational tests (in Europa, de VS, en Azië) zullen het inzicht verhogen.

Het is duidelijk dat coöperatieve systemen er alleen op grote schaal zullen komen als consumenten, autofabrikanten, toeleveranciers, service providers, wegbeheerders (als gebruiker en als faciliterende partij) en autodealers ze willen. Samenwerking is cruciaal, en er dient de nodige aandacht te zijn voor de rollen die de verschillende (publieke en private) stakeholders hebben. De verschillende stakeholders, met misschien heel verschillende belangen, zullen hun belangen moeten harmoniseren.

De markt en de overheid in Nederland zijn inmiddels al in beraad. Ze delen een toekomstbeeld waarin coöperatieve systemen duidelijk een rol hebben. Alle partijen zien kansen; coöperatieve systemen zijn No Regret maatregelen. Nu moet bekeken worden hoe coöperatieve systemen vormgegeven dienen te worden: welke systemen, hoe ze te testen, hoe ontwikkeling, invoering en onderhoud organiseren? Het formuleren van succesvolle business cases is een enorme uitdaging.

Applicaties die V2V communicatie gebruiken zullen naar verwachting vooral door de markt ontwikkeld worden, terwijl de overheid meer belang heeft bij V2I applicaties. Voor beide partijen geldt de vraag: wie betaalt, voor wie zijn de baten? Voor de overheid zijn er verder vragen als: in welke apparatuur moeten we investeren? Welke bestaande apparatuur moet wel of niet vervangen worden, en waarmee? Er wordt momenteel gewerkt aan een nieuw universeel wegkantstation, waarbij rekening wordt gehouden met de ontwikkelingen in coöperatieve systemen.



Figuur 5: Roadmap ITS (Bron: Domeinarchitectuur Weg/ITS in the Netherlands)

In ieder geval dienen keuzes gemaakt te worden, om de kans dat een systeem geïmplementeerd wordt te vergroten. Het blijkt immers dat de verkeers- en vervoerwereld goed is in proeven en FOTs, maar niet zo goed in het breed implementeren van innovaties. Het is dus aan te bevelen alle energie te stoppen in een aantal voor Nederland interessante applicaties. De aanwezigheid van een permanente test site kan helpen. Een aantal partijen heeft het initiatief genomen tot een proeftuingebied in Zuidoost Brabant (o.a. Helmond): de Dutch Integrated Testsite Cooperative Mobility (DITCM), een open ontwikkelomgeving die innovaties moet versnellen en goedkoper maken (zie het volgende bericht op de TNO-website:

http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=nieuwsbericht&laag1=37&laag2=2&item_id=2011-05-09%2015:29:46.0&Taal=1).

Er zullen nog wel diverse applicaties ontwikkeld moeten worden die informatie uit allerlei bronnen combineren en vertalen tot adviezen die aan bestuurders en verkeerscentrales gecommuniceerd kunnen worden.

Er zijn nog diverse andere aandachtspunten, soms regelrechte knelpunten. Een overzicht van aandachts- dan wel knelpunten voor realisatie zijn (zie Tabel 3 [ICT Innovatie Platform, ongedateerd]):

Tabel 3: Knelpunten voor realisatie van ITS / coöperatieve systemen

<p>Technisch</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebrek aan keuzes voor open en breed geaccepteerde ITS architecturen • Gebrek aan standaardisatie en interoperabiliteit • Gebrek aan alomtegenwoordige, goedkope, betrouwbare communicatie-infrastructuur • Gebrekkige kwaliteit en actualiteit van de informatie 	<p>Organisatorisch</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verticale ketens • Eigendom en gebruikersrechten van gegevens • Security en privacy • Aansprakelijkheid • Vertaling van internationale ontwikkeling naar de Nederlandse situatie
<p>Gebruiker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Onzekerheid over de reactie van en acceptatie door gebruikers • Systemen zijn teveel ontwikkeld vanuit nut en noodzaak, te weinig vanuit gebruikersbeleving • Beïnvloedbaarheid van gedrag • Gebruiker-systeeminteractie 	<p>Opschaling</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organisatie-, rollen- en businessmodellen • Technische complexiteit en beheersbaarheid • Onzekerheid over bijdrage beleidsdoelen • Onduidelijkheid over gewenste rol overheid

Het ICT Innovatie Platform ziet de volgende hoofdthema's voor onderzoek [ICT Innovatie Platform, ongedateerd]:

- Architectuurontwikkeling;
- Communicatienetwerken;
- Gebruikersoriëntatie en context awareness;
- Behoeftte aan testfaciliteiten.

Het is belangrijk dat Nederland aanhaakt bij wat er in Europa gebeurt, bijvoorbeeld qua standaards en platforms. Daarnaast is het voor de overheid en private partijen belangrijk om keuzes te maken met betrekking tot waar ze hun energie op gaan richten en wat ze tot hun taken rekenen. Sommige applicaties en systemen vergen inspanningen van bijvoorbeeld wegbeheerders, andere kunnen heel goed ontwikkeld worden door alleen private partijen. Zie hoofdstuk 4 van [Traduvem, 2010] voor enkele opmerkingen met betrekking tot de benodigde samenwerking tussen stakeholders. Services waarvoor in Nederland breed draagvlak voor is zijn bijvoorbeeld een systeem dat dynamische snelheidslimieten of andere informatie op borden (ook) in het voertuig presenteert, het gebruik van floatingcar (vehicle) data, en coöperatieve groene golven, local hazard warning en intersection safety.

Enkele laatste opmerkingen over coöperatieve systemen:

- Bij de evaluatie van coöperatieve systemen speelt dat veel stakeholders betrokken zijn, en het van belang is mee te nemen in de evaluatie wie betaalt en wie profiteert.
- Coöperatieve systemen zijn ook interessant vanuit beheersdoelen. Ze kunnen bijvoorbeeld ingezet worden voor de detectie van gaten in het wegdek. In het algemeen kunnen voertuigen als sensor gebruikt worden; data uit de voertuigen kan dan gecombineerd worden met gegevens van wegkantstations.

Literatuur

Arem, B. van (2007), "Cooperative vehicle-infrastructure systems: an intelligent way forward?", Delft, TNO report 2007-D-R0158/B, 20 maart 2007 beschikbaar @ <http://www.tno.nl/downloads/073401-N09%20SUMMITS%20vision%20Final%20draft2.pdf>.

Arem, B. van, H. Driever, P. Feenstra, J. Ploeg, G. Klunder, I. Wilmink, A. Zoutendijk, Z. Papp, B. Netten (2007), "Design and evaluation of an Integrated Full-Range Speed Assistant", TNO Report 2007-D-R0280/B, beschikbaar @ <http://www.tno.nl/downloads/073401-N013%20IRSA%20Final%20def%20report%20DZ-%20rapnr%202007-D-R0280-B.pdf>.

Arem, B. van (2007), "Cooperative vehicle-infrastructure systems: an intelligent way forward?", Delft, TNO report 2007-D-R0158/B, 20 maart 2007.

Arem, B. van, H. Driever, P. Feenstra, J. Ploeg, G. Klunder, I. Wilmink, A. Zoutendijk, Z. Papp, B. Netten (2007), Design and evaluation of an Integrated Full-Range Speed Assistant, TNO Report 2007-D-R0280/B, beschikbaar @ http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=nieuwsbericht&laag1=37&laag2=2&item_id=2007-01-31%2016:35:56.0

Benz, T., M. Andre, P. Boulter, J. Castermans, H. Driever, M. de Kievit, N. El Faouzi, A. Spence, S. Turksma & T. Voge (2011), "Inception report and state-of-the-art review", ECOSTAND deliverable 2.1, grant agreement no.: 270332, to be published.

Business Improvement & TNO (2008), "Studiereis DVM Japan 2008", februari 2009.

Connekt (2011), "ITS in the Netherlands", in opdracht van Ministerie Infrastructuur & Milieu, 2011.

Driessen, D., J. Hogema, I. Wilmink, J. Ploeg, Z. Papp & P. Feenstra (2007), "The SUMMITS Tool Suite: supporting the development and evaluation of cooperative vehicle-infrastructure systems in a Multi-Aspect Assessment approach", Delft, TNO memorandum 073401-N017, 21 maart 2007, beschikbaar @ http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=nieuwsbericht&laag1=37&laag2=2&item_id=2007-01-31%2016:35:56.0

EC (2011a), "Intelligent Transport Systems in action – Action Plan and Legal Framework for the deployment of Intelligent Transport Systems (ITS) in Europe", European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2011, beschikbaar @ http://ec.europa.eu/transport/its/road/action_plan/action_plan_en.htm.

EC (2011b), "WITBOEK: Stappenplan voor een interne Europese vervoersruimte – werken aan een concurrerenden zuinig vervoerssysteem", Brussel, Europese Commissie, 28 maart 2011.

EC (2009), "Standardisation mandate addressed to CEN, CENELEC and ETSI in the field of information and communication technologies to support the interoperability of co-operative systems for intelligent transport in the European Community", Europese Commissie, Enterprise and Industry Directorate-General, Brussel, 6 oktober 2009

EC (2008), "Voorstel voor een Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad tot vaststelling van het kader voor het toepassen van intelligente vervoerssystemen op het gebied van wegvervoer en voor interfaces met andere vervoerswijzen", Brussel, COM(2008) 887 definitief, 2008/0263 (COD) 16 december 2008, beschikbaar @ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0887:FIN:NL:PDF>

eSafetyForum (2010, "Strategic research agenda ICT for Intelligent Mobility", update 2010, Working group RTD, 2010, beschikbaar @ <http://www.icarsupport.eu/esafety-forum/esafety-working-groups/research-and-innovation/>

FESTA & FOT-Net (2011), "FESTA Handbook – Version 4", 30 september 2011, beschikbaar @ http://www.fot-net.eu/download/festa_handbook_rev4.pdf.

Grontmij (2009), "Domeinarchitectuur Wegverkeersmanagement – Omslagpunten in VM-projecten", Grontmij i.o.v. Rijkswaterstaat, 8 september 2009.

High Tech Automotive Systems (2009), "HTAS Visie op Mobiliteit – Innovaties voor een betere doorstroming op de snelweg", 15 februari 2009.

Hoogendoorn, S., M. Westerman, R. Landman & M. Hecker (2010), "Scenario's voor de ontwikkeling van instrumenten en activiteiten op het terrein van verkeersinformatie en verkeersmanagement", Delft, TU Delft, MARCEL & Berenschot, 10 februari 2010.

ICT Innovatie Platform, Mobiliteit als ICT-systeem, Strategic Research Agenda, beschikbaar @ http://www.ictregie.nl/2011/08i-NROI-198%20090227%20SRA%20MAIS-CONNEKT-ICT_BW.pdf

Klunder, G.A., K. Malone, J. Mak, I.R. Wilmink, A. Schirokoff, N. Sihvola, C. Holmén, A. Berger, R. de Lange, W. Roeterdink, & E. Kosmatopoulos (2009), "Impact of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency in Road Transport", Final Report, Delft, TNO, augustus 2009, TNO report TNO-034-2009-02223A, beschikbaar @ http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/studies/energy/energy_eff_study_final.pdf.

Malone, K., Wilmink, I., Noecker, G., Roßbrucker, K., Galbas, R. and Alkim, T. (2008), "Final Report and Integration of Results and Perspectives for market introduction of IVSS", Deliverable D9 & D10 of the eIMPACT project, contract no. 027421, augustus 2008.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008), "Beleidskader Benutten", 4 januari 2008.

NM Magazine (2009), "Coöperatieve systemen", Speciale uitgave NM magazine, 4^e jaargang, nr 1, april 2009.

RITA ITS Benefits database, beschikbaar @

<http://www.itsbenefits.its.dot.gov/its/benecost.nsf/BenefitsHome>

Technolution (2009), "Domeinarchitectuur Wegverkeersmanagement - Timesliced toekomstbeelden", Technolution i.o.v. Rijkswaterstaat, 10 februari 2009.

Traduvem (2010), Transitie naar duurzaam verkeersmanagement, TRANSUMO project VM.05.034, 19 januari 2010, beschikbaar @

<http://www.transumofootprint.nl/Documentbibliotheek/04%20Extra/Meer%20Verkeersmanagement/TraDuVem%20Whitepaper%202010%2004%2015.pdf>

TrafficQuest (2011), "De toekomst van verkeersmanagement - Stand van Zaken, ontwikkeling en perspectief", Delft, TrafficQuest, mei 2011, beschikbaar @ <http://www.trafficquest.nl/images/stories/documents/toekomst%20van%20verkeersmanagement%20-%20rapport.pdf>

Tsugawa, S. & S. Kato, "Energy ITS: Another application of vehicular Communications", in: IEEE Communications Magazine, november 2010.

Wilmink, I., W. Janssen, E. Jonkers, K. Malone, M. van Noort, G. Klunder, P. Rämä, N. Sihvola, R. Kulmala, A. Schirokoff, G. Lind, T. Benz, H. Peters & S. Schönebeck (2008), "Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety systems", Deliverable 4 of the eIMPACT project, EU 6th Framework Programme, contract no. 027421, augustus 2008.

Wilmink, I., B. Immers & H. Schuurman (2011), "Toepassingsmogelijkheden van coöperatieve systemen en services in Nederland", Paper gepresenteerd op het Nationaal Verkeerskundecongres, Nieuwegein, 2 november 2011.