

Toepassingsmogelijkheden van coöperatieve systemen en services in Nederland

Isabel Wilmink

(TrafficQuest en TNO, isabel.wilmink@tno.nl)

Ben Immers

(TrafficQuest en TRAIL, ben.immers@gmail.com)

Henk Schuurman

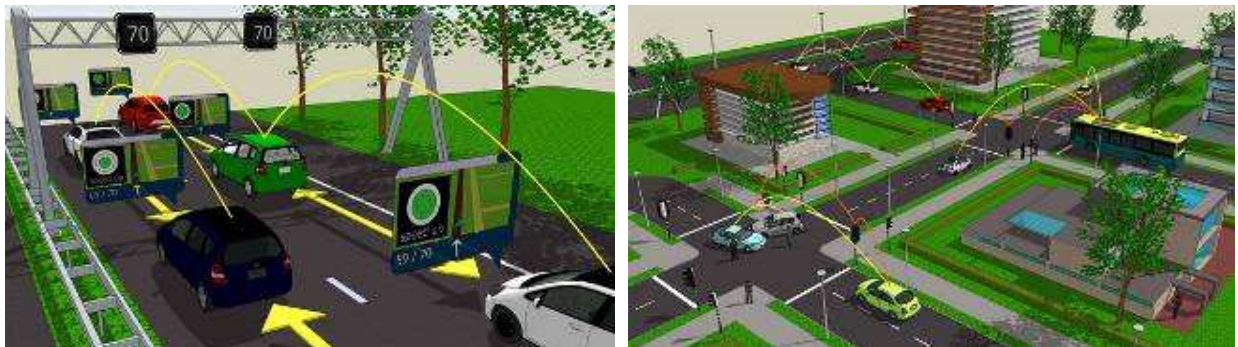
(TrafficQuest en Rijkswaterstaat-DVS, henk.schuurman@rws.nl)

1. Inleiding

Achtergrond

Van coöperatieve systemen (voertuig-voertuig, voertuig-infrastructuur, etc.) wordt veel verwacht, maar er wordt ook van verwacht dat ze pas over vele jaren echt op de weg gaan verschijnen. Dat is jammer (en niet geheel terecht, want hoewel op zeer kleine schaal zijn ze in Helmond bijvoorbeeld al in gebruik [FREILOT, 2009]), want daardoor denkt nog lang niet iedereen na over wat coöperatieve systemen in de Nederlandse situatie kunnen betekenen voor doorstroming, veiligheid en milieu. En wat er moet gebeuren om voor ons interessante systemen en services breed geïmplementeerd te krijgen.

Waarom bieden coöperatieve systemen nu zoveel perspectief? Dit komt door de mogelijkheid tot communicatie tussen de verschillende elementen van het verkeerssysteem (zie figuur 1) – de systemen (vergeleken met stand-alone systemen in voertuigen en infrastructuurgebonden systemen) kunnen daardoor intelligenter en op basis van meer dan wel actuelere informatie functioneren. Bij het gebruik van coöperatieve systemen is er in zekere zin sprake van samenwerking, of van onderhandelen tussen voertuigen onderling (“V2V communicatie”) of tussen voertuigen en de infrastructuur (“V2I communicatie”) en/of een verkeerscentrale of back-office. Daarnaast is afstemming tussen infrastructuurgebonden systemen mogelijk (“I2I communicatie”). Zo worden efficiëntere en nieuwe maatregelen mogelijk. Voor meer informatie over coöperatieve systemen en activiteiten op het gebied van coöperatieve systemen zie [TrafficQuest, 2011] en de daarin genoemde bronnen.



Figuur 1: Communicatie tussen elementen verkeerssysteem.

Deze bijdrage

Deze bijdrage geeft een kort overzicht van coöperatieve systemen die (nu dan wel op termijn) ingezet kunnen worden om specifieke (Nederlandse) problemen op te lossen – problemen waar beleidsmakers en wegbeheerders mee worstelen (doorstroming, veiligheid, milieu), maar ook de ergernissen waarmee weggebruikers kampen.

2. Coöperatieve systemen om de doorstroming te verbeteren

Nederland kent veel congestie. Het meest is bekend over files op het hoofdwegennet, maar ook op het onderliggend wegennet en zeker op de overgangen van onderliggend naar hoofdwegennet is er regelmatig sprake van congestie. Problemen met de doorstroming hebben verschillende oorzaken: te weinig capaciteit qua aantal stroken of parkeergelegenheden, inefficiënte afstelling verkeerslichten, incidenten, evenementen, inefficiënte vervoerwijze-, vertrektijdstip- of routekeuze, etc. Met monitoringssystemen kan continu waargenomen worden waar in het wegennet problemen optreden. Nadere analyse kan nodig zijn om te achterhalen wat precies het probleem is (simpelweg te veel voertuigen? Onzeker rijgedrag door complexiteit wegbeeld?). Afhankelijk van wat precies het probleem is kunnen coöperatieve services en systemen ingezet worden om de doorstroming te verbeteren. Daarbij zijn er voor het hoofd- en onderliggend wegennet verschillende systemen en services denkbaar.

Hoofdwegennet

Op het hoofdwegennet kunnen files aangepakt worden door de verkeersvraag op bepaalde locaties te verminderen of door de capaciteit lokaal te verhogen. Dit kan bijvoorbeeld door verkeer beter te informeren over de actuele verkeersafwikkeling. Hiervoor zijn systemen nodig die informatie uit weggebonden sensoren combineren met informatie uit voertuigen (waar ze zijn, hoe snel ze rijden, waar ze naar toe gaan – voertuigen kunnen veel meer informatie geven dan wat uit inductielussen beschikbaar is). Verder zijn modellen nodig die de verkeerstoestand kunnen voorspellen, en die de verdeling over het netwerk kunnen optimaliseren en verwerken tot (in het voertuig aan te bieden) routeadvies. Ook kunnen rijtaakondersteunende systemen zoals Adaptive Cruise Control helpen om de verkeersstroom stabiel te houden. Een coöperatieve variant hiervan (C-ACC) kan die nog veel beter, omdat die verder vooruit kan kijken, en files, schokgolven of obstakels stroomafwaarts kan detecteren. Proeven met C-ACC op de A270 tussen Helmond en Eindhoven (zie figuur 2) hebben de potentie al laten zien [Broek, van den, 2010]. Ook Lane Keeping & Lane Change Assistance kunnen helpen (daar is, mits het voertuig uitgerust is met de juiste sensoren, niet eens coöperatie bij nodig). Gecoördineerde toeritdoseerinstallaties (nu al toegepaste I2I communicatie) kunnen op termijn gecombineerd worden met een invoegassistent (V2V) die er voor zorgt dat er voldoende ruimte is in de hoofdstroom voor invoegend verkeer.

Incidentfiles kunnen grotendeels voorkomen worden, door rijtaakondersteunende systemen. Kop-staartbotsingen kunnen met C-ACC voorkomen worden, Lane Change Assistance en Lane Keeping kunnen laterale ongevallen (bijvoorbeeld bij strookwisselingen) en ongevallen waarbij voertuigen van de weg raken voorkomen. Als incidenten toch optreden, kan eCall de hulpverlening versnellen en kunnen waarschuwingen en alternatieve routes naar de voertuigen gecommuniceerd worden.



Figuur 2: Proef Coöperatieve Adaptive Cruise Control in Helmond.

Onderliggend wegennet

Ook op het onderliggend wegen hebben coöperatieve systemen veel potentieel om de doorstroming te verbeteren. Zo kunnen verkeerslichtenregelingen veel efficiënter gemaakt worden, zeker als voertuigen informatie geven over hun positie, snelheid, route en voertuigtype. Openbaar vervoervoertuigen communiceren overigens al jaren met verkeerslichten (maar de bepaling van of ze prioriteit krijgen of niet kan nog wel geavanceerder). Navigatiesystemen kunnen in overleg met de wegbeheerder of de verkeerscentrale gepersonaliseerde routes adviseren, bijvoorbeeld naar een parkeergarage waar een plek gegarandeerd wordt. Uiteraard kan bij het routeadvies rekening gehouden worden met incidenten en evenementen. Ook verkeerslichtenregelingen kunnen daar op aangepast worden. Op termijn zijn de verkeerslichten (gezamenlijk) intelligent genoeg om in de meeste gevallen zonder sturing vanuit een verkeerscentrale te kunnen.

3. Coöperatieve systemen om de verkeersveiligheid te verbeteren

Het gaat steeds beter met de verkeersveiligheid in Nederland, maar nog steeds overlijden er honderden mensen in het verkeer ieder jaar, en vallen er duizenden gewonden. Ook de materiële schade is groot. De SWOV-factsheet Verkeersslachtoffers in Nederland [SWOV,

2010] laat zien dat de meeste doden buiten de bebouwde kom vallen, op 60-90 km wegen. 35% van de doden vallen binnen de bebouwde kom. Voor 30% van de doden is de tegenpartij een auto, voor 15% een vrachtwagen. 35% van de doden valt bij enkelvoudige ongevallen of ongevallen met een obstakel. Als gekeken wordt naar gewonden valt op dat de grootste groep fietser is. Al deze statistieken bieden aanknopingspunten voor welke coöperatieve systemen effectief kunnen zijn om de verkeersveiligheid te verbeteren.

Hoofdwegennet

Systemen die goed zijn voor de doorstroming hebben meestal ook positieve effecten voor de verkeersveiligheid (denk aan coöperatieve ACC, invoegassistent). Dynamische snelheidslimieten kunnen in het voertuig getoond worden (er wordt een proef voorbereid met “Dynamax in-car”), waardoor naar verwachting de opvolging hoger zal zijn. Hetzelfde geldt voor waarschuwingen voor files, wegwerkzaamheden en stremmingen. Spookrijden kan voorkomen worden met Wrong Way Driving Warning. Maar ook in-car systemen die niet communiceren met de omgeving (denk aan Electronic Stability Control en Lane Keeping Support) kunnen op de snelweg al veel ongevallen verminderen [Wilmink et al., 2008].

Onderliggend wegennet

Op het onderliggend wegennet, zowel binnen als buiten de bebouwde kom, kunnen coöperatieve systemen oplossingen bieden voor veel potentieel gevaarlijke situaties. Onoverzichtelijke kruispunten worden veel overzichtelijker als voertuigen hun positie en snelheid communiceren, en Intersection Safety systemen kunnen waarschuwen en ingrijpen als er een botsing dreigt. Cooperative Glare reduction kan helpen om de lichtsterkte en richting van koplampen zo in te stellen dat tegemoetkomende bestuurders niet verblind worden. Vooral buiten de bebouwde kom kan een inhaalassistent assisteren bij het inhalen op de andere rijrichting [Hegeman, 2008]. Voor veel systemen geldt dat ze bij lage penetratiegraad (aandeel voertuigen dat uitgerust is) effectief kunnen zijn, maar grote effecten kunnen pas op langere termijn verwacht worden, als de penetratiegraad hoog ligt. Verder zijn er al systemen die kwetsbare verkeersdeelnemers (fietsers, voetgangers) detecteren, maar systemen als Emergency Braking and Blind Spot Detection worden effectiever als deze verkeersdeelnemers hun aanwezigheid zouden communiceren (bijvoorbeeld door gebruik te maken van RFID – radio frequency identification).

4. Coöperatieve systemen om het milieu te verbeteren

Wegverkeer belast het milieu nog steeds in ernstige mate. Er is de laatste jaren veel aandacht geweest voor lokale luchtkwaliteitsknelpunten. Maatregelen die hiervoor al getroffen zijn, zijn bijvoorbeeld de 80 km zones en aanpassingen aan verkeerslichtenregelingen. Er is ook aandacht voor geluid en de emissie van broeikasgassen (voornamelijk CO₂, als het om wegverkeer gaat). Het gaat niet alleen om weggebonden maatregelen: ook navigatie- en andere systemen in het voertuig kunnen gebruikt worden om het brandstofverbruik en de emissies te verminderen (eco-navigatie, toerenteller, gear shift indicator, systemen die aangeven dat de bandenspanning onvoldoende is).

Er zijn dus al enkele systemen en services die specifiek ontwikkeld zijn om het milieu te verbeteren. Er is echter nog veel te winnen door gebruik te maken van coöperatieve systemen. Manieren om de milieubelasting omlaag te brengen zijn:

- het verminderen van de hoeveelheid gereden km's (globaal voor CO₂, lokaal voor andere emissies en geluid);
- het beïnvloeden van de samenstelling van verkeer op gevoelige locaties (bijvoorbeeld minder vrachtverkeer, bevoordelen schone voertuigen);
- het optimaliseren van de gereden snelheden (niet te hoog, niet te laag, niet te dynamisch).

[Eikelenberg et al., 2010] geeft een goed overzicht van inefficiënties die met coöperatieve systemen en services aangepakt kunnen worden.

Hoofdwegennet

Veel van wat gedaan wordt om de doorstroming op het hoofdwegennet te verbeteren is ook goed voor het milieu: files voorkomen en oplossen, en snelheden homogeniseren. Maar als er door een maatregel meer kilometers afgelegd worden, kan het uiteindelijke effect averechts zijn.

ACC draagt al bij aan vermindering van de emissies per voertuig per km, omdat er meestal minder dynamisch wordt gereden [Alkim et al., 2007]. Met een coöperatieve variant kan dit effect wellicht nog vergroot worden, hoewel de proeven met C-ACC op de A270 lieten zien dat het algoritme dan waarschijnlijk wel op optimalisatie van brandstofverbruik of emissies aangepast moet worden. Een tijdelijk verlaagde snelheidslimiet kan dynamisch gecommuniceerd worden in het voertuig en de (coöperatieve) adaptive cruise control kan dit als ingestelde snelheid overnemen (geen kans op een bon dus). Navigatiesystemen kunnen informatie over de verkeersafwikkeling combineren met kennis over wat emissies doet stijgen om zo real-time tot de meest efficiënte route te komen. Dit kan ook een intermodaal advies zijn. Goederenvervoer kan efficiënter gepland worden, met dynamische updates op basis van informatie over de verkeersafwikkeling en de bezettingsgraad van parkeerplaatsen. Op termijn (als de penetratiegraad hoger ligt) kunnen systemen ingezet worden die helpen om verstoringen in de verkeersstroom te voorkomen, zoals een invoegassistent. In Nederland (nog) niet zo interessant, maar elders wel, is ondersteuning bij een tolplein – advies over de te kiezen strook en snelheid waarbij het brandstofverbruik en de emissies minimaal zijn. Verder worden al een tijdje (hoewel nog niet op de openbare weg) proeven gedaan met platooning: vrachtwagens die, elektronisch geregeld, op zeer korte afstand van elkaar rijden en daardoor een lager brandstofverbruik hebben.

Onderliggend wegennet

Op het onderliggend wegennet kan veel gewonnen worden door efficiëntere routing, betere afstemming van verkeersregelininstallaties en ondersteuning van de rijtaak. In de projecten eCoMove en FREILOT worden momenteel allerhande applicaties ontwikkeld en in o.a. Helmond getest om verkeer op het onderliggend wegennet zuiniger en schoner te maken. Het gaat dan om “groene” groene golven”, dynamischere verkeerslichtenregeling die rekening houden met wat voor verkeer er aankomt (inclusief de milieuklasse van de voertuigen), “groene” parkeergeleidingssystemen (inclusief reserveringssysteem, zoals momenteel in het project Sensor City Assen ontwikkeld en getest wordt, zie <http://www.sensorcity.nl/>), en

routeadviezen. Ook milieuzones en venstertijden kunnen dynamischer en coöperatiever gemaakt worden.

5. Coöperatieve systemen om de ergernissen van weggebruikers weg te nemen

De invoering van coöperatieve systemen is niet alleen een kwestie van technologie die beschikbaar komt – de weggebruiker moet er ook gebruik van willen maken. Ieder jaar wordt door het KLPD een top tien opgesteld van ergernissen van weggebruikers. Tabel 1 geeft deze top tien van ergernissen weer, en welke coöperatieve systemen een oplossing voor deze ergernissen kunnen bieden [Openbaar Ministerie, 2010].

Tabel 1: Top tien ergernissen weggebruikers en mogelijke oplossingen

Ergernis	Oplossing
1. Bumperklevens	Dit kan met ACC al voorkomen worden, maar met C-ACC ongetwijfeld nog beter.
2. Alcohol / drugs achter het stuur	Er kan gedacht worden aan systemen die onveilig rijgedrag (slingeren, over de lijn schieten, veel variatie in snelheid) waarnemen en doorgeven aan de verkeersmanager en/of de politie.
3. Agressief rijgedrag	Analoog aan de vorige, maar in dit geval systemen die agressief rijgedrag waarnemen en doorgeven aan de verkeersmanager/politie.
4. Onnodig links rijden op de (auto)snelweg	Hiervoor kan een combinatie van plaatsbepaling, mapmatching, snelheidsmeting, informatie over de heersende snelheidslimiet en communicatie met omringende voertuigen ingezet worden.
5. Te lage snelheid	Zie ergernis 4. Daarnaast kan een coöperatieve ACC helpen om een snelheid aan te houden die past bij de rest van het verkeer.
6. Langdurige inhaalmanoeuvres	Een inhaalassistent kan de bestuurder adviseren over het nut van de inhaalmanoeuvre voor de bestuurder en eventueel de gevolgen voor het overige verkeer. Daarnaast geeft de inhaalassistent advies over wanneer inhalen veilig kan en waarschuwt het voor onveilige manoeuvres. Ook onderhandeling met het omringende verkeer zijn mogelijk (al is onduidelijk hoe bepaald wordt wie prioriteit krijgt).
7. Hinder bij in- en uitvoegen	Hiervoor zijn Co-operative merging en Lane Change Assistance in te zetten.
8. File voorbijrijden over vluchtstrook	Er van uitgaande dat de bestuurder dit met opzet doet, is handhaving de enige optie hier. Met behulp van I2V communicatie kan eerst

Ergernis	Oplossing
	nog een waarschuwing naar het voertuig gestuurd worden.
9. Hinderen bij wisselen rijstrook (zonder het overige verkeer voor te laten gaan)	Zie ergernis 7.
10. Richtingaanwijzer niet of onjuist gebruiken	Lane Change Assistance en Lane Keeping Support gaan er van uit dat de bestuurder als hij van richting verandert richting aangeeft. Wisselt het voertuig van strook zonder dat de bestuurder de richtingaanwijzer gebruikt, dan zullen deze systemen waarschuwen of ingrijpen. (Hier is belangrijk dat de interface niet voor ergernis zorgt bij de bestuurder – anders is de kans groot dat het systeem uitgezet wordt.) De systemen zouden dus moeten zorgen voor beter gebruik van de richtingaanwijzer.

6. Richting implementatie

Coöperatieve systemen zijn al actief in Nederland, en de hoeveelheid systemen en services zal de komende tijd alleen maar toenemen. Er zijn al diverse roadmaps opgesteld die laten zien wanneer naar verwachting systemen hun intrede doen (zie bijvoorbeeld [Hoogendoorn et al., 2010][Technolution, 2009][Grontmij 2009]). Het is niet alleen een kwestie van technologieontwikkeling; ook op organisatorisch en juridisch gebied moeten er nog zaken geregeld worden (er zijn bijvoorbeeld diverse standaardisatiecommissies bezig; er is ook een Actieplan voor de invoering van intelligente vervoerssystemen in Europa en een Europese richtlijn op dit gebied [Europese Commissie, 2010]).

Naast beleid en regulering is het ook belangrijk dat een groot aantal stakeholders bekend raakt met het potentieel van coöperatieve systemen. Dat geldt zowel voor de aanbieders van systemen (wegbeheerders, service providers, verkeersindustrie, automobiefabrikanten en toeleveranciers) als voor de gebruikers, die de systemen moeten willen hebben, en kunnen aanschaffen en gebruiken. Het potentieel moet dan wel bepaald kunnen worden (welke baten zijn er voor individuele gebruikers en de maatschappij?) en daar zijn vrij geavanceerde verkeers- en communicatiemodellen voor nodig. Daarnaast moet duidelijk zijn wie de systemen betaalt en wie de baten heeft.

Privacy issues spelen een rol, naarmate er meer gecommuniceerd (over locatie en reisdoel, bijvoorbeeld) wordt en de systemen meer gepersonaliseerd zijn.

Kansrijke concepten?

Wat lijken nu kansrijke concepten voor de niet al te verre toekomst? Het antwoord daarop is niet eenvoudig te geven, en hangt ook af van beleidsprioriteiten, maar er wordt in diverse projecten hard aan gewerkt om de effectiviteit van coöperatieve systemen te beproeven. De Europese Commissie maakt onderscheid tussen Research & Development projecten, Field Operational Test en Pilot projecten – pas daarna volgt brede implementatie. FREILOT is een pilot project; de in Helmond geteste systemen zijn dus dicht bij brede implementatie.

eCoMove is een R&D project – de daarin ontwikkelde systemen hebben waarschijnlijk nog wat meer tijd nodig om breed uitgerold te worden. Diverse partijen hebben het initiatief genomen tot een permanente Nederlandse testfaciliteit, de Dutch Integrated Testsite Cooperative Mobility (DITCM [TNO-website, 2011]). Hoe meer mensen met coöperatieve systemen in aanraking komen, hoe vanzelfsprekender ze worden en er is al zoveel mogelijk met de huidige stand van de technologie dat bij wijze van spreken iedere smartphone app-ontwikkelaar een nieuw systeem op de markt kan brengen.

Hoe kan verkeerskundig Nederland participeren?

Deze paper beschrijft een aantal mogelijke toepassingen van coöperatieve systemen om Nederlandse verkeersproblemen aan te pakken. Er zijn er ongetwijfeld meer. TrafficQuest hoort graag van u welke systemen en services u graag zou willen toepassen, en met welk doel. En als het gaat om de organisatorische kant, hoe zou u willen participeren in de ontwikkeling van coöperatieve systemen in Nederland?

7. Referenties

Alkim, T., G. Bootsma & P. Looman (2007), *Wegen naar de toekomst – De Rij-Assistent*, Delft, Rijkswaterstaat, maart 2007.

Broek, T.H.A. van den, B.D. Netten, M. Hoedemaeker & J. Ploeg (2010), *The experimental setup of a large field operational test for cooperative driving vehicles at the A270*, In: Proceedings of the 2010 13th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems, Madeira Island, Portugal, September 19-22, 2010.

Eikelenberg et al. (2010), *System concept, functionality, requirements and use case descriptions*, Deliverable 2.1 of the eCoMove project, beschikbaar op www.ecomove-project.eu.

Europese Commissie (2010), *Website Intelligent Transport Systems - Action Plan and Directive*, beschikbaar op http://ec.europa.eu/transport/its/road/action_plan/action_plan_en.htm

FREILOT (2009), *Implementation Plan*, D.FL.2.1 of the FREILOT (Urban Freight Energy Efficiency Pilot) project, Grant agreement no. 238930, 06.07.2009.

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

Hegeman, G. (2008), *Assisted overtaking – An assessment of overtaking on two-lane rural roads*, Delft, TRAIL Thesis Series no. T2008/4, 2008.

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.

Openbaar Ministerie (2010), *Website Ergernissen top tien*, beschikbaar op http://www.om.nl/onderwerpen/verkeer/overtredingen/ergernis_top_10/

SWOV (2010), *SWOV-factsheet Verkeersslachtoffers in Nederland*, Leidschendam, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, mei 2010.

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

TNO-website (2011), *DITCM: sneller en goedkoper innoveren in verkeerssystemen*, artikel beschikbaar op 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 (geraadpleegd op 7 september 2011).

TrafficQuest (2011), *State-of-the-Art Coöperatieve Systemen*, Delft, TrafficQuest, 2011, beschikbaar op www.traffic-quest.nl.

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.