

B43

A270Demo Schokgolfdemping

Bart Netten
(*TNO*)

Thijs van den Broek
(*TNO*)

Gert Blom
(*BeterBereikbaarZuidoost-Brabant BBZOB*)

Samenvatting

In februari 2010 zijn een aantal grootschalige experimenten uitgevoerd op de A270 tussen Helmond en Eindhoven. Het doel van deze experimenten is om de potentie van coöperatieve systemen te demonstreren voor het dempen van schokgolven en daarmee de mobiliteit op de Nederlandse snelwegen te kunnen vergroten. De experimenten vinden plaats op een bestaande snelweg om te demonstreren dat dit soort systemen overal ingezet kunnen worden. Een coöperatief systeem is ontwikkeld dat een individueel advies geeft aan de bestuurder in welke mate hij moet versnellen of vertragen. Deze testlocatie is uitgevoerd met 20 videocamera's om de verschillen te meten tussen de groep voertuigen met coöperatief systeem en een referentie groep. De resultaten van deze experimenten worden hier gepresenteerd en besproken.

Trefwoorden

Schokgolfdemping, Field Operational Test, Test Site, Cooperative Driving, Bestuurdersondersteuning

1. Motivatie voor de A270Demo

De mobiliteitsgroei in Nederland zal zonder ingrijpen leiden tot verdere congestie en het onbereikbaar worden van vele regio's. Hoewel soms meer asfalt onvermijdelijk is, willen overheden vooral de bestaande wegcapaciteit zo goed mogelijk benutten. Coöperatieve verkeerssystemen kunnen een belangrijke rol spelen in het kader van deze benuttingsmaatregelen. Dit past uitstekend in het landelijk beleid zoals verwoord in de nota Mobiliteit¹. Ook de regio Zuidoost-Brabant en bijvoorbeeld de gemeente Helmond willen met slimme benuttingsmaatregelen de regio bereikbaar houden. Innovatie, actief meewerken aan pilots en demo's (zoals deze A270Demo) en bevorderen van samenwerking tussen overheden, industrie en onderzoekswereld nemen een centrale plaats in de mobiliteitsvisie van gemeente Helmond en projectorganisatie BeterBereikbaarZuidoost-Brabant.

In februari 2010 zijn er verschillende experimenten uitgevoerd op de snelweg A270 tussen Helmond en Eindhoven (zie ² en ³). Het doel van de experimenten is om de potentie van coöperatieve systemen te demonstreren ter verbetering van de doorstroming op snelwegen, en in het bijzonder het dempen van schokgolven met bestaande technologie. De ambitie is om de A270 verder uit te bouwen tot een internationaal erkende test omgeving voor coöperatieve systemen. Deze demonstratie is een eerste veldtest op de A270. De test omgeving op de A270 wordt verder ontwikkeld voor meerdere veldtesten in nationale en internationale projecten in 2011.

2. Coöperatief Systeem

Een coöperatief systeem is speciaal ontwikkeld voor deze demonstratie met gebruik making van bestaande technologie en producten. De voertuigen zijn uitgerust met een "Acceleratie Advies Controller" (AAC) systeem. De AAC is gebaseerd op een "Cooperative Adaptive Cruise Control" (CACC) algoritme. Op basis van volgafstanden, snelheden en versnellingen stroomafwaarts wordt een advies aan de bestuurder gegeven om te accelereren en decelereren. De bestuurder is gevraagd deze gewenste versnelling zo goed mogelijk op te volgen. In tegenstelling tot een CACC grijpt het ACC systeem niet direct in het voertuig in. Het AAC systeem bestaat uit een aantal onderdelen.

1. Een MobilEye video camera van Clifford achter de voorruit die de relatieve positie en relatieve snelheid van de directe voorligger bepaalt.
2. Draadloze communicatie om de positie, snelheid en versnelling van een vijftal voorliggers te ontvangen. Hierdoor kan sneller gereageerd worden op remacties van voorliggers.
3. Een TomTom navigatiesysteem om de positie, snelheid en versnelling van het eigen voertuig te kunnen bepalen. Daarnaast is het scherm van de TomTom gebruikt om de bestuurder te informeren over de gewenste versnelling die het voertuig moet uitvoeren.
4. Een computer om de informatie van de verschillende systemen te verwerken en een gewenste versnelling te berekenen voor het voertuig en naar het display te sturen.

3. Test Site A270

De experimenten vinden plaats op de snelweg A270 tussen Helmond en Eindhoven. Er is bewust gekozen om deze experimenten plaats te laten vinden op een openbare weg. Op deze manier wordt aan iedereen getoond dat dit soort technieken gebruikt kunnen worden onafhankelijk van de locatie. De snelweg is op 3 zondagen volledig afgesloten voor overig verkeer om te voorkomen dat niet-geïnstreerde bestuurders deelnemen aan de experimenten. In totaal rijden 96 voertuigen mee tijdens de experimenten. De voertuigen zijn opgesplitst in twee even grote groepen; een groep geïnstreerde bestuurders en een groep niet-geïnstreerde bestuurders.



Figuur 1: Test locatie A270 tussen Helmond en Eindhoven (bron: Google Maps).

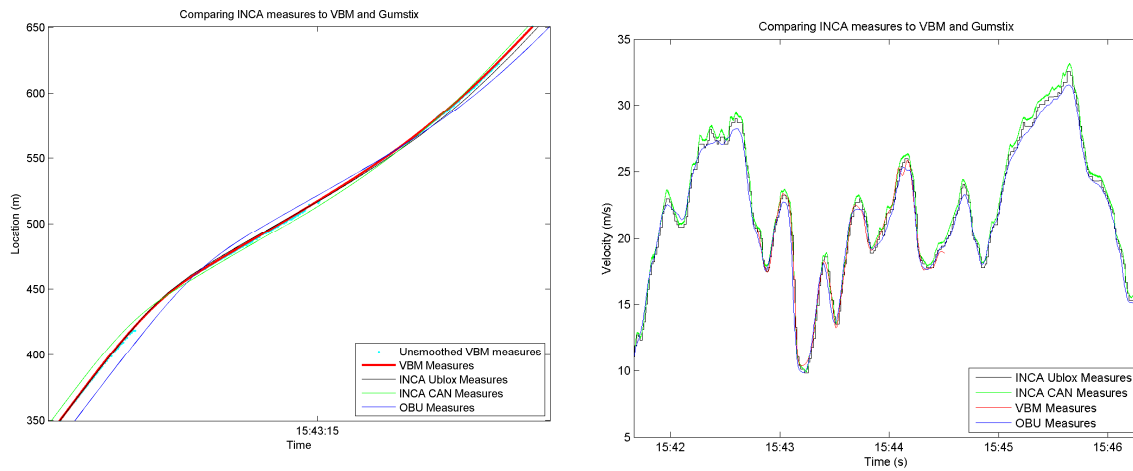
Voor de experimenten op de A270 zijn meetsystemen in het voertuig geïnstalleerd en langs de weg opgesteld. Op deze manier is het mogelijk om de effecten van rijgedrag van bestuurders met en zonder adviesstelsel nauwkeurig te kunnen meten en vergelijken.

Het meetsysteem langs de snelweg A270 bestaat uit 20 videocamera's, waarmee de voertuigen over een afstand van 2 kilometer nauwkeurig worden gevolgd door middel van het Video-Based Monitoring (VBM) systeem, zie Figuur 2 en in ⁴. De camera's staan in het middelste deel van de A270 bij Nuene waar de remacties worden uitgevoerd. De remacties worden uitgevoerd om shockgolven te introduceren in de groep voertuigen. Met het VBM systeem kunnen de posities, snelheden en onderlinge afstanden van de geïnstreerde en niet-geïnstreerde voertuigen continu worden gemeten over het deel van de test site waar de remacties worden uitgevoerd.

De sensor data en adviezen aan de bestuurder in het voertuig zijn ook opgenomen op de harddisk van de computer. Deze data is gebruikt om achteraf het gedrag van de bestuurder te analyseren en modeleren. De VBM en in-voertuigsystemen zijn gevalideerd met een speciale meetwagen met een nauwkeuriger GPS plaatsbepalingssysteem (Ublox) en snelheidssensoren (CAN), zie Figuur 3.



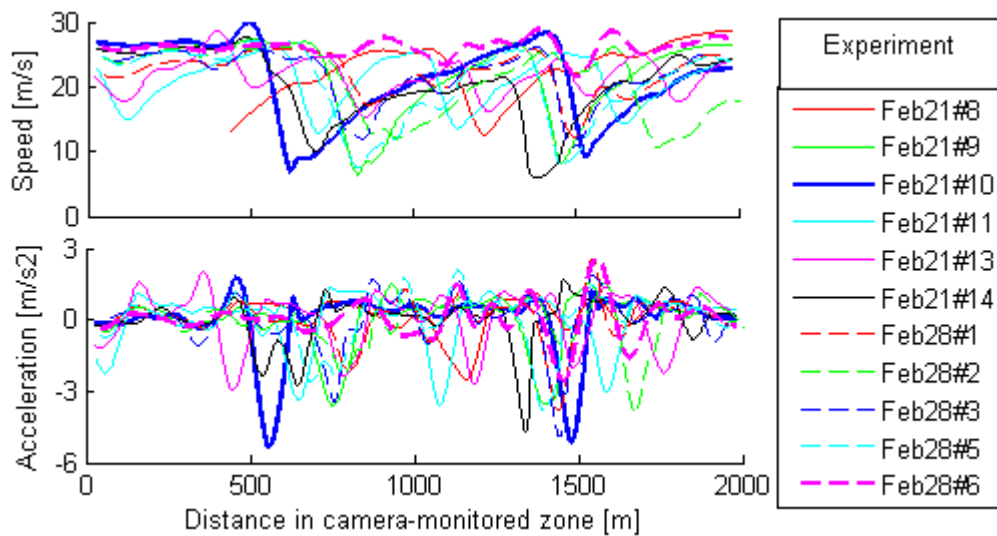
Figuur 2: Videowall van de 20 camera's voor het Video-Based Monitoring meetsysteem



Figuur 3: Vergelijking van de nauwkeurigheid van de meetsystemen voor voertuigpositie en snelheid; VBM (rood), Adviserend systeem in het voertuig (blauw), en de INCA meetsystemen.

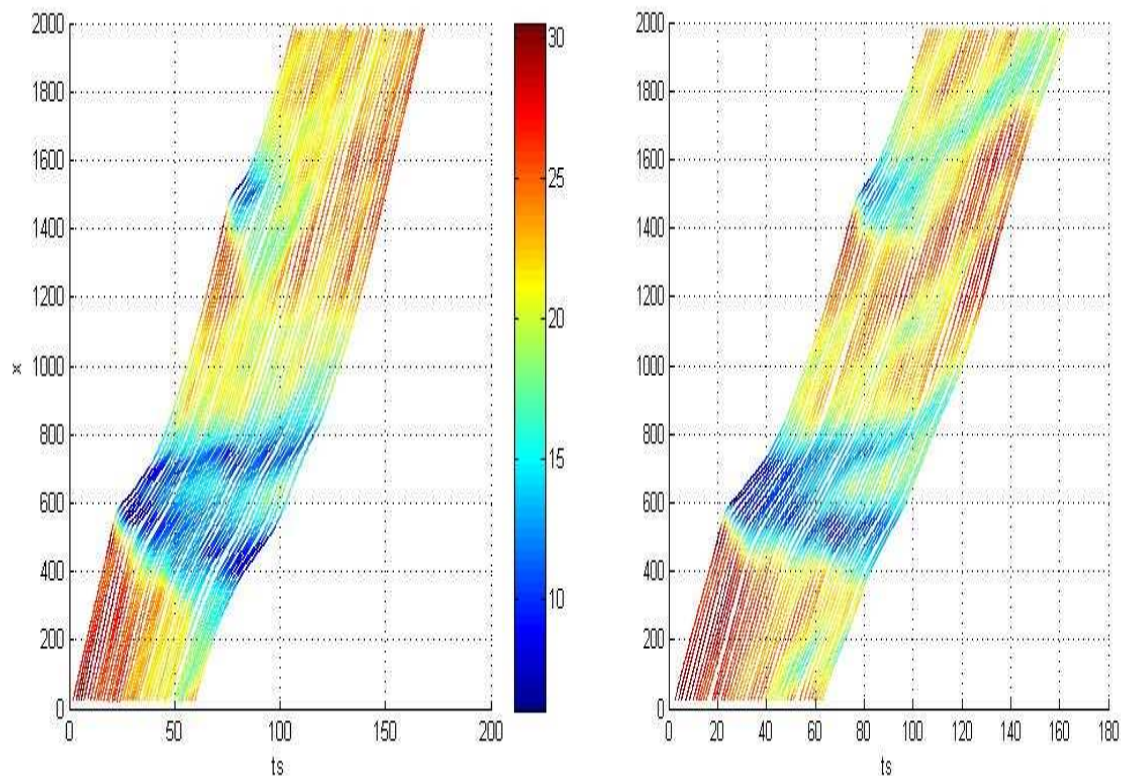
4. Experimenten voor schokgolfdemping

Twee even lange rijen van bijna vijftig voertuigen zijn opgesteld; de rechter rijstrook met geïnstumenteerde voertuigen en links een referentie groep niet-geïnstumenteerde voertuigen. Beide rijen rijden naast elkaar en volgen een eerste voertuig zo goed mogelijk. Deze pace car bepaalt de nominale snelheid (variërend van 50 tot 100 km/h) en reageert op specifieke momenten alsof er een incident voor hem plaats vindt, zie Figuur 4. De pace car remt dan af met deceleraties van $-0,5$ tot -5 m/s^2 tot minimale snelheden tot 30 km/h gedurende korte perioden tot 10 seconden. Hierdoor induceert de pace car kleine en grotere schokgolven in beide rijstroken.



Figuur 4: snelheidsprofielen van de pace car over verschillende experimenten.

Figuur 5 toont de trajectoriën van alle voertuigen voor experiment Feb21#10. De eerste trajectorie is van de pace car (dikke blauwe lijn in Figuur 4). De remacties van de pace car veroorzaken verschillende typen schokgolfpatronen in de beide rijen van voertuigen. Duidelijk is te zien dat de geïnstumenteerde voertuigen (rechts) de eerste schokgolf beter dempen; de schokgolfsnelheid stroomopwaarts is lager dan voor de niet-geïnstumenteerde voertuigen. Ook is duidelijk te zien dat de trajectorie van het laatste geïnstumenteerde voertuig minder grote snelheidsvariaties ondervindt; met name bij locatie 400m.



Figuur 5: Trajectoriën van Experiment Feb21#10. Niet geïnstrumenteerde voertuigen (links) en geïnstrumenteerde voertuigen (rechts). Kleurindex geeft de voertuigsnelheid in m/s.

5. Resultaten

Om de verbetering ten opzichte van verkeersdoorstroming te kunnen bepalen zijn 4 aspecten geanalyseerd.

Verkeersintensiteit

Gemiddeld is de verkeersintensiteit van de groep voertuigen met communicatie 10% hoger dan in de oorspronkelijke situatie, met uitschieters tot 25%. Er zijn dus grote verschillen merkbaar op het gebied van de verkeersintensiteit.

Finishlijn

Een denkbeeldige finishlijn is bij de laatste camera neergelegd, zie camerabeeld rechtsonder in Figuur 2. Bij deze camera wordt de voorsprong bepaald van het laatste voertuig uit de groep met een adviessysteem ten opzichte van de referentie groep. Gemiddeld over alle ritten is er een winst van meer dan 3 voertuigen voor de geïnstrumenteerde voertuigen met uitschieters tot 7 voertuigen, zie Figuur 6.

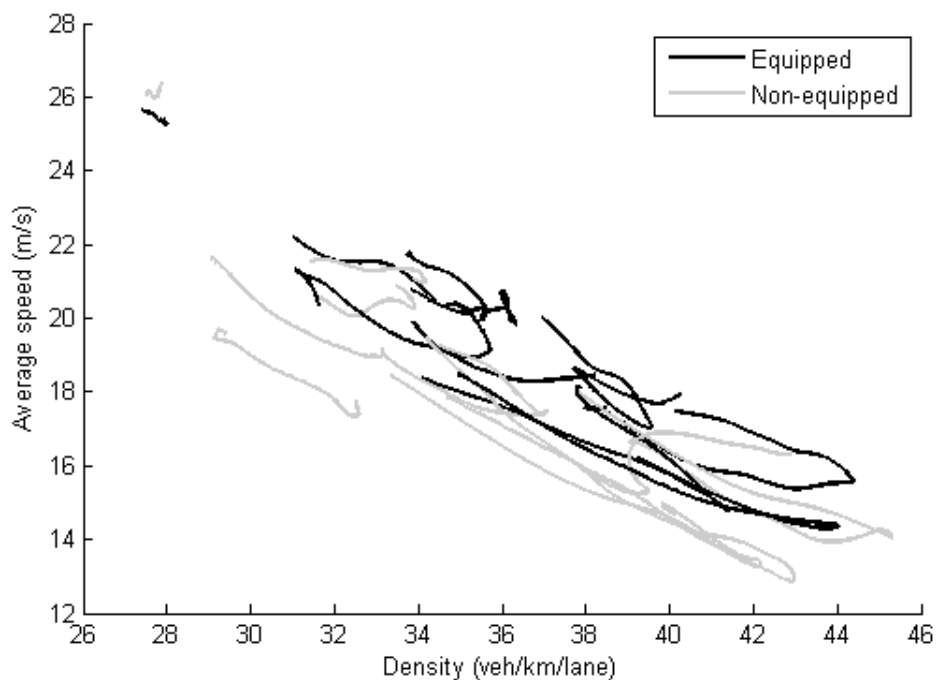


Figuur 6: Finishlijn criterium gezien vanuit de laatste drie camera's. Het bovenaanzicht toont de posities van de voertuigen simultaan met de camera beelden (niet-geïnstrumenteerde voertuigen in rood, geïnstrumenteerde voertuigen in grijs).

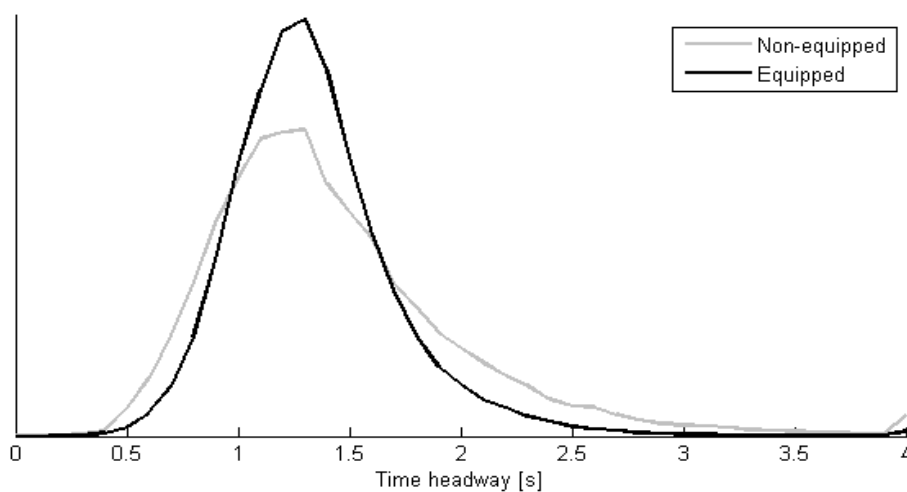
Dichtheid

De verkeersdichtheid is momentaan gemeten over de totale weglengte van de groep van voertuigen in iedere rijstrook. In Figuur 7 staat de gemiddelde dichtheid ten opzichte van de gemiddelde snelheid van alle experimenten uit Figuur 4.

De snelheden in de experimenten worden uiteraard grotendeels bepaald door de pace car van de organisatie die de remacties inzet, en zijn daardoor voor beide stroken min of meer gelijk in dezelfde experimenten. Figuur 7 laat zien dat bij dezelfde snelheden de geïnstrumenteerde voertuigen (zwart) een hogere gemiddelde dichtheid hebben ten opzichte van de referentie groep (grijs). Dit is niet omdat de geïnstrumenteerde voertuigen dichter op elkaar rijden, want de initiële volgafstanden zijn nagenoeg gelijk bij het begin van ieder experiment. Dit verschil ontstaat vooral doordat de geïnstrumenteerde voertuigen minder grote gaten laten vallen bij het uitrijden van de schokken. Bij een aantal scenario's is de referentiegroep ongeveer even goed als de groep voertuigen met communicatie, maar dit gebeurt slechts incidenteel. De instrumentatie helpt de bestuurders om te allen tijde de correcte volgafstand te houden.



Figuur 7: Gemiddelde snelheid ten opzichte van gemiddelde dichtheid voor alle experimenten, gemeten gedurende een experiment.



Figuur 8: Histogram van de volgtijd voor alle experimenten.

Volgtijd

De volgtijd is de tijd die verstrijkt tussen het passeren van twee opeenvolgende voertuigen op een meetpunt langs de weg. De volgtijd wordt bepaald door de afstand die een bestuurder houdt tot zijn voorligger, en zijn rijsnelheid. In Figuur 8 is duidelijk zichtbaar dat de volgtijd van de geïnstrumenteerde groep voertuigen (zwart) minder spreiding heeft dan de referentie groep (grijs), en dat de gemiddelde volgtijd van de referentie groep groter is. De referentie

groep rijdt te dicht op elkaar in bij het inrijden van een filestaart en rijdt te langzaam uit de filestaart. Dat betekent dat de referentie groep een kleinere gemiddelde dichtheid heeft.

6. Conclusie

Uit de analyse van de A270Demo experimenten kan geconcludeerd worden dat de gedemonstreerde technologie de doorstroming bij spookfiles aanzienlijk kan verbeteren. Een voertuig met adviserend systeem helpt de bestuurder om minder hard een file in te rijden, en om sneller een file uit te rijden. In de experimenten is een verbetering van de doorstroming van gemiddeld 10%, tot een maximum van 25%, gerealiseerd.

De A270demo demonstreert dat met cooperatieve systemen verbetering van de doorstroming mogelijk is. Voor verdere toepassing zal het AAC systeem, inclusief sensoren, regeltechniek en de gebruikersinterface, uiteraard verder ontwikkeld dienen te worden, en is ook nader onderzoek vereist om de opschaling naar breedschalige toepassing nauwkeuriger te bepalen.

7. Referenties

- ¹ Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nota Mobiliteit; Naar een betrouwbare en voorspelbare bereikbaarheid, Den Haag, 2004.
- ² Website met beschrijving en resultaten van de A270Demo, <http://www.A270Demo.nl>.
- ³ Thijs H.A. van den Broek, Bart D. Netten, Marika Hoedemaekerr, Jeroen Ploeg, 'The experimental setup of a large field operational test for cooperative driving vehicles at the A270', in *Intelligent Transportation Systems Conference ITSC2010*, Madeira, 2010.
- ⁴ Video Based Monitoring, [http:// www.tno.nl/VBM](http://www.tno.nl/VBM)