



Nationaal verkeerskundecongres 2016

Effectbepaling C-ITS en geautomatiseerd rijden

Bert van Velzen
(Auteur is werkzaam bij Sweco)

Samenvatting

De transitie naar steeds geavanceerder systemen in auto's en langs de weg, leidend tot een toenemende automatisering van auto's en in coöperatie met wegkantsystemen, vraagt om inzicht in de effecten.

Deze bijdrage geeft een schets van de uitdaging die hier ligt, en stelt een aantal vragen waar in de discussiesessie op ingegaan kan worden. Er wordt ingegaan op de verkeersstroom op een wegvak. Wat is een waarschijnlijk ontwikkelingsscenario? Hoe kunnen we dat monitoren? Het gaat om zaken als (variaties in en verdelingen van) volgtijden, volgafstanden, snelheden, rijstrookkeuze. Waaraan gaan we zien hoe auto's het anders (beter) gaan doen, en welk effect heeft dat op de hele verkeersstroom? Hoe verhoudt b.v. een volgtijdverdeling zich tot een efficiënte doorstroming? Welke mogelijkheden zijn er om dit goed in beeld te brengen? Welke data, uit welke bronnen? Wat kunnen we met modellen?

Trefwoorden

Effecten, coöperatief, geautomatiseerd rijden, data, gedrag

Effectbepaling C-ITS en geautomatiseerd rijden

Autorijden en daarmee het autoverkeer maken een transitie¹ door samenhangend met de ontwikkeling en toepassing van systemen voor het ondersteunen van de rijtaak en het versoepelen van de verkeersafwikkeling. Er is sprake van een steeds sterkere co-operatie tussen infrastructuur (inclusief de wegkantsystemen die daar deel van uitmaken), voertuigen (ook onderling) en hun bestuurders.

Welke effecten heeft dit en hoe kunnen we deze effecten bepalen (meten en berekenen)? Niet alleen in de eindsituatie (voor zover die bereikt zal worden), maar ook in de transitieperiode, die overigens al begonnen is.

Inzicht in effecten is van belang voor de sturing en geleiding van de ontwikkeling en toepassing, een samenspel van technologie, industrie, wegbeheer, mobiliteitsmarkt, maatschappij, overheid. In Nederland wordt dit in samenwerking opgepakt in Connecting Mobility, DITCM, Smart Mobility.

Voor (het bepalen van) de effecten op wegvakniveau schetst deze bijdrage een (aanzet tot) raamwerk. En een aantal vragen als input voor de discussie.

Op wegvakniveau gaat het om het detail-/schaalniveau van voertuig tot en met verkeersstroom. Voor co-operatieve systemen op dit niveau beoogt het samenwerkingsverband DITCM (Dutch Integrated Testsite for Cooperative Mobility) een impuls te geven.

In deze bijdrage gaan we *niet* in op grotere schaalniveaus: netwerkniveau, mobiliteitspatronen (tijdstip- en vervoerwijzekeuze), ruimtelijke inrichting. Voor routegeleiding door het netwerk zijn er reeds de navigatiesystemen (met nog een opgave wat betreft dekking, betrouwbaarheid en evt. voorspellingen). Op ruimtelijke inrichting geldt b.v. de locatiekeuze van parkeervoorzieningen waar in de toekomst de auto's zelf naartoe kunnen rijden. Dit is een eventueel scenario voor de lange termijn mits daarin substantieel sprake is van zelfrijdende auto's.

Dank gaat uit naar Marieke Martens (UT), Martie van der Vlist (Goudappel/DAT), Ronald van Katwijk (TNO/Traffic Quest), Coen Obdeijn (V-Tron), Jacques Terken (TUE), Igor Passchier (TASS), Hans van Lint (TUD).

Transitieperiode: meerdere systemen tegelijkertijd, soms lage penetratiegraad

We hebben te maken met een gemengd opgebouwde verkeersstroom. Een greep:

- traditionele, kale voertuigen, met hooguit passieve veiligheidssystemen als ABS en airbag.
- voertuigen met wisselende mate van rijtaakondersteuning (cruise control, lane keeping, adaptive cruise control), haptisch rijden (zie NRC 2-3 juli, TU-Delft ergosystemen)
- diverse apps die de menselijke bestuurder informeren, adviseren en stimuleren tot bepaald gedrag en/of handelingen (zie b.v. het spookfile-project op de A58 en de apps ontwikkeld voor de A67).
- verdere automatisering van de rijtaak, tot en met:

¹ De vraag is of het een eindige transitie is, een transitie die afgerond is als b.v. alle auto's zelfrijdend zijn (wat een scenario kan zijn), of een transitie naar een steilere ontwikkelingscurve.

- de zelfrijdende auto
- de zelf *en* coöperatief rijdende auto²

Deze passen in de levels 0 en 1 van de SAE-indeling (zie onderstaand overzicht). De zelfrijdende auto's van Tesla, Google e.d. bewegen zich op de levels 2 en 3.

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

(Bron: SAE International and J3016, 2014)

Een lage penetratiegraad van de deelgroepen kan een probleem vormen om effecten zichtbaar te krijgen, vooral voor specifieke apps in het pilotstadium. Ook de volledig zelfrijdende auto zal in het begin een lage penetratiegraad hebben. De afnemende penetratiegraad van de 'kale auto' is ogenschijnlijk minder een probleem, tenzij die enkeling nog hinderlijk in de weg rijdt en daarmee de ontwikkeling remt.

Soms is een beperkte penetratiegraad (b.v. 10 %) reeds voldoende om een macroscopisch effect te bereiken doordat andere weggebruikers 'meegesleept' worden in het gedrag. Een aandachtspunt is het als eventueel de systemen een tegengestelde werking hebben.

Aan de andere kant zal, zoals al decennia, sprake blijven van een mix van verschillende rijstijlen: chauffeurs verschillen, de techniek en systemen per automerk verschillen en verwacht mag worden dat de zelfrijdende auto gebruik(er)instellingen kent (snel naar huis, werken onderweg, sightseeing etc.).

² De 'aansluiting' van Tesla- en Google-auto's op de coöperatieve infrastructuur zoals die in Europa in ontwikkeling is.

Waarin zullen de effecten van de geavanceerde oplossingen zichtbaar zijn?

Gebruikelijk in effectstudies is het zogenoemde V-model van FESTA. Dat begint bij onderzoeksvragen, gaat via indicatoren diep tot op de data, en schaalst daarna weer op tot geaggregeerde analyse en conclusies. Zonder precieze onderzoeksvragen te formuleren valt al na te denken over de wijze waarop het specifieke functioneren van de geavanceerde systemen in beeld gebracht kan worden, welke indicatoren dan een rol kunnen spelen. Een doorkijk naar data doen we op hoofdlijnen m.b.t. beschikbaarheid.

Voor de gedachtenvorming onderscheiden we in de dynamiek van de verkeersstroom de niveaus micro, meso en macro. Vanuit de bestuurder gezien gaat het bij micro over het voertuig (inclusief zijn bestuurder) in directe relatie tot de meters infrastructuur waar het rijdt en de directe voor-, naast- en achterliggers, eventueel de eerstvolgende voor-, naast- en achterliggers. Meso³ gaat over de 'groep' waarin het voertuig op dat moment rijdt, pakweg vijf a tien voertuigen vooruit (en achteruit en ernaast). M.a.w. de groep voertuigen die binnen enkele seconden, voor een heel andere situatie kan zorgen. Macro betreft de toestand verder vooruit: of er al dan geen file op een kilometer stroomafwaarts staat, kan van invloed zijn op het rijgedrag.

Hieronder volgt een beschouwing van mogelijke effecten. Met de systemen zullen we naar verwachting efficiënter gaan rijden op het aspect doorstroming, hoewel een aantal systemen juist gericht zijn op veiligheid en comfort. De reductie van het aantal door menselijke onoplettendheid veroorzaakte ongevallen zal de spitsen al verlichten. Systemen die beter anticiperen door verder (meerdere voertuigen dan visueel zichtbaar) vooruit te 'kijken' dragen wel bij aan zowel doorstroming als veiligheid en comfort.

Micro

Op individueel voertuiggedrag zijn de effecten naar verwachting het sterkst. Er wordt anders (dan 'voorheen') gereden, afstand gehouden, gestuurd, van strook gewisseld, geaccelereerd en geremd.

Zullen we de steeds weer nieuwere voertuigen herkennen? Waaraan? Hoe afwijkend zal het gedrag van 'de nieuwe auto' zijn, mogen zijn? Denk als uitgangssituatie aan het collectief van ervaren automobilisten; deze voorspellen (anticiperen op) het gedrag van een andere auto/weggebruiker op basis van wat ze visueel waarnemen: niet alleen de ingeschatte snelheid maar ook zaken als uiterlijk, staat van onderhoud, wijze van accelereren, (geschatte) leeftijd chauffeur, snelheidskeuze (i.r.t. rest verkeer), ontwikkeling positie in rijstrook: slingeren of het begin van een strookwisseling, etc. De zelfrijdende auto's moeten dit allemaal ook leren. Voordeel is dat ze hun leerervaringen uitgebreider en sneller met elkaar kunnen delen, hoewel aangepast aan de leeromgeving: het rijgedrag is nl. niet over de hele wereld hetzelfde.

Een waarschijnlijk scenario is dat de nieuwe auto's steeds min of meer binnen het spectrum van in de praktijk voorkomend rijgedrag (moeten) vallen, en dat langs deze weg het spectrum geleidelijk verbreedt en/of opschuift naar steeds 'beter' rijgedrag? Beter in welke zin dan ook: veiliger, efficiënter,

³ Meso is hier op te vatten als 'iets tussen micro en macro'; voor een preciezere definitie van 'meso' zijn er meerdere kandidaten.

Meso

Het mesoniveau is waar de voertuigen in onderlinge wisselwerking de feitelijke afwikkelingskwaliteit realiseren. De gemiddelde snelheid van de stroom is een belangrijke indicator, de gemiddelde intensiteit ook.

Voorbeeld: op de A2 Utrecht-Amsterdam allemaal de cruise control op 103 km/h en de dynamiek is weg. Volgafstanden blijven hetzelfde, ook de ietwat te lange. Spelbreker is de automobilist met het gaspedaal in vaste positie, die bij een lichte helling (b.v. viaduct) iets terugzakt in snelheid.

Maar verder inzoomend komen we op het niveau waarop de verschillende systemen werken, met vragen als: wat zijn de snelheidsverschillen, hoe zijn die verdeeld? Hoeveel en welke strookwisselingen worden er op welke manier uitgevoerd? Wat zijn de volgafstanden en -tijden en hoe zijn die verdeeld? Hoe dragen de strookwisselingen, korte en/of lange volgtijden en grote en/of kleine snelheidsverschillen bij aan of gaan ten koste van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling⁴?

Juist op dit niveau wordt het interessant: gaan we daar een verschil zien? Gaan we een verschil zien in het fundamenteel diagram? Hoeveel inzicht kunnen we daaraan ontlenen? Etc.

Macro

Verdere aggregatie naar het macroniveau, het hele wegvak en de hele spitsperiode, heeft veel weg van boekhouden, de balans opmaken. De hoop dat dan al gauw dat vergaande automatisering de capaciteit zodanig verhoogt dat we met een strook minder toe kunnen. Dat speelt in ieder geval op de langere termijn. De positie / rol van het wegvak in het gehele netwerk moet dan beschouwd worden, en de balans met de ontwikkeling van de mobiliteitsvraag.

Effecten bepalen: welke indicatoren, hoe?

We kunnen doorgaan met de grofstoffelijke methoden die we gewend zijn, zoals analyses op basis van wegkantmetingen. De gevoelde ambitie is echter om inzicht te krijgen in hoe de nieuwe auto's het beter doen. Van die auto's is in principe immers heel veel informatie beschikbaar. Echter moeten we dan tegelijkertijd in staat zijn om te laten zien hoe de 'oude auto' op de corresponderende aspecten minder goed presteert.

Zoals genoemd is het meest waarschijnlijke scenario dat van een geleidelijke ontwikkeling van geautomatiseerd rijden en de prestaties van de verkeersstroom. De gedachte is dat het qua doorstroming efficiënter wordt, maar veiligheid staat voorop en comfort zal een consumenten-drijfveer zijn.

Onderzoekstechnisch levert de glijdende en organische ontwikkeling een uitdaging op om het effect te bepalen: wat vergelijk je met wat? Wat zijn de nul- en één-situaties?

Of doen we ook het effectenonderzoek stapje voor stapje: per deelfunctionaliteit een afgebakend onderzoek. Google doet het waarschijnlijk niet op die manier.

⁴ Snelheidsverschillen zijn een indicator voor onveiligheid, maar zonder snelheidsverschillen sluiten we niet aan, kunnen we niet inhalen, en komen er ook geen hiaten langs om de benodigde rijstrookwisseling te maken.

Hoe meten en berekenen we de genoemde indicatoren als volgafstand en -tijd, hun verdelingen, strookwisselingen, snelheden? Je zou willen weten hoe de voertuigen met de app, de CC, de ACC, t/m de zelfrijdende auto daarin vertegenwoordigd zijn.

Willen we de totale effecten beschrijven of moeten we ons beperken tot een aantal randvoorwaardelijke indicatoren, slechts bedoeld om de ontwikkeling van de systemen (bij) te sturen?

Voor de onderzoeker geldt dat het technisch mogelijk is om vooral van de geavanceerdere systemen veel gegevens te betrekken van de individuele voertuigen die ermee uitgerust zijn. Zeker is echter dat we van de 'kale auto' in ieder geval *geen* andere gegevens krijgen: detectie vanaf de wegwak is daar het enige. Verdere ruwe vragen:

- Kan de CAN-bus ook informatie bevatten over positie voor-/achter-/naastligger? Wie zou daarvoor moeten zorgen?
- Volgtijdverdeling (overall of op punten langs de weg?)
- Verdeling laterale positie (moet per voertuig)

Om het effect van de nieuwe technieken in beeld te brengen, worden we tevens geconfronteerd met het feit dat we het voor het 'traditionele' verkeer, d.w.z. de afgelopen decennia, niet goed vastgelegd hebben. We weten niet hoe 'normale weggebruikers' op dit niveau 'het doen'. Hoe gaan we hiermee om?

Een gangbaar analyse-instrument is het tijdwegdiagram, traditioneel gemaakt op basis van lusedetectie, verrijkt door middel van datafusie, smoothing etc.. Voornamelijk worden ze gebruikt voor snelheden, files. Schokgolven zijn daarin als schuine banden (rode strepen die de lage snelheden voorstellen) te zien. De Spookfile-apps beogen de schokgolven te verminderen, verzachten etc. Dat zou, wil het macroscopisch effectief zijn, te zien moeten zijn aan het patroon in het tijdwegdiagram. Wellicht gerelateerd aan de advies-events, die meegeplot kunnen worden in het diagram, naast het plotten van de trajectoriën van de deelnemers. Kunnen we volgtijdverdelingen etc ook in dit raamwerk overzichtelijk maken?

Hoe kunnen modellen helpen bij het bepalen van de effecten? Microsimulatiemodellen bevatten algoritmes voor het beschrijven van het individuele gedrag. Deze kunnen ingezet worden om gecontroleerd en reproduceerbaar aan enkele 'knoppen' te draaien en het meso- en macroscopische effect te bepalen (opschalen en 'boekhouden'). Dit met het nodige beleid en kennis van de zeggingskracht van de modellen. Belangrijk is dat de mechanismen van de geavanceerde systemen voor co-operatief en geautomatiseerd rijden er goed in zitten, mede op basis van inzichten uit simulaties (rijnsimulator) en praktijktests.

En het OVN?

Voor het onderliggende wegennet kan deels hetzelfde gedachtengoed toegepast worden. Aanvullend daarop geldt dat er meer modaliteiten zijn, dat ook het naderen van geregelde kruispunten specifieke coöperatieve oplossingen kent, en dat kruisend verkeer (o.a. auto's met fietsers, fietsers met voetgangers) een uitdaging vormt voor oplossingen, en dus ook voor effectonderzoek.