

Intelligent Cruise Control met wegkantcommunicatie: effecten op het rijgedrag

Naar het zich laat aanzien kunnen automobilisten over enkele jaren beschikken over Intelligent Cruise Control en over communicatie-systemen tussen de wegkant en hun voertuig. In een simulatorexperiment is onderzocht wat de effecten van deze systemen kunnen zijn op het rijgedrag.

Jeroen Hogema, Richard van der Horst,
Wiel Jaansen
TNO Technische Menskunde
Michèle Coëmet
Adviesdienst Verkeer en Vervoer

In de automobiellindustrie wordt intensief gewerkt aan de ontwikkeling van zogenaamde Intelligent Cruise Controls (ICC's). Dit zijn systemen die niet alleen de snelheid van het voertuig kunnen regelen (zoals een conventionele cruise control), maar die ook in staat zijn om een veilige volgafstand achter een voorligger te handhaven door automatisch het gas en de rem te bedienen. Een dergelijk systeem houdt voor de bestuurder een drastische wijziging van een deel van de rijtaak in. Hij hoeft niet meer zelf gas te geven of te remmen, maar moet in plaats daarvan in de gaten houden of de ICC zijn taak goed verricht. Naar het zich laat aanzien zullen dergelijke ICC's over enkele jaren commercieel verkrijgbaar zijn.

Tegelijkertijd vinden op het gebied van de telematica ontwikkelingen plaats die het mogelijk maken om informatie van de wegkant naar passerende voertuigen te sturen. Dit zou bijvoorbeeld kunnen met behulp van bakens die langs de kant van de weg staan en informatie geven over relevante condities op het komende wegvak, zoals verkeers- of weergegevens. Vervolgens is het technisch nog maar een kleine stap om ICC te integreren met het communicatie-systeem. Een voertuig dat over ICC beschikt kan men zo bijvoorbeeld automatisch aan de snelheidslimiet laten gehoorzamen. Een open vraag bij deze ontwikkelingen is hoe bestuurders met dergelijke systemen om zullen gaan. Om daar een eerste indruk van te krijgen heeft TNO Technische Menskunde in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer een

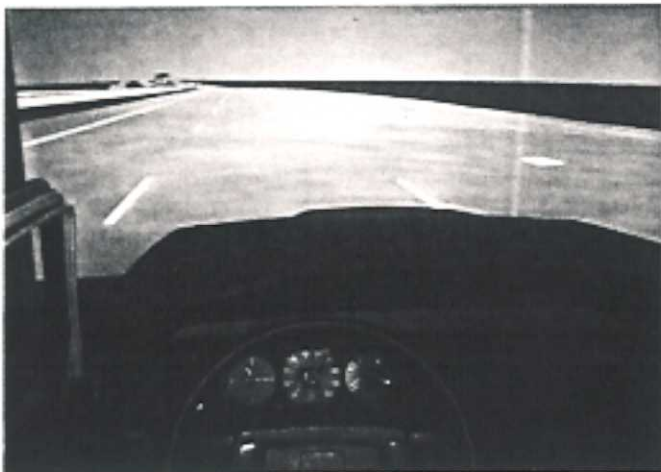
studie uitgevoerd in de TNO-rijimulator. De hoofdvragen hierbij waren hoe de informatie het beste kan worden aangeboden en wat de effecten zijn van informerende versus actief ingrijpende systemen.

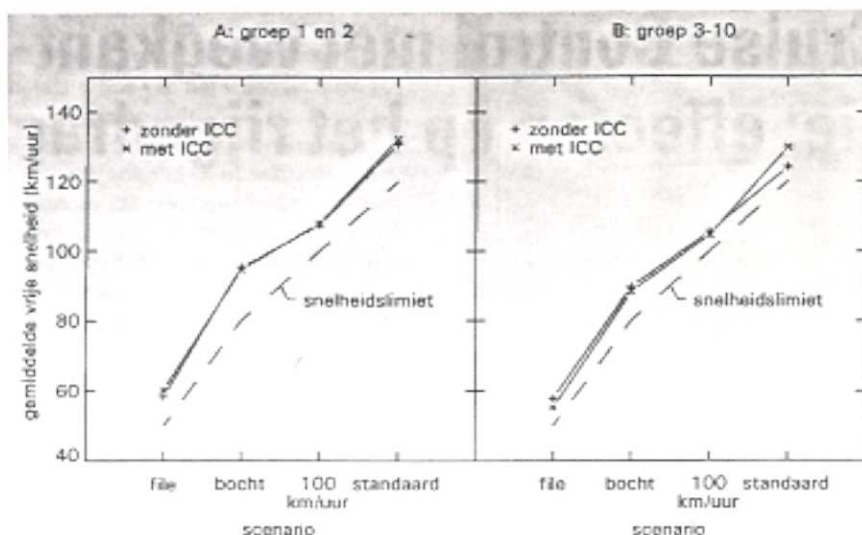
ICC GECOMBINEERD MET COMMUNICATIE

De ICC zoals gebruikt in het experiment was voor een belangrijk deel gebaseerd op de Daimler-Benz ACC [2]. De bestuurder kan hierbij een wenssnelheid instellen, die in de vorm van een ledje op de snelheidsmeter zichtbaar is (figuur 1). Zolang de afstandsensoren geen voorligger detecteert, houdt de ICC deze wenssnelheid aan. Als er vervolgens een langzamere voorligger wordt gedetecteerd, schakelt de ICC automatisch over naar afstandregeling (met als streven een volgtijd van 1,5 s). In deze situatie lichten er op het dashboard extra ledjes op die een indicatie geven van de volgafstand tot de voorligger (figuur 1b). De bestuurder moet zich wel realiseren dat de ICC slechts licht kan bijremmen, en dus niet in staat is om noodstops uit te voeren; de ICC is nadrukkelijk geen anti-botssysteem. Dit betekent dat als een voorligger hard gaat remmen, of als er een veel tragere voorligger genaderd wordt, de bestuurder zelf de controle weer moet overnemen. Een dergelijke kritische situatie is ook in het experiment

1. Dashboard met ICC-indicatoren en simulator-beeld.

- a. ICC ingesteld op 130 km/uur, geen voorligger.
b. ICC ingesteld op 130 km/uur, met een voorligger die 100 km/uur rijdt.





2. Gemiddelde vrije snelheid als functie van scenario en ICC-aanwezigheid.

a. controlegroep en onafhankelijke ICC.
b. ICC's met communicatie.

opgenomen: bij het naderen van de stilstaande file moest de bestuurder zelf de controle overnemen om een botsing te voorkomen.

Er is een duidelijk verschil tussen de Daimler-Benz-AICC en de ICC uit dit experiment. Bij de Daimler-Benz AICC kan de bestuurder bij ingeschakelde AICC zijn voet van het gas nemen, maar bij de ICC uit het experiment moest de voet op

het gas blijven om de ICC werkend te houden: loslaten van het gaspedaal had tot gevolg dat onmiddellijk de ICC werd uitgeschakeld. Dit werd gedaan uit veiligheidsoverwegingen. Het voorkomt dat de bestuurder in plotselinge noodgevallen naar het rempedaal moet zoeken. Bovendien zou het zonder de voet op het gaspedaal niet mogelijk zijn om via het actieve gaspedaal terugkoppeling te geven.

De ICC werd gecombineerd met een communicatiesysteem bestaande uit bakens op een onderlinge afstand van 500

m, waarmee een boodschap van de wegwijk naar het voertuig kon worden overgezonden. De inhoud van deze boodschap was telkens een snelheidslimiet en zo mogelijk de reden daarvoor (bijvoorbeeld: '50' en 'file').

RIJSIMULATOR-EXPERIMENT

Proefpersonen kregen in de rijnsimulator te maken met diverse scenario's waarbinnen een bepaalde snelheidslimiet van kracht was.

De ritten bestonden voornamelijk uit een standaard-snelwegsituatie met een limiet van 120 km/uur. Daarnaast waren er drie min of meer kritische scenario's:

- een 100 km/uur-limiet zonder duidelijk aanwijsbare reden,
- een 80 km/uur-limiet vanwege een relatief scherpe bocht in de weg (bocht-scenario), en
- een 50 km/uur-limiet vanwege een file (file-scenario).

Elk van deze scenario's werd door de proefpersonen zowel in een volgsituatie als in een situatie zonder voorliggers doorlopen. Dit gebeurde eerst zonder, en vervolgens met een bepaalde uitroepingsvorm van ICC.

In alle ritten waren om de 500 meter portalen met matrixborden boven de weg aanwezig, waarop een snelheidslimiet en de reden voor die limiet getoond kon

ONDERZOCHEDE VARIANTEN

De proefpersonen werden verdeeld in 10 groepen van 6, zoals weergegeven in de tabel. De eerste groep was de controle-groep, wat wil zeggen dat alle ritten zonder ICC werden uitgevoerd. De tweede groep had wel ICC, maar geen communicatie met de wegwijk. Proefpersonen in groep 1 en groep 2 beschikten dus alleen over informatie van buiten het voertuig. De overige acht groepen hadden zowel ICC als wegwijkcommunicatie.

Hierbij werden twee ICC modes onderscheiden: een informerende en een ingrijpende. In de informerende mode kregen proefpersonen op één of andere wijze de informatie aangeboden en werd het vervolgens aan hun zelf overgelaten of ze hun snelheid aanpasten (door een andere wenssnelheid voor de ICC in te stellen, of door de ICC uit te schakelen).

In de ingrijpende mode kregen proefpersonen eveneens de informatie aangeboden, en werd bovendien de nieuwe snelheidslimiet automatisch in de ICC-regeling overgenomen. Als de bestuurder de ICC niet uitschakelde, gaf

zijn voertuig dus automatisch gevolg aan de opgelegde snelheidsbeperking. Deze modes werden gecombineerd met vier verschillende vormen van informatie. In de basis-uitvoering werd een ontvangen snelheidslimiet aangegeven door middel van een knipperend ledje op de snelheidsmeter. De drie andere vormen gaven hiernaast nog extra informatie. De visuele informatie bestond uit standaard verkeersborden die op een kleine kleurenmonitor naast het dashboard getoond werden en zowel

de snelheidslimiet als de reden ervoor aangaven. De auditieve informatie bestond uit het weergeven van een gesproken boodschap, die zowel de snelheidslimiet als de reden ervoor aangaf. Ten slotte was er een variant met zogenaamde 'haptische' informatie, waarbij de bestuurder via een actief gaspedaal [3] een kortdurende trilling te voelen kreeg wanneer een nieuwe snelheidslimiet was ontvangen. Dit werd ondersteund door een gesproken boodschap die de reden voor de limiet aangaf.

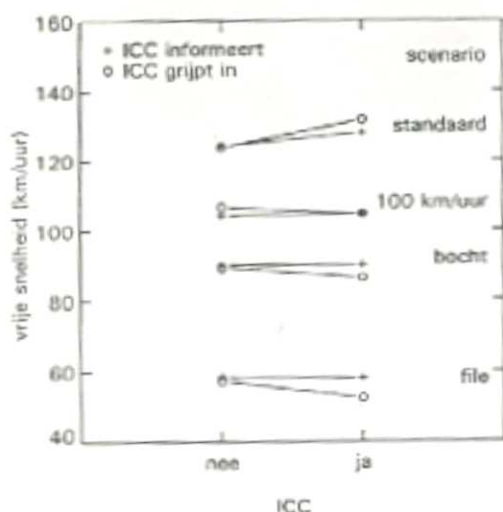
Experimentele groepen

ZONDER COMMUNICATIE

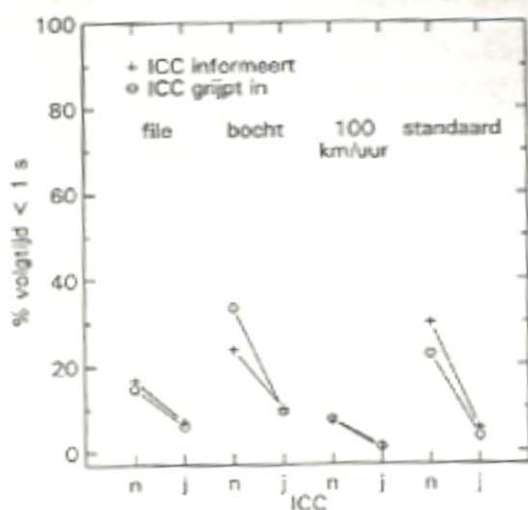
controle-groep	1
onafhankelijke ICC	2

MET COMMUNICATIE

informatie	ICC-informerend	ICC-ingrijpend
basis	3	7
visueel	4	8
auditief	5	9
haptisch	6	10



3. Gemiddelde vrije snelheid als functie van scenario, ICC-aanwezigheid en ICC-mode (alleen ICC's met communicatie)



4. Het percentage korte volgtijden (< 1 s) als functie van scenario en ICC-mode (alleen ICC's met communicatie)

worden (bijvoorbeeld: '80' en het symbool voor 'scherpe bocht'). In overeenstemming met verkeerssignalering zoals toegepast op drukke autosnelwegen in Nederland, werd in de standaard-situatie de limiet van 120 km/uur niet aangegeven. Bij ICC's die gecombineerd waren met wegkant-voertuig-communicatie kwam de informatie binnen het voertuig overeen met de beelden zoals getoond op de matrixborden.

In totaal namen 60 proefpersonen met een rijervaring van minimaal drie jaar en een gemiddeld jaarkilometrage van minstens 10 000 kilometer deel aan het experiment (zie kader).

SNELHEIDSGEDRAG

Ten aanzien van snelheidsgedrag is onderzocht welke onafhankelijke variabelen een effect hadden op de gemiddelde snelheid in situaties waarin de proefpersonen vrijrijdend waren. In de controlegroep en bij de ICC's zonder wegkantcommunicatie (groep 2) was er alleen een effect van de snelheidslimiet: hoe lager de limiet, hoe lager de snelheid (figuur 2a). Bij de ICC's met communicatie (figuur 2b) bleek dat in de conditie met ICC de gemiddelde snelheid daalde in het file-scenario, maar steeg in het standaard-scenario.

Een nadere uitsplitsing naar ICC-mode liet zien dat in de informerende ICC-mode de gemiddelde snelheid in het standaard-scenario steeg, en niet veranderde in de andere scenario's (figuur 3). In de ingrijpende ICC-mode daarentegen daalde de gemiddelde snelheid als er ICC aanwezig was in zowel het file- als in het bocht-scenario, maar in het standaard-scenario was er een toename van de gemiddelde snelheid.

Blijkbaar is er een compenserend mechanisme waardoor het actief verlagen van de snelheid op enkele beperkte secties snelheidsverhogend werkt op de overige delen. Uitgaande van een relatie tussen snelheid en verkeersveiligheid [4] kan dit als een ongewenst effect worden beschouwd. Een mogelijke maatregel hiertegen is om ook in de standaard-situatie met een limiet van 120 km/uur de bakens actief te laten zijn. Hierbij moet wel worden aangetekend dat een bestuurder bij de huidige ICC-opzet altijd de mogelijkheid heeft om het systeem uit te schakelen of te overrulen. Dat kan de effectiviteit van een dergelijk ingrijpend systeem reduceren.

Verder is gebleken dat een systeem in het voertuig dat de bestuurder slechts informeert over de limiet (dus zonder actief in te grijpen) geen ander snelheidsgedrag tot gevolg heeft op wegvakken met een speciale limiet. Wel treedt er ook bij deze systemen op de standaardsecties een snelheidsverhoging op.

MINDER KORTE VOLGTIJDEN

Uit een eerste analyse van het volgedrag bleek dat het percentage van de tijd dat proefpersonen zich in een volgsitu-

atie bevonden (gedefinieerd als een volgtijd van minder dan 5 s) niet door enige vorm van ICC werd beïnvloed. Vervolgens is gekeken naar het percentage van de tijd gedurende welke de volgtijd minder dan 1 s bedroeg. Deze waarde van 1 s wordt veelal gebruikt om gevaarlijk volgedrag van niet-gevaarlijk volgedrag te onderscheiden [5]. Gebleken is dat bij alle vormen van ICC met communicatie een vermindering van deze korte volgtijden optreedt, ongeacht de uitvoeringsvorm (figuur 4). Ook bij de onafhankelijke ICC trad een vermindering van het percentage korte volgtijden op. Deze afname van het aandeel korte volgtijden mocht worden verwacht bij het gebruik van een systeem dat een volgtijd van 1,5 s nastreeft. Gelijktijdig is er een afname van het aandeel langere volgtijden, waardoor uiteindelijk de gemiddelde volgtijd ongewijzigd blijft. De afname van zeer korte volgtijden gaat dus niet gepaard met een algehele toename van volgtijden, wat een ongunstig effect op de wegcapaciteit zou betekenen.

LATERE REMREACTIE

Het deel van de rit waarbij de proefpersonen vrijrijdend een stilstaande file na-

Tabel 1. Effecten van ICC met communicatie bij het naderen van de file (ICC's met wegkantcommunicatie).

variabele	zonder ICC	met ICC
Afstand bij gas los	368 m	321 m
Afstand bij begin remmen	299 m	265 m
TTC bij gas los	11,1 s	9,5 s
TTC bij begin remmen	9,3 s	7,9 s

deren is afzonderlijk geanalyseerd. Hierbij is gekeken naar de afstand tot de file op het moment waarop de proefpersoon voor het eerst het gas loslaat en op het moment dat hij begint te remmen. Bovendien is de Time-To-Collision (TTC) op diezelfde tijdstippen bepaald. De TTC geeft aan over hoeveel seconden de proefpersoon achterop de file zou botsen als hij verder met constante snelheid door zou blijven rijden. Gebleken is dat bij toevoeging van ICC gecombineerd met communicatie al deze parameters enigszins verschuiven in een onveilige richting: proefpersonen reageren als ze ICC hebben later dan wanneer ze geen ICC hebben (tabel 1), maar er blijft nog voldoende marge over. Mogelijke redenen voor een vertraagde reactie zijn een verminderde alertheid van de bestuurder of een overschatting van het remvermogen van de ICC. Ook zou het presenteren van informatie binnen het voertuig de aandacht van de bestuurder van de verkeerssituatie af kunnen leiden, juist op het moment dat zich een kritische situatie ontwikkelt. Belangrijke vragen in dit verband zijn op grond van welke visuele informatie bestuurders besluiten om de controle van de ICC over te nemen, of ze in staat zijn om correct de beperkingen van de ICC in te schatten, en ten slotte hoe de bestuurder het beste kan worden gewaarschuwd als de ICC de situatie niet meer aan kan. Resultaten, verkregen aan de hand van vragenlijsten, lieten overigens zien dat de proefpersonen behoorlijk gunstig over de ICC oordeelden, maar ook dat er enige bezorgdheid was over de mogelijke vermindering van aandacht ten gevolge van de ICC.

VORM VAN DE INFORMATIE ONBELANGRIJK

In het experiment waren er vier verschillende manieren waarop binnen het voertuig informatie aan de bestuurder werd aangeboden: naast een basis-uitvoering was er visuele, auditieve of haptische terugkoppeling mogelijk. De uitvoeringsvorm van de informatie bleek geen enkel verschil tot gevolg te hebben in het rijgedrag. Dit kan worden toegeschreven aan het feit dat de informatie binnen het voertuig redundant was omdat dezelfde boodschap ook op matrixborden boven de weg getoond werd. Als dergelijke systemen werkelijk geïmplementeerd gaan worden, zal de wegkant-informatie echter noodzakelijk blijven zolang niet alle voertuigen zijn uitgerust met zo'n systeem.

LITERATUUR

1. Hogema, J.H., A.R.A. van der Horst en W.H. Janssen, *A simulator evaluation of different forms of intelligent cruise control*, rapport TNO-TM 1994 C-30, TNO Technische Menskunde, Soesterberg, 1994.
2. Müller, R. en G. Nöcker, *Intelligent Cruise Control with fuzzy logic*, *Proceedings of the Intelligent Vehicles '92 Symposium, Detroit, IEEE, 1992*, p. 173-178.
3. Horst, A.R.A. van der, W.H. Janssen en W. Hoekstra, *Nieuwe simulatietechnieken voor verkeersonderzoek*, *Verkeerskunde* nr. 12, 1991, p. 30-35.
4. Nilsson, G., *Speed, accident rates and personal injury consequences for different road types*, report 277, VTI, Linköping, 1984.
5. Evans, L. en P. Wasieleski, *Do accident-involved drivers exhibit riskier everyday driving behavior?*, *Accident Analysis & Prevention* Vol 14, No. 1, 1982, p. 57-64.

KORTWEG

- Combinaties van Intelligent Cruise Control (ICC) met wegkant-communicatie blijken duidelijk effecten te hebben op het rijgedrag.
- Deels zijn deze effecten gewenst, maar deels ook minder gewenst. Het verdient aanbeveling om bij de verdere ontwikkeling van dit soort systemen rekening te houden met de mogelijke nadelen.
- ICC's geven lagere snelheden op secties met een speciale snelheidslimiet, maar hogere snelheden op de overige delen.
- ICC's leiden tot minder korte volgtijden, maar tevens tot een iets vertraagde reactie als de bestuurder zelf de controle moet overnemen.