

F. A. S. Sterrenburg

Computer regelt verkeer op snelwegen

Wie redelijk goed thuis is in de science-fiction literatuur, zal het computergestuurde voertuig al zo'n 20 jaar kennen: men stapt in, voert de code van de gewenste bestemming op een toetsenbord in en laat zich rijden. Of dit ooit wordt verwezenlijkt staat nog te bezien, maar in de loop van dit jaar werd de computer inderdaad betrokken bij het regelen van het verkeer op de Nederlandse snelwegen. Philips Telecommunicatie Industrie werkte in opdracht van, en in samenwerking met, Rijkswaterstaat een systeem uit dat dit jaar in fasen is geïnstalleerd.

Het gaat hier om gedeelten van de trajecten A13 (Den Haag-Rotterdam) en A2/A12 (rond het verkeersplein Oudenrijn), waar het verkeer vanuit een centrale bij Delft en bij Oudenrijn zal worden bewaakt en geregeld. De centrales zullen permanent worden bewaakt door een system-operator in dienst van Rijkswaterstaat en buiten de centrale staan terminals opgesteld voor de politie en de Dienst kring Autosnelwegen van Rijkswaterstaat. Alle betrokkenen kunnen informatie opvragen en via de terminals aanwijzingen op de weg zetten.

Principes en doelstellingen

Op afstanden van 500 meter bevinden zich langs de weg *detectorstations*, die gegevens over het verkeer verzamelen via magnetische lusdetectoren in het wegdek. Op afstanden van 500, 1000 en eventueel 1500 meter (afhankelijk van de verkeersdichtheid op het traject) bevinden zich *onderstations*, die de geschoonde gegevens van de detectorstations verwerken tot data voor de centrale. De centrale kan op grond van deze gegevens automatisch maatregelen op de weg effectueren, of de operator kan de

ze invoeren. De maatregelen worden doorgegeven aan de onderstations voor de betreffende stukken van de weg en worden door de onderstations omgezet in beelden op de weg. Deze beelden – snelheidsbeperkingen en andere – verschijnen in de vorm van lichtende symbolen op *matrices*. Boven iedere rijstrook zijn matrices aan portalen opgehangen nabij de onderstations, dus op afstanden van 500 en 1000 (1500) meter.

De doelstellingen van het systeem zijn de volgende:

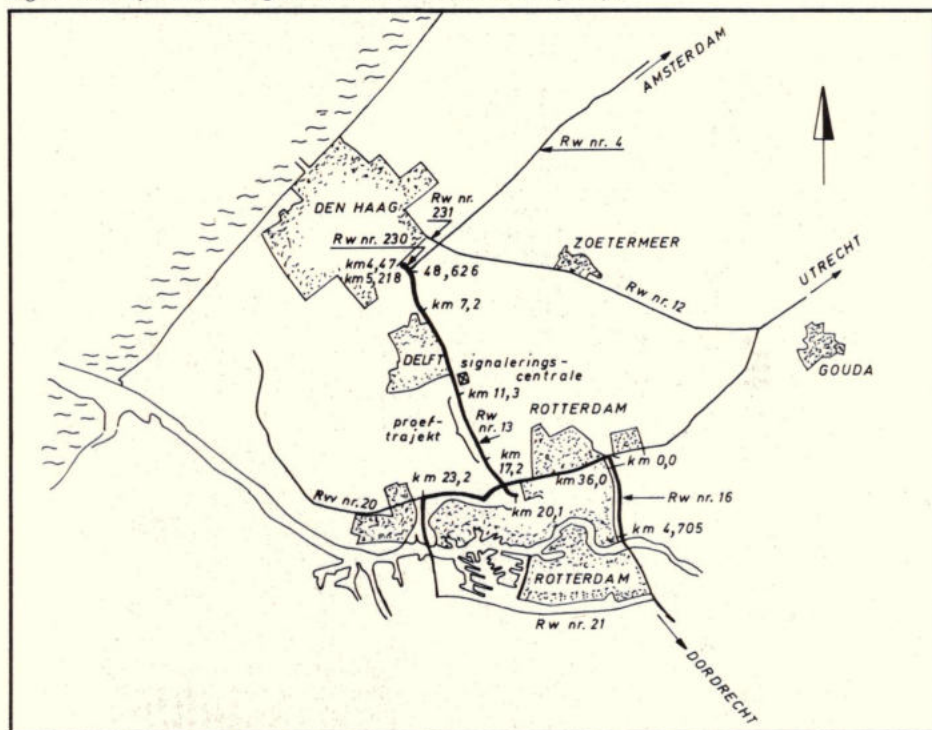
- Beter gebruik van de weg onder normale omstandigheden door een vlotter en ordelijker verkeersstroom.
- Preventie van secundaire ongelukken, bijvoorbeeld als gevolg van een geblokkeerde rijbaan. Dit kan in principe automatisch of op commando van de politie.
- Verminderen van de kans op primaire ongelukken, door de verkeersstroom te homogeniseren.
- Betere verkeersregeling bij uitzonderingstoestanden als werkzaamheden aan de weg of slecht weer.
- Research, onder andere in de vorm van gedragsmetingen. Daaruit kan de Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat bijvoorbeeld afleiden dat als vaste maatregel op zondagmiddag bij de sectie Feijenoord een snelheidsbeperking van „70” moet worden ingevoerd.

Het detectiesysteem

De detectoren die op onderlinge afstanden van 500 m in het wegdek liggen bestaan uit twee draadlussen per rijstrook, met een vaste afstand van 2,5 meter tussen de beide lussen. Een voertuig dat over een lus rijdt veroorzaakt een verandering van de zelfinductie van de lus met 2 à 3%. Met twee detectorlussen ontstaan zo vier meetgegevens uit de signalen: T1 t/m T4. Uit T1-T2 kan de snelheid worden bepaald, wanneer deze bekend is kan uit T1-T3 de zogenaamde bezetijd worden berekend. Dit berekenen gebeurt overigens in het onderstation, het detectorstation levert alleen schone data. Voor een meetnauwkeurigheid van ca. 1% bleken de commerciële detectoren niet te voldoen, aangezien de flankensteilheid te gering was. Daarom werd de lusfrequentie van ca. 100 kHz met een phase-locked loop omgezet naar 2 MHz, de flank van de puls werd verdeeld in intervallen van 12 ms en per interval werd de frequentie bepaald. Zo werd een voldoende hoge resolutie verkregen. Het bleek financieel verantwoord te zijn – dankzij het feit dat vier rijstroken tegelijk konden worden verwerkt – om deze detector-processing door een microprocessor (Z80) te laten verrichten.

De gegevens worden via een asynchrone 300 baud verbinding naar het onderstation gebracht. De gegevens zijn event-driven: elke keer dat een voertuig de lus passeert worden er gegevens geleverd. Omdat de lijn echter bezet kan zijn op het moment dat een volgende wagen de lus passeert,

Fig. 1. Het traject Den Haag-Rotterdam met een centrale bij Delft.



zijn in de detectorstations buffers opgenomen.

De meettijden liggen tussen 4 s en 45 ms, overeenkomend met resp. 2 km/u en 200 km/u. De maximale verkeersstroom die kan worden verwerkt is 2400 voertuigen per uur per rijstrook (maximaal 4 rijstroken) met bovendien per minuut nog een piekaanbod van ca. 10 wagens met een minimale volgtijd van ongeveer 300 ms. In dat geval wordt continu op de lijn gezonden! Elk detectorstation levert zijn gegevens niet alleen aan het dichtstbijzijnde onderstation, maar ook aan het onderstation 500 m verder stroomopwaarts („terug” voor het verkeer) en nog eens 500 m verder terug. De fan-out van een detectorstation is daardoor 3, fan-in van het onderstation is eveneens 3. Zo ontstaat een overlap van de meetgebieden en een extra mogelijkheid tot beveiliging.

Het onderstation, stroomopwaarts

Volgen we de informatiestroom opwaarts, dan komen we bij het onderstation, dat van 3 detectorstations informatie ontvangt. Normaal wordt het onderstation on-line door de centrale bestuurd, maar wanneer de verbinding met de centrale uitvalt (bijv. kabelbreuk door werkzaamheden) kan het onderstation in „local mode” zelfstandig op basis van de gegevens van de 3 aangesloten detectorstations maatregelen treffen. Het onderstation is gebaseerd op de P851 die is gemodificeerd voor het gebruik in de „open lucht” en een andere instructieset

meekreeg. De machine is 16 bit breed, heeft 16 K PROM en 2 K RAM die bij uitvallen van het net overeind wordt gehouden uit een batterijvoeding. Omdat het systeem een groot aantal (ca. 375 in de definitieve versie) onderstations omvat, moet voor de verbinding naar de centrale een time-sharing-line worden gebruikt. Er staan op elke 1200 baud time-sharing-line 32 onderstations, die sequentieel door de centrale worden geadresseerd.

Het transmissiesysteem tussen centrale en onderstations is asynchroon, waarbij elk bericht bestaat uit een startsignaal, 8 databits, een parity check en een stopsignaal. Het ondervragen van het onderstation door de centrale gebeurt in een bepaalde volgorde en zodanig dat de lengte van het antwoord bekend is uit de lengte van de vraag. De centrale kan daardoor beginnen met de volgende vraag gedurende de ontvangst van het antwoord op de vorige. Test- en beveiligingsmaatregelen werden op grote schaal in het gehele systeem opgenomen, zowel in de hardware als in de programma's. Wanneer bijvoorbeeld als gevolg van een storing de communicatie van onderstation naar centrale vastloopt, wordt overgeschakeld naar local mode of (bij ernstiger storing) idle. De processor blijft dan functioneren, het RAM wordt overeind gehouden door de noodvoeding en via een klein communicatieloopje van de serial communication unit kan foutdiagnose worden verricht door een service-eenheid in te pluggen.

De centrale

De centrale bestaat uit twee delen: het operationele deel en het standby deel. Het laatste is in wezen een duplicaat van het eerste en kan bij uitvallen van het operationele

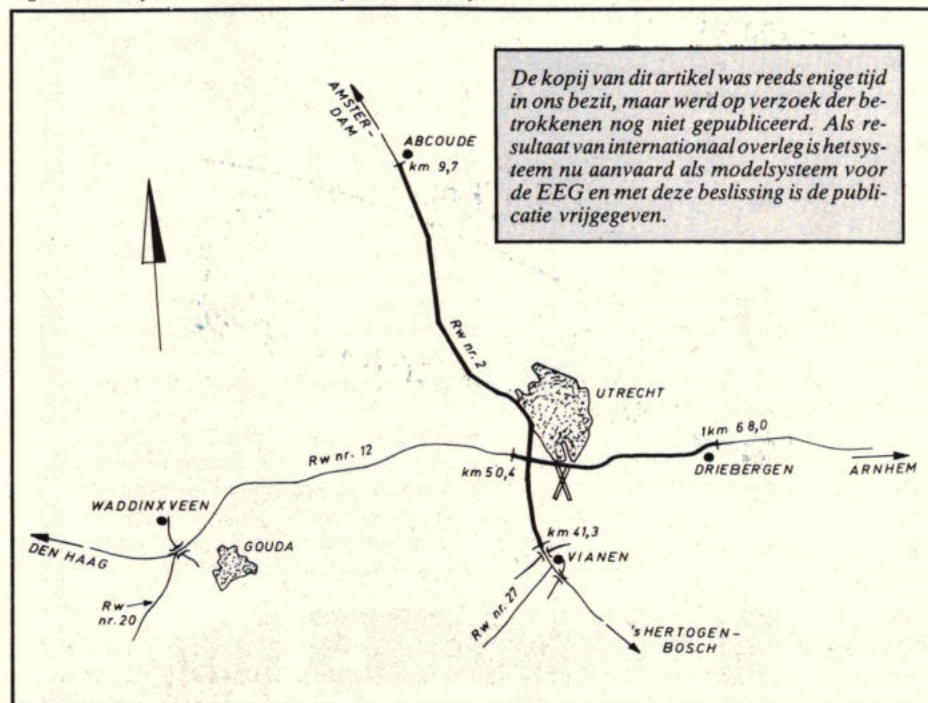
deel binnen een kwartier worden opgestart. Beide bestaan uit een front-end processor die de communicatie met de onderstations verzorgt en een operationele processor die de functies van het systeem zelf verzorgt. Alle vier machines zijn identiek (P 857), alleen bezit de front-end processor 32 K aan geheugen, de operationele 128 K. De standby eenheid kan overigens nog voor twee andere bezigheden worden gebruikt. In de eerste plaats werkt elk onderstation volgens een eigen vast programma, waarvan delen specifiek zijn voor dat onderstation, zoals het aantal bewaakte rijstroken, het aantal lussen en de instelwaarden voor de algoritmen. Dit deel van de totale gegevens zit opgeslagen in een PROM, die door middel van de standby eenheid kan worden gemaakt en dan naar het onderstation wordt gebracht. In de tweede plaats kan de standby eenheid worden gebruikt voor de research. Hiertoe kunnen in het totale systeem maximaal 16 researchunits in de detectorstations worden geplagd. Dit aantal is beperkt door de hoeveelheid data: onder normale omstandigheden werkt het systeem met data-reductie, die voor de research echter niet gewenst is. De stroom niet-gereduceerde data bij intensief verkeer is enorm, zoals een blik op de snelweg gauw verduidelijkt...

De commando's „stroomafwaarts” (dus verkeersmaatregelen betreffend) kunnen op twee manieren ontstaan: door beslissingen van operator, Dienst Autosnelwegen en politie, of als resultaat van de zogenaamde AID. Dit is een programma voor Automatic Incident Detection dat door Rijkswaterstaat werd opgesteld en ongetwijfeld aan de hand van praktijkervaringen nog aanzienlijk zal worden uitgebreid. De gefilterde lusdata worden door het onderstation omgezet in snelheid, dichtheid (aantal voertuigen per eenheid van tijd) en volgtijdverdeling (de verdeling van de intervallen tussen twee voertuigen). Vooral de volgtijdverdeling zal gevoelig reageren op storingen in de verkeersafloop: bij een ongeval zal het verkeer stroomopwaarts een stuwing vertonen, met stroomafwaarts langere intervallen. Hiervoor werd een algoritme ontwikkeld; de gegevens per rijstrook en wegsectie worden omgezet in vier categorieën: stremming, attentie, normaal verkeer en ?? (don't know). Dit gegeven gaat naar de centrale en wordt daar verwerkt tot een maatregel, in combinatie met de uitkomsten van andere onderstations — bijvoorbeeld de snelheidsaanduiding „50”. Dit kan geheel automatisch gebeuren of via een advies aan de operator.

Het onderstation, stroomafwaarts

Stroomafwaarts stuurt het onderstation op commando van de centrale de matrices boven de weg. De beelden die op de weg kunnen worden gezet zijn snelheidsaanwijzingen in wit op lichtende cijfers: 30, 50, 60, 70, 80, 90; linkswijzende pijl, rechtswijzende pijl en „einde restrictie” eveneens in wit; plus een rood afsluitkruis. Op de hoeken van de matrix bevinden zich bovendien

Fig. 2. Het traject rond het verkeersplein Oudenrijn.



computertechniek

knipperlichten die aangaan wanneer een zwaardere restrictie wordt ingevoerd (bijvoorbeeld van 70 naar 50).

In het systeem is ruimte gereserveerd voor andere commandosignalen die in de toekomst in de berm kunnen worden opgesteld. Ook waarschuwingen voor mist en gladheid kunnen worden gegeven.

De matrices

De matrices zijn in principe uitgerust voor 16 lampen (42 V halogeen), waarvan een gedeelte voor toekomstige functies in reserve blijft. Elke lamp stuurt een compleet beeld, via een lenzenstelsel en lichtgeleiders. Verwarrende beelden door het uitvallen van een of meer lampen kunnen ontstaan indien het beeld uit meerdere lampen zou worden opgebouwd. In de gekozen opzet kunnen verwarrende beelden niet ontstaan — er valt een compleet beeld uit en inplaats daarvan zal het onderstation een alternatief beeld op de weg zetten.

De lampen worden voortdurend getest (continue gloeidraadtest): de hardware stuurt voortdurend een klein stroompje door de lampen dat door het programma eenmaal per 200 ms wordt gecontroleerd. Wanneer het onderstation als gevolg van een storing enige tijd niet on-line heeft gewerkt en het wordt weer naar on-line bedrijf opgestart, wordt eerst een complete beproeving van de lampen uitgevoerd. Om te voorkomen dat er een serie uiterst vreemde beelden op de weg komt, wordt deze „super-dimtest” met een veel lagere

spanning gedaan. De hele test duurt slechts een seconde of drie.

Coördinatie en beveiliging

Door het gehele systeem zijn beveiligingen aangebracht tegen storingen, vanwege de zwaarwegende consequenties die een plotseling uitvallen zou kunnen hebben. Vele subsystemen bewaken zichzelf of andere subsystemen: zo bevat het onderstation een „watchdog timer” die langs de programma's loopt en controleert of ze correct worden afgewerkt, en het onderstation bewaakt zijn eigen berichtenstroom naar de centrale om defecten in de lijnen op te sporen. Wanneer een subsysteem uitvalt, is dat volgens het principe van de „graceful degradation”: er vallen niet direct hele blokken uit maar het systeem blijft — zij het eenvoudiger — functioneren. Eén voorbeeld is het in local mode werken van het onderstation, een ander voorbeeld is het om-en-om aansluiten van de onderstations op de time-sharing-line: valt een lijn uit dan valt niet een geheel „blok” onderstations

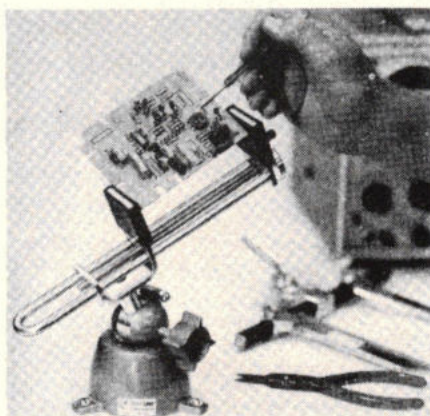
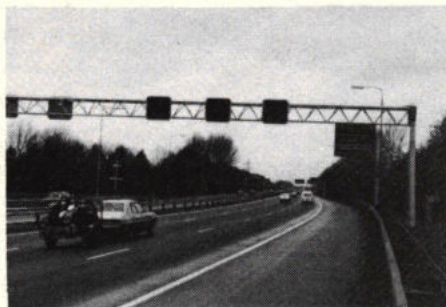
uit, doch wordt als het ware met een grover raster verder gewerkt.

Voor een soepel verloop van het verkeer moet uiteraard in de programmatuur bijzondere aandacht worden besteed aan de coördinatie binnen het systeem. Zo zal een verwijspijl nimmer naar een afgesloten rijbaan kunnen verwijzen (coördinatie tussen de rijstroken), direct na een beeld „90” zal nimmer een afsluitkruis mogen verschijnen. Ook alternatieven moeten kunnen worden gekozen volgens vaste regels wanneer een beeld zou uitvallen. Zo is voor een verwijspijl het enige toegelaten alternatief een kruis. Gezien de zwaarte van de restrictie „afgesloten rijstrook” is daarvoor een dubbele beveiliging aangebracht: valt een van de drie voorradige lampen van het afsluitkruis uit, dan blijft het doordraaien op 2 lampen en tenslotte is nog een éénlampskruis mogelijk.

Bijzonder complexe en kritieke situaties ontstaan bij werken in uitvoering. Op het ogenblik vereist dat veel extra maatregelen die door personeel moeten worden genomen en voor dat personeel risico's meebrengen. In dit geval — waarbij bepaalde maatregelen minimaal een half uur van tevoren moeten ingaan — vermindert de computer de risico's ook sterk.

In de toekomst zullen de mogelijkheden van dit systeem nog verder worden ontwikkeld. Twee mogelijkheden die voor de hand lijken te liggen zijn automatische waarschuwingen tegen gladheid en mist, maar hiervoor bestaan nog geen voldoende betrouwbare detectoren. Het totale project omvat tot dusver 2 centrales, ca. 350 onderstations en ca. 450 detectorstations en bestrijkt 400 km snelweg.

Afb. 1. Een van de portalen waaraan de matrices zullen worden opgehangen. Hier op het traject Utrecht-Amsterdam.

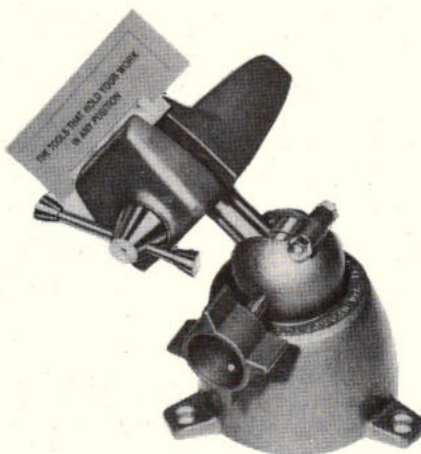


PanaVise Bankschroefjes draaien en kantelen Uw werkstuk in elke stand.

Vele accessoires o.a.:

- Printplaathouder
- Werkstukklep met max. spanwijdte v. 165 mm.
- Vacuumvoetstuk
- Bankschroefjes leverbaar met nylon- of stalen bekken.
- Dokumentatie ligt voor U klaar.

PANA VISE®



TECHNICAL TOOLS BV

Postbus 22031 — Hoogstraat 62-64
Rotterdam. Tel. 010-125697 en 125874.