

Coördinatie van maatregelen De stand van zaken

Ronald van Katwijk
TrafficQuest
TNO

Henk Taale
TrafficQuest
Rijkwaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart
TU Delft

Samenvatting

Er zijn vele manieren denkbaar waarop invulling kan worden gegeven aan de gecoördineerde inzet van verkeersmanagementmaatregelen in een netwerk. In eerste instantie wordt meestal voor een pragmatische, reactieve en op redeneerregels gebaseerde, aanpak gekozen. Daarna wordt stap voor stap naar een steeds geavanceerdere, proactieve en modelgebaseerde aanpak toegewerkt. In de praktijk heeft iedere aanpak verschillende verschijningsvormen en worden beide aanpakken in de praktijk ook meestal vermengd.

Trefwoorden

Verkeersmanagement, coördinatie van maatregelen, regelscenario's, netwerkmanagement

1. Inleiding

Als gevolg van de toenemende congestie en de scherpere randvoorwaarden aan het verkeerssysteem voor doorstroming, veiligheid en luchtkwaliteit, zal het aantal verkeersmanagementmaatregelen almaar toenemen. Echter, hoe dichter het netwerk van maatregelen wordt, hoe groter de kans dat maatregelen elkaar in hun werking beïnvloeden. De overgrote meerderheid van de in Nederland ingezette maatregelen, waaronder dynamische route-informatiepanelen, verkeersregel- en toeritdoseerinstallaties, functioneren volledig autonoom. Lokale verstoringen in de afwikkeling van het verkeer worden afgehandeld zonder een beroep te doen op andere verkeersmanagementinstrumenten en zonder de hulp in te roepen van een hoger verkeersmanagementniveau. Dit autonoom functioneren is op zich een goede eigenschap: de maatregel kan snel op verstoringen reageren. De keerzijde is echter dat een effectieve werking van het netwerk als geheel niet kan worden gegarandeerd. Om een effectieve werking van het netwerk als geheel wel te kunnen garanderen, is vereist dat de inzet van maatregelen op elkaar wordt afgestemd. Vooral in stedelijke gebieden is dat belangrijk. De met verkeerslichten geregelde kruispunten liggen daar vaak zo dicht bij elkaar, dat de verkeersvraag op een kruispunt wordt beïnvloed door de verkeerslichtenregeling op één of zelfs meerdere naburige kruispunten.

Begin jaren tachtig van de vorige eeuw werd online netwerkmanagement van verkeersregelingen realiteit als gevolg van de ontwikkeling van SCOOT en SCATS. Waar in de beginjaren de verkeersregelingen slechts met een beperkte frequentie en voor een beperkt aantal regelparameters konden worden bijgesteld, zijn deze netwerkregelingen in een aantal generaties steeds verder geëvolueerd. Intussen wordt al gesproken over de vierde generatie systemen. Een netwerk houdt echter niet op aan de randen van de stad en wordt ook niet alleen door verkeerslichten geregeld. Er is dan ook een groeiende behoefte aan integraal netwerkmanagement. Verwacht mag worden dat integraal netwerkmanagement, dat zowel het stedelijke als het hoofdwegenet bestrijkt, nog een verdere winst kan opleveren voor doorstroming, veiligheid en luchtkwaliteit.

Dit paper gaat in op de verschillende manieren van coördinatie van maatregelen die mogelijk zijn en op de huidige situatie in Nederland. Ook worden de laatste ontwikkelingen besproken. Het paper is een bewerking en inkorting van het TrafficQuest rapport “Coördinatie van maatregelen – State-of-the-Art achtergronddocument” [Katwijk & Taale, 2012]. Het volledige rapport is te downloaden van de website van TrafficQuest (www.traffic-quest.nl).

2. Manieren van coördinatie

Er zijn vele manieren denkbaar waarop invulling kan worden gegeven aan de gecoördineerde inzet van verkeersmanagementmaatregelen in een netwerk. In eerste instantie wordt meestal voor een pragmatische, reactieve en op redeneerregels gebaseerde, aanpak gekozen. Daarna wordt stap voor stap naar een steeds geavanceerdere, proactieve en modelgebaseerde aanpak toegewerkt. Hieronder wordt in het kort een beeld geschetst van beide aanpakken. Het betreft hier in beide gevallen uitersten. In de praktijk heeft iedere aanpak verschillende verschijningsvormen en worden beide aanpakken in de praktijk ook meestal vermengd.

Reactief regelen met redeneerregels

Dit is de meest simpele manier van regelen. Op basis van de huidige toestand, de stand van de maatregelen en andere informatie worden met logische redeneerregels (bijvoorbeeld in de vorm van IF ... THEN ... ELSE) de maatregelen aangestuurd. Deze logische redeneerregels worden idealiter opgesteld op basis van algemene verkeerskundige principes en lokale domeinkennis. De logische redeneerregels reflecteren impliciet een mentaal verkeerskundig model: gegeven een bepaalde verkeersstoestand, hoe zou deze zich verder kunnen ontwikkelen en wat voor maatregelen zouden genomen kunnen worden om deze ontwikkeling in positieve zin te beïnvloeden.

Deze manier van regelen vereist een goede lokale domeinkennis. Aangezien de redeneerregels op basis van ervaring worden opgebouwd is het als zodanig minder geschikt voor situaties die zich nog niet eerder hebben voorgedaan.

Voordelen

- Vereist geen expliciet verkeersmodel.
- Maakt goed gebruik van lokale kennis.
- De regelmethode is eenvoudig te begrijpen en ook de regeldoelen en randvoorwaarden zijn op een begrijpelijke manier te verwerken.

Nadelen

- Niet iedere situatie wordt afgedekt.
- Invulling van de regeleenheid is zeer specifiek voor het doelgebied.
- Vaststelling van de juiste set van redeneerregels vergt veel tijd.

Voorspellend regelen

De beste manier voor het regelen van een netwerk is met Model Predictive Control (MPC). Uitgaande van de toestand in het netwerk en de huidige stand van de maatregelen wordt met een model een voorspelling gemaakt van de situatie in het netwerk over een bepaalde periode, bijvoorbeeld een half uur. Daarna wordt met een optimalisatieproces de stand van de maatregelen bepaald, zodanig dat daarmee een doelfunctie wordt geoptimaliseerd. Modellen verschillen onderling voor wat betreft hun architectuur, optimalisatiemethode, het aantal parameters dat geoptimaliseerd kan worden en hoe vaak deze kunnen worden aangepast. De gemaakte keuzen beïnvloeden de schaalbaarheid en de kwaliteit van de oplossing. Kort samengevat komt het er op neer dat geen enkele oplossing het in alle situaties even goed zal doen als gevolg van tijdens het ontwerp gemaakte keuzen. Een systeem dat de aansturing van de verkeersregelingen vanuit een centrale aanstuurt kan in principe een optimale instelling van de regelingen gegarandeerd worden. Echter als gevolg van vertragingen in de communicatie en de rekentijd welke benodigd is om grote netwerken door te rekenen zijn deze nieuwe instellingen feitelijk al verouderd. Indien de nieuwe instellingen dichtbij de regeling, dus dichtbij de regeling, worden bepaald, zijn de instellingen actueler, maar, omdat lokaal niet het hele netwerk overzien kan worden, minder nauwkeurig.

Voordelen

- Een echte manier om maatregelen integraal en (deel)netwerkbreed te coördineren.
- Geschikt voor alle situaties, ook incidenten en evenementen.

- Alle regeldoelen en randvoorwaarden zijn in te brengen, maar er kan ook gericht van afgeweken worden als dat voor het deelnetwerk nodig is.

Nadelen

- Er is een dynamisch verkeersmodel nodig om te kunnen voorspellen en optimaliseren. En dat betekent dus ook invoer, zoals een netwerk, een HB-matrix en maatregelen.
- Er is een manier nodig om de maatregelen te kunnen optimaliseren met behulp van een model.

3. Stand van zaken in Nederland

Veel praktijkvoorbeelden van maatregelcoördinatie, zowel in Nederland als elders, hebben betrekking op de coördinatie van maatregelen van hetzelfde type. Een verklaring hiervoor is dat maatregelen van een verschillend type veelal beheerd worden vanuit verschillende systemen en verschillende organisaties of organisatieonderdelen. Het aantal te nemen technische en organisatorische horden alvorens coördinatie van maatregelen van verschillende types kan worden overgegaan is daarmee groter.

Hieronder wordt eerst voor een aantal specifieke maatregeltypen beschreven hoe maatregelcoördinatie in Nederland nu vormgegeven wordt. Vervolgens wordt hetzelfde voor integrale maatregelcoördinatie gedaan. De volgende secties worden onderscheiden:

- Coördinatie van verkeersregelininstallaties;
- Coördinatie van toeritdoseerinstallaties;
- Coördinatie van snelheidsbeïnvloedende maatregelen;
- Coördinatie van route-informatiepanelen;
- Integrale maatregelcoördinatie.

Coördinatie van verkeersregelininstallaties

Groene golven

Het Nederlandse verkeerskundige begrip groene golf wordt gebruikt om aan te geven dat weggebruikers langs hun route meerdere verkeerslichten kunnen passeren zonder te hoeven stoppen. In de meeste gevallen hebben groene golven de vlotte doorstroming van het gemotoriseerde verkeer op een corridor voor ogen, maar ook groene golven voor het fietsverkeer komen voor. Het groen slaat in dit geval op de kleur dat het verkeerslicht heeft bij nadering van een kruispunt. In het Engels spreekt men van de synchronisatie van verkeerslichten ('synchronized signals'). Buiten Nederland roept het begrip green wave eerder een milieuvriendelijker beeld op.

Realisatie van een groene golf vindt doorgaans plaats door de cyclus (de tijd waarin door het verkeerslicht aan alle verschillende richtingen groen wordt gegeven) van de verkeerslichten aan elkaar te koppelen en aan te passen aan de gemiddelde reistijd. Een groene golf kan meerdere doelen dienen. Allereerst is er natuurlijk het reistijdvoordeel voor de doorgaande verkeersstroom. Daarnaast worden groene golven ook steeds vaker toegepast om het milieu en de leefomgeving te sparen, doordat het doorgaande verkeer als gevolg van de groene golf minder hoeft af te remmen en op te trekken. In geval van een groene golf krijgen de voordelen

voor het doorgaande verkeer veelal de aandacht. Voor het dwarsverkeer heeft een groene golf echter vooral nadelen.

Om een groene golf te kunnen realiseren moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan. Een duidelijke doorgaande hoofdstroom is bijvoorbeeld vereist. Voor veel kruispunten geldt echter dat deze ontbreekt en dat de verkeersvraag min of meer evenredig verdeeld is over de verschillende richtingen. In dat geval wegen de voordelen voor het verkeer dat van de groene golf gebruik kan maken niet op tegen de nadelen voor het overige verkeer. Daarnaast mag de afstand tussen de kruispunten niet te groot zijn, omdat de pelotons met vertrekkende voertuigen tussen de kruispunten teveel uiteenvallen en er bij het stroomafwaartse kruispunt teveel groentijd verloren gaat bij de afwikkeling van dit verspreide verkeer. Om weggebruikers te informeren over de aanwezigheid van de groene golf en het van de weggebruiker gewenste gedrag om van de groene golf gebruik te maken kan een snelheidsadvies worden verstrekt. In het door DTV consultants ontwikkelde systeem ODYSA worden snelheidsadviezen onder andere ingezet om groene golven mogelijk te maken op strengen waarbij de afstand tussen de kruispunten voor een reguliere groene golf te groot zijn.

ODYSA

Voertuigen die uit de wachtrij voor een verkeerslicht vertrekken, vormen bij vertrek een hecht peloton voertuigen. Naarmate de tijd verstrijkt en het peloton een grotere afstand overbrugt, valt het peloton steeds verder uiteen tot alleen de losse voertuigen overblijven en er geen clusters van voertuigen kunnen worden onderscheiden. Dit is het gevolg van de interactie tussen de voertuigen en de verschillen in wensnelheid tussen de voertuigen. Het door DTV consultants ontwikkelde systeem ODYSA maakt gebruik van dynamische snelheidsadviezen om vertrekkende pelotons van voertuigen over een langer traject bij elkaar te houden of samen te voegen. Een groene golf kan dan ook gerealiseerd worden bij grotere kruispunt-afstanden. Binnen ODYSA worden daarnaast ook snelheidsadviezen aan weggebruikers komende vanuit de zijstraten verstrekt, zodat ook deze weggebruiker bij het volgende kruispunt ongehinderd kunnen doorrijden. De door ODYSA bepaalde snelheidsadviezen kunnen zowel in het voertuig als langs de weg worden verstrekt. Het aantal signaalgevers is daarbij afhankelijk van de afstand tussen de kruispunten.

SCOOT

In het kader van het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer is onderzoek uitgevoerd naar de toepassing van verkeersregelstrategieën die zich richten op het zo goed mogelijk benutten van de capaciteit van het stedelijke en het hoofdwegenet. Daartoe is het SCOOT systeem in Nijmegen geïmplementeerd en geëvalueerd [Middelham & Taale, 1996]. De eerste evaluatie liet zien dat de resultaten met betrekking tot het verkeerskundig functioneren van SCOOT wisselend waren. In het algemeen was er ten opzichte van het oude, starre regelsysteem geen duidelijke verbetering te meten: in bepaalde periodes en op bepaalde trajecten was SCOOT beter en in andere periodes en op andere trajecten het starre regelsysteem. De tweede evaluatie liet zien dat SCOOT beter anticipeert op de ontwikkelingen in het verkeer. Na twee jaar was het starre systeem slechter gaan presteren, terwijl SCOOT ongeveer hetzelfde presteerde, dus relatief beter. De proef met SCOOT liet ook zien dat real-time systemen gevoelig zijn voor de instellingen van de parameters. Het inregelen van dergelijke systemen vergt dan ook veel inspanning [Taale *et al.*, 1997].

TOPTRAC

TOPTRAC (Trend Optimizing Traffic Control) is een door TPA (thans: Vialis) ontwikkelde netwerkregeling van de tweede generatie. Netwerkregelingen van de tweede generatie

berekenen en implementeren regelingen aan de hand van actuele gegevens en voorspellingen op basis van een model. In geval van TOPTRAC bestaan de actuele gegevens uit de aantallen voertuigen die voor alle richtingen gedurende de laatste twee cycli op basis van de bestaande detectie geteld zijn. Het door TOPTRAC gebruikte model is een real-time variant van TRANSYT. Het model wordt gebruikt om een set maatregelinstellingen te bepalen waarbij de waarde voor een vooraf gekozen optimalisatiecriterium (meestal verliestijd of aantal stops) zo klein mogelijk te maken voor het hele netwerk. TOPTRAC hanteert dezelfde regel filosofie als het hierboven genoemde Engelse systeem SCOOT.

UTOPIA-SPOT

UTOPIA-SPOT is een door Mizar Automazione ontwikkelde netwerkregeling welke in Nederland tot voor kort actief vermarkt werd door Peek Traffic. Het moederbedrijf van Mizar Automazione, SWARCO, is sinds kort eveneens actief op de Nederlandse markt. UTOPIA-SPOT is een regeling van de derde generatie. Netwerkregelingen van de derde generatie onderscheiden zich van regelingen van de tweede generatie doordat de optimale set maatregelinstellingen vaker en fijnmaziger kunnen worden bepaald.

ImFlow

Peek en Imtech hebben sinds kort een eigen netwerkregeling op de markt gebracht onder de naam ImFlow. Een van de belangrijke verkoopargumenten achter het systeem is dat het met ImFlow makkelijker is om direct naar beleidsdoelen te optimaliseren. Het systeem is door Peek zelf beproefd in Helmond met goede resultaten. Over de werking van ImFlow is op dit moment nog niet veel bekend

Coördinatie van toeritdoseerinstallaties

Er zijn een aantal redenen om toeritdoseerinstallaties te coördineren. Coördinatie is zinvol wanneer een enkele toeritdoseerinstallatie niet in staat is de instroom op het hoofdwegennet voldoende te doseren. Dit wordt veelal veroorzaakt doordat de beschikbare opstelruimte op de toerit volloopt en de wachtrij dreigt terug te slaan op het onderliggend wegennet. Een andere oorzaak kan zijn dat de verkeersstroom op het hoofdwegennet van zichzelf al groter is dan de capaciteit van een stroomafwaarts knelpunt. In dat geval is een individuele toeritdoseerinstallatie niet in staat het verschil te maken. Een andere reden waarom coördinatie zinvol is, is om zodoende de pijn wat beter te verdelen. In de literatuur worden verschillende strategieën voor de coördinatie van toeritdoseerinstallaties beschreven, waaronder model-gebaseerde strategieën en regel-gebaseerde strategieën.

In Nederland is nog geen praktijkervaring voor wat betreft de coördinatie van toeritdoseerinstallaties. Daarentegen is de ring rond Amsterdam wel veelvuldig in (internationale) modelstudies gebruikt als proefgebied voor gecoördineerde toeritdosering. De coördinatie van de toeritdoseerinstallaties was één van de voorgestelde onderdelen van de Praktijkproef Verkeersmanagement Amsterdam (zie paragraaf 'Integrale maatregelcoördinatie').

Coördinatie van snelheidsbeïnvloedende maatregelen

In Nederland is sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw op ongeveer 1000 kilometer van het autosnelwegennet verkeerssignalering aangebracht [RWS, 2007]. Het betreft hier vooral de drukste gedeelten van het netwerk.

Automatische Incident Detectie (AID)

Verkeerssignalering waarschuwt de automobilist bij nadering van een file of ander incident [Jenezon *et al*, 1987]. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van knipperende lampen in de hoeken van de signaalgever. Naast dat verkeerssignalering een waarschuwing kan afgeven aan het naderende verkeer, kan het naderend verkeer tevens dynamisch een andere maximum snelheid worden opgelegd. Voorts maakt het verkeerssignaleringssysteem het mogelijk rijstroken te sluiten.

Door middel van lussen die per rijbaan om de paar honderd meter in het wegdek zijn aangebracht worden de intensiteiten en snelheden bepaald per rijstrook. Door middel van algoritmes worden op een decentrale manier de benodigde ingrepen bepaald en aan displays aan de portalen boven de weg doorgegeven. De verkeerscentrale kan hierop zo nodig handmatig ingrijpen.

Op een klein aantal trajecten zijn voor- en nastudies verricht om de impacts van de verkeerssignalering te bepalen. Daarnaast is een groter aantal wegvakken met en zonder verkeerssignalering vergeleken op het punt van maximale verkeersintensiteit. Uit de diverse studies bleek dat (voor de situatie met verkeerssignalering vergeleken met de situatie zonder verkeerssignalering):

- a. De capaciteit van de wegvakken en de doorstroming onder reguliere condities (dat wil zeggen zonder ongevallen of andere incidenten) met ongeveer 5% toeneemt;
- b. Het aantal primaire ongevallen met 15%-45% en het aantal secundaire ongevallen met ca. 35% afneemt;
- c. Het aantal schokgolven met circa 50% afneemt.

SPECIALIST

Het SPECIALIST algoritme is gericht op het oplossen van filegolven [Hegyí *et al*, 2008]. De uitstroom van filegolven, aan de kop van de file, wordt bepaald door de maximale uitstroom die uit stilstaand verkeer te bereiken is. Deze bedraagt ongeveer 70% van de normale capaciteit van de snelweg. SPECIALIST lost filegolven op door de maximumsnelheid stroomopwaarts van de file naar beneden bij te stellen, zodat de aangroei van de file wordt vertraagd en zo eerder kan oplossen. Als het algoritme een filegolf detecteert, wordt eerst bepaald of deze filegolf oplosbaar is. Dit is onder meer afhankelijk van de lengte van het traject en de mate van opvolging van de verlaagde limiet. SPECIALIST is getest op de A12 tussen Bodegraven en Woerden in een praktijkproef met dynamische maximumsnelheden [Burgmeijer *et al*, 2011]. De maximumsnelheid werd hier in geval van een schokgolf stroomopwaarts verlaagd van 120 km/u naar 60 km/u (met stappen van 20 km/u). De getoonde limieten zijn bijzonder dynamisch. De 100 en 80 km/u limieten worden zeer kort getoond – echter lang genoeg voor weggebruikers om altijd een 100 of 80 km/u limiet tegen te komen voordat ze een 60 km/u limiet zien. De snelheidslimiet van 60 km/u wordt wat langer getoond. De meeste ingrepen betreffen korte files met een tijdsduur van enkele minuten en een lengte van enkele kilometers.

Uit de evaluatie van deze praktijkproef is gebleken dat het SPECIALIST algoritme in de proefperiode gemiddeld 1,6 keer per dag ingegrepen heeft, waarvan in 48% van de gevallen voor een filegolf. Het relatief grote aantal activeringen voor niet-filegolven komt o.a. door een defecte meetlus en doordat het moeilijk is om onderscheid te maken tussen een staande file en een filegolf op het moment dat de file net is ontstaan. Tegelijkertijd is het belangrijk om de filegolf zo snel mogelijk te detecteren en zo snel mogelijk in te grijpen en daarom zijn de onbedoelde activeringen geaccepteerd als neveneffect. Het algoritme greep gemiddeld één

keer op de tien filegolven in, waarvan ongeveer 80% is opgelost. In totaal neemt het aantal filegolven dus af met 8%. Van de overige ingrepen is ongeveer 40% opgelost. Gemiddeld wordt per ingreep (filegolven plus andere verstoringen) een winst van 18 voertuigverliesuren behaald. Elke opgeloste filegolf betekent een vermindering van 39 voertuigverliesuren. Het SPECIALIST algoritme zorgt dus voor een verbetering van de doorstroming. Ook blijkt uit de metingen dat het activeren van het algoritme geen nieuwe filegolven of andere files veroorzaakt of doet toenemen.

Coördinatie van route-informatiepanelen

De belangrijkste functie van (dynamische) route-informatiepanelen (DRIP's) is het rerouten van verkeer. Dit kan zowel door te informeren als door het gerichter adviseren en dwingend sturen van verkeer. Hierbij is een onderscheid te maken van het rerouten op afstand en in de nabijheid van het probleemgebied. Er zijn DRIP's (waaronder ook berm DRIP's) voor rijkswegen, regionale en het stedelijke wegennet. De DRIP's kunnen verschillende soorten informatie verschaffen aan weggebruikers en deze informatie wordt grafisch of in tekst gepresenteerd.

In Nederland wordt coördinatie van route-informatiepanelen vooral toegepast in regelscenario's (zie ook de paragraaf over integrale maatregelcoördinatie). Op basis van de toestand in het netwerk wordt besloten om op een set van DRIP's bepaalde, vooraf opgestelde, teksten te laten zien. Dit kan voor werk in uitvoering, evenementen, ongevallen, maar ook voor de reguliere file gedaan worden. Evaluatiestudies laten zien dat de inzet van DRIP's loont. Van de weggebruikers op het hoofdwegennet verandert 4% tot 12% van route. In de stad is dat minder, namelijk 2% tot 3%. De filezwaarte en verliestijd kunnen behoorlijk afnemen, van 7% tot 30% in een zwaar belast netwerk. Met name bij incidenten levert het gebruik en de coördinatie van DRIP's veel op.

Integrale maatregelcoördinatie

Verkeersmanagement is in Nederland gemeengoed geworden, maar tot nu toe zijn vooral lokale maatregelen geïmplementeerd. Ook in het huidige programma voor benutting 'Beter Benutten' gaat het vooral om lokale maatregelen, hoewel er wel aandacht is voor regelscenario's. Regelscenario's zijn vooraf gedefinieerde draaiboeken waarin precies is vastgelegd wanneer en hoe een bepaalde set van maatregelen wordt ingezet. Deze aanpak is in vrijwel alle gevallen realiseerbaar. Deze vorm van integraal netwerkmanagement kent sterke parallellen met de eerste generatie stedelijk netwerkmanagement, maar laat het nog niet toe om maatregelen fijnmazig op elkaar af te stemmen. Eén van de belangrijkste beperkingen van een op regelscenario's gebaseerde aanpak is dat het nooit mogelijk is om alle denkbare relevante situaties die zich in een netwerk kunnen voordoen met behulp van regelscenario's af te dekken.

Om het werken met regelscenario's te vergemakkelijken zijn in Nederland een aantal systemen ontwikkeld. In eerste instantie in eigen beheer of in opdracht van een wegbeheerder, waaronder systemen zoals BOSS (ten behoeve van de verkeerscentrales van Rijkswaterstaat) en de ScenarioManager (regionaal in Noord Holland). In tweede instantie ook door de markt, waaronder systemen als MobiMAESTRO (Technolution) en ViValdi (Vialis). Voor alle systemen geldt dat de regelscenario's handmatig moeten worden gedefinieerd en dat deze

door de systemen niet handmatig kunnen worden gegenereerd of geleerd. Het aantal regel-scenario's kan in potentie heel groot worden. In Noord-Holland werkt de ScenarioManager daarom met zgn. "bouwblokken" in deelnetwerken waardoor het grote aantal mogelijke scenario's in een netwerk gereduceerd wordt.

Een stap verder gaat de Praktijkproef Amsterdam, een regionaal initiatief in en rondom Amsterdam, wat tot doel heeft om de haalbaarheid en de realiseerbaarheid van o.a. integrale maatregelcoördinatie in de praktijk te kunnen beproeven. Binnen de Praktijkproef Amsterdam wordt naar oplossingen voor verkeersproblemen gezocht vanuit het principe 'lokaal waar mogelijk, opschalen wanneer nodig'. Uitgangspunt achter dit principe is dat de complexiteit van netwerkmanagement één op één samenhangt met de complexiteit van knelpunten in het netwerk. In geval van lokale knelpunten in de verkeersstoestand kan dus worden volstaan met de inzet van individuele regeleenheden. Gaan de knelpunten in de verkeersstoestand elkaar echter beïnvloeden, dan moet op een hoger geografisch niveau worden geregeld: eerst op trajectniveau, vervolgens op deelnetwerkniveau en uiteindelijk op netwerkniveau. Andersom vallen knelpunten op zeker moment als gevolg van goed netwerkmanagement en een afnemende verkeersvraag uit elkaar in kleinere knelpunten die (weer) op de lagere geografische niveaus kunnen worden geregeld: van netwerkniveau terug naar deelnetwerkniveau, naar trajectniveau en uiteindelijk naar puntniveau. Dit *opschalen* verloopt via het volgende basisprincipe: wanneer er onvoldoende ruimte is om het probleem op te lossen op het huidige niveau, dan wordt er opgeschaald naar een hoger niveau. Het *terugschalen* verloopt via het omgekeerde principe: wanneer op een lager niveau weer voldoende ruimte is om het probleem op te lossen, dan wordt er naar dit lagere niveau teruggeschakeld.

4. Effectiviteit en ontwikkelingen

Effectiviteit

Met de toenemende bestuurlijke en politieke interesse in netwerkmanagement wordt de vraag luider wat de effecten zijn en hoe groot deze effecten precies zijn. Voor de systemen die voor stedelijk netwerkmanagement worden ingezet zijn veel vergelijkingsstudies beschikbaar. Dit is niet het geval voor systemen die bedoeld zijn om integraal netwerkmanagement te verrichten omdat ontwikkelingen op dit gebied nog in de kinderschoenen staan. Vergelijkende studies voor dergelijke systemen worden veelal verricht in een synthetische omgeving.

Met SCOOT, een systeem van de eerste generatie, zijn vertragingstijden gereduceerd met zo'n 20% met uitschieters naar boven en naar beneden. Ook in Nederland zijn systemen voor stedelijk netwerkmanagement getest. Begin jaren 90 is het SCOOT systeem in Nijmegen geïmplementeerd en geëvalueerd, waarbij bleek dat SCOOT goed kon omgaan met de ontwikkelingen in het verkeer. De reistijden namen met ongeveer 20% af. In de loop van 1997 zijn in Eindhoven vijf kruispunten voorzien van de benodigde hard- en software ten behoeve van UTOPIA-SPOT. Uit de evaluatie bleek dat de rijtijden voor het gewone verkeer in vergelijking met de oude situatie behoorlijk afnamen (met 21%). De situatie voor het openbaar vervoer bleef min of meer gelijk. Voor TOPTRAC zijn voor de toepassing in Roermond winsten gerapporteerd in de ochtendspits van 24% en in de avondspits met 9%. Ter relativering dient opgemerkt te worden dat op lokaal niveau een goede afstelling van

functioneel onvoldoende onderhouden verkeerslichten tot gemiddeld 20-25% reductie in de verliestijden kan leiden, zo blijkt uit een evaluatie van het 'Groene Golf Team'.

Ontwikkelingen

In de coördinatie van maatregelen is een aantal trends zichtbaar. Eén daarvan is dat het netwerk steeds vaker integraal benaderd wordt en dat er een verschuiving is van regelsystemen welke zich primair richten op de coördinatie van gelijksoortige maatregelen (coördinatie van alleen VRI's of alleen TDI's) naar het combineren van ongelijksoortige maatregelen (coördinatie van VRI en TDI of van TDI en DRIP). Een netwerk houdt immers niet op aan de randen van de stad en wordt ook niet alleen door verkeerslichten geregeld.

Daarnaast is er een langduriger trend naar steeds fijnmaziger en anticiperend (ook wel pro-actief genoemd) regelen zichtbaar. Begin jaren tachtig van de vorige eeuw konden de verkeersregelingen in een netwerk op basis van de toen beschikbare systemen slechts met een beperkte frequentie en voor een beperkt aantal regelparameters worden bijgesteld. Inmiddels zijn deze netwerkregelingen in een aantal generaties steeds verder geëvolueerd. Intussen wordt al gesproken over de vierde generatie systemen. Integraal verkeersmanagement zal ook een dergelijke ontwikkeling doormaken. In diverse onderzoeksprojecten is en wordt invulling gegeven aan de volgende generatie integraal netwerkmanagement. Zo is er onderzoek gedaan naar een gedistribueerde, multi-agent, aanpak voor verkeersregelingen [Van Katwijk, 2008] en het anticiperend regelen verkeer, rekening houdend met routekeuze gedrag van weggebruikers en samenwerking tussen wegbeheerders [Taale, 2008].

Een andere duidelijk waarneembare trend betreft de ontwikkeling van coöperatieve systemen. Coöperatieve systemen zullen een wezenlijk onderdeel vormen van volgende generatie systemen voor integraal verkeersmanagement. In eerste instantie wellicht nog alleen als aanvullende databron, in tweede instantie ook als actuator en uiteindelijk als een onvervreemdbaar onderdeel van een integraal verkeersmanagement.

5. Samenvatting

Dit paper geeft een overzicht van de stand van zaken met betrekking tot de coördinatie van maatregelen in Nederland. Het laat zien dat er vele manieren denkbaar zijn waarop invulling kan worden gegeven aan de gecoördineerde inzet van verkeersmanagementmaatregelen in een netwerk. In Nederland is ervaring opgedaan met verschillende vormen van coördinatie. Het gaat veelal dan om de coördinatie van gelijksoortige maatregelen en het gebruik in regel-scenario's. De stap naar gecoördineerd netwerkbreed verkeersmanagement is nog niet gemaakt, maar er zijn wel ontwikkelingen die die richting uitgaan. De Praktijkproef Verkeersmanagement Amsterdam is daar een goed voorbeeld van. Maar ook in de wetenschappelijke wereld wordt veel onderzoek gedaan naar manieren waarop coördinatie van maatregelen zal leiden tot het behalen van de doelstellingen die men met verkeersmanagement voor ogen heeft.

Referenties

- Burgmeijer, J., A. Eisses, J. Hogema, E. Jonkers, S. van Ratingen, I. Wilmink, T. Bakri, en T. Vonk (2010). "Evaluatie dynamisering maximumsnelheden", rapport in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, juni 2010.
- Hegyí, A., S.P. Hoogendoorn, M. Schreuder, H. Stoelhorst and F. Viti (2008). "SPECIALIST: A dynamic speed limit control algorithm based on shock wave theory", Proceedings of the 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Beijing, China, Oct. 12-15, 2008, pp. 827 – 832.
- Jenezon, J., J. Klijnhout and H. Langelaar (1987). "Motorway control and signaling", *Traffic Engineering and Control*, Volume 28, No. 6, June 1987.
- Katwijk, R.T. van (2008). "Multi-Agent Look-Ahead Traffic-Adaptive Control". PhD Thesis, Delft University of Technology, TRAIL Thesis Series T2008/3, January 2008.
- Katwijk, R.T. van en H. Taale (2012). "Coördinatie van maatregelen – State-of-the-Art achtergronddocument", TrafficQuest rapport, oktober 2012 (te downloaden van www.trafficquest.nl).
- Middelham, F. and H. Taale (1996). "SCOOT Compared". Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Transport Systems, Orlando, Florida, October 1996.
- Rijkswaterstaat (2007). "Verkeersmanagement 2020 – de verkeersmanagement ambitie van Rijkswaterstaat voor hoofdwegen", Den Haag, februari 2007.
- Taale, H., J. Dibbits en W.C.M. Fransen (1997). "Real-time regelen in de stad", *Verkeerskunde*, jaargang 48, nummer 6, juni 1997.
- Taale, H. (2008). "Integrated Anticipatory Control of Road Networks – A game theoretical approach", PhD thesis, Delft University of Technology, TRAIL Thesis Series T2008/15, November 2008.