

Nog even wachten voor meer rust

De stad toegankelijk houden is een uitdaging. Adviesbureau Sweco ontwikkelt software voor verkeerslichten. “We willen graag dat verkeerslichten nog meer gebruik gaan maken van informatie uit de omgeving”, aldus Sandra Kamphuis van adviesbureau Sweco.

Verkeerslichten zijn steeds intelligenter geworden. Waar ze in het verleden volgens een vast patroon schakelden, passen ze tegenwoordig hun gedrag aan het verkeer aan. Staat er niemand op de lus, dan slaat het verkeerslicht die baan over. Komt er nog een auto aangereden, dan mag die nog aansluiten in het treintje dat net door groen gaat.

Bovendien werken steden met scenario's voor hun verkeerslichten. De instelling van de verkeerslichten verandert als het bezoek is bij het naastgelegen ziekenhuis, tijdens de ochtendspits of wanneer er een voetbalwedstrijd in de stad is. “In het oosten van het land hebben de verkeerslichten zelfs een scenario voor Duitse feestdagen, dan komen er veel Duitsers winkelen. Het verkeer komt dan echt uit een andere hoek dan normaal. Veel van die scenario's kan je inprogrammeren, die gaan dan automatisch lopen. Andere scenario's activeer je wanneer het nodig is, bijvoorbeeld wanneer er een groot evenement in de stad is”, vertelt Sandra Kamphuis. Zij werkt als productmanager aan Smart Traffic. Sweco is een adviesbureau dat werkt aan de stad van de toekomst, en onder meer software maakt voor de bediening van verkeerslichten.

Sweco's sturingssoftware voor verkeerslichten bepaalt nu per kruispunt de beste oplossing. “De verkeerslichten weten wel van naastliggende kruisingen hoeveel verkeer eraan komt, maar bepalen lokaal de beste oplossing. Ze houden daarbij geen rekening met wat de burens doen met het verkeer dat hun kant op komt”, vertelt Kamphuis. “Terwijl dat wel verstandig kan zijn. Bij grote drukte kan je het verkeer dan beter over de kruispunten doseren, waardoor ze niet overvol raken.” Zij vroeg de wiskundigen van de Studiegroep Wiskunde met de Industrie mee

te denken over hoe je dit zou kunnen veranderen. In de toekomst wil Sweco toe naar verkeerslichten die bijvoorbeeld ook inspelen op files op de omliggende snelwegen, vertelt Kamphuis.

Wiskundige Rogier Brussee deed voor de derde keer mee aan de studiegroep. Hij koos voor Sweco's vraag omdat hij die de meeste uitdagende vond: "Echt een om op te kauwen, hier was niet zo duidelijk hoe je het probleem moest benaderen." Brussee vertelt dat Sweco bij verkeerslichten met een optimalisatiefunctie de wachttijd in het kwadraat van de individuele auto's minimaliseert. Door niet de wachttijd zelf te optimaliseren, maar het kwadraat ervan, worden lange wachttijden van individuele auto's afgestraft – wat goed is omdat niemand graag lang wacht voor een verkeerslicht. "Het zou voor de doorstroming vaak beter zijn als je een paar mensen écht lang laat wachten, maar dan worden mensen boos en gaan ze gekke dingen doen."



Wat goed is voor de wachttijd bij één verkeerslicht, is niet per definitie goed voor de doorstroming van de hele stad. Brussee vertelt dat de wiskundigen bij het benaderen van het probleem de volgende gedachte als basis namen: als mensen lang moeten wachten bij een overvol kruispunt, dan hoef je ze bij het kruispunt ervoor niet supersnel door te laten – dan kunnen ze net zo goed daar nog even wachten. "Zo kan je de druk van het kruispunt verspreiden over de omliggende kruispunten. Als je dat overal

doet, verbetert hopelijk de algehele doorstroming in de stad.” Wat je vooral wilt voorkomen, benadrukt Brussee, is een zogeheten *gridlock*; in het Nederlands een verkeersinfarct. “De auto’s staan dan op het kruispunt stil, omdat de afvoerwegen vanaf het kruispunt al helemaal vol zitten. Die gestrande auto’s verstoppen dan je kruispunt, waardoor ook het verkeer in andere richtingen ook niet verder kan. Als dat gebeurt ben je de sjaak. Je wilt bij grote drukte graag dat de omliggende verkeerslichten het verkeer weghouden van het dichtslibbende kruispunt.” Een systeem dat elk kruispunt afzonderlijk optimaliseert, kan zo’n verkeersinfarct in de hand werken: het probeert immers alleen het eigen kruispunt zo snel mogelijk leeg te krijgen, zonder dat het weet heeft van de consequenties elders.

Sweco stelde wel als strenge eis dat de verkeerslichten als losstaande eenheden blijven werken. Het is niet de bedoeling dat er software komt voor het hele netwerk: ieder verkeerlicht blijft zijn eigen beslissingen nemen. Wat wel mag, is informatie van het ene verkeerslicht aan het andere voeren. Brussee vertelt dat die eis stiekem wel prettig was. “Een kruising heeft al snel 12 verkeerslichten. Die kan je in theorie op 2¹² manieren instellen, al zijn er regels die niet alle combinaties toestaan. Wanneer je meerdere kruisingen gaat verbinden, loopt het aantal mogelijkheden gigantisch uit de klauw.”



Een gridlock, of verkeersinfarct, ontstaat wanneer auto's de kruising oprijden maar er niet meer af kunnen.

Ieder verkeerslicht wordt bediend met behulp van een optimalisatiefunctie, die op basis van het aankomend verkeer bepaalt hoe de lichten schakelen. “Wat ons al snel duidelijk werd, is dat je zelden exact weet hoeveel auto’s er van het ene verkeerslicht naar het volgende komen”, legt Brussee uit. “Auto’s rijden niet allemaal even hard, ze kunnen onderweg stoppen of afslaan.” Wat wel kan, is meer algemene informatie verstrekken. Een verkeerslicht kan bijvoorbeeld wel doorgeven aan een naburige kruising dat het druk is en dat er gemiddeld zoveel auto’s per minuut haar kant opkomen. Met die informatie gingen de wiskundigen aan de slag. “We hebben aangenomen dat elk kruispunt een verwachting voor de wachttijd voor de komende tien minuten kan geven aan zijn directe burens. Dat is goed te doen: in het simpelste geval houd je elke minuut voor elk kruispunt de gemiddelde wachttijd over de laatste tien minuten bij en extrapoleer je dat. Die informatie gebruiken we voor de optimalisatie van de lichten op de kruispunten er omheen.” Het algoritme doet dan minder zijn best om de wachttijd te verkorten voor auto’s die doorstromen richting een druk kruispunt. Zo verlicht het algoritme de druk op kruispunten met een lange verwachte wachttijd.

Voordeel van de methode is dat ze eenvoudig te implementeren is. “Iedere kruising heeft immers al een optimalisatiefunctie, waarop de beslissingen voor de verkeerslichten zijn gebaseerd. Dit is slechts een extra term in die functie. De rest van de software hoeft er geen weet van te hebben. Je moet er wat standaardberichten voor uitwisselen tussen de systemen”, vertelt Brussee. Hij benadrukt dat dit ook is wat de Studiegroep Wiskunde met de Industrie zo leerzaam maakt voor academisch wiskundigen: “Je kan wel superintelligente oplossingen verzinnen, maar uiteindelijk moet een bedrijf er wel mee uit de voeten kunnen.” Het is dus beter iets te verzinnen wat redelijk werkt en goed te implementeren is, dan iets wat theoretisch optimaal maar in de praktijk te moeilijk. Kamphuis beaamt dat het een grote plus is dat deze methode eenvoudig in te voeren is.

Brussee: “Wat we hopen, is dat die extra term in de optimalisatiefunctie van de verkeerslichten een soort emergent gedrag in het netwerk veroorzaakt. We hopen dat het de drukte zich verspreidt naar de randen van de stad.” Automobilisten moeten daar dan wel wat langer wachten, maar het systeem voorkomt zo hopelijk wel verkeersinfarcten op de beruchte kruisingen in de binnenstad.

Veel tijd om te testen was er niet. Sweco kon de wiskundigen geen toegang geven tot de software van het bedrijf, dus had wiskundige Rémi de Joannis de Verclos in allerijl zelf simulatiesoftware geschreven. Brussee: “We konden daarmee uitproberen wat er gebeurde met een netwerk van drie kruispunten. Daarin leek alles netjes te werken, maar tijd voor meer uitgebreide tests was er niet. De studiegroep heeft een keiharde deadline, op donderdagavond is het klaar. Sweco zal zelf het nu zelf moeten testen binnen de eigen software, en moeten kijken of de gehoopte verbetering inderdaad optreedt.”

Kamphuis geeft aan dat Sweco het idee wil uitwerken in een afstudeerproject. Ze is blij met de uitkomsten van de week. Over de wiskundigen zegt ze: “Je zag het borrelen. Iedereen had zijn eigen ideeën, maar die gedachten kwamen ook weer goed bij elkaar. Als ze gaan, dan gaan ze hard.”