

Flowsim-Live: scenario's doorrekenen on-the-fly met een on-line verkeersmodel

Natascha Kijk in de Vegte, Jaap van Toorenburg (Transpute)

Bij calamiteiten wordt van een verkeersleider doortastend optreden verwacht. Als de situatie complex is omdat er meerdere mogelijkheden zijn, is een hulpmiddel om de consequenties van maatregelen vooraf door te rekenen wenselijk. Verkeersmodellen hebben in een on-line omgeving een belangrijke handicap: voordat men de situatie heeft ingebracht en doorgerekend zijn de gouden minuten misschien wel voorbij, inzet van een model moet niet tot vertraging van beslissingen leiden. Met de ontwikkeling van **Flowsim-Live** is geprobeerd dit struikelblok opzij te zetten en de weg vrij te maken naar invulling van een belangrijke lacune in DVM.

Flowsim-Live

Flowsim-Live is een on-line versie van het bestaande verkeersmodel Flowsimulator (zie kader). 'On-line' houdt in dit geval in dat het *startpunt* van de simulatie voortdurend gelijk gehouden wordt aan de *actuele* situatie. Op elk willekeurig moment kan dus een simulatie worden gestart. Om als bruikbaar hulpmiddel in verkeerscentrales te kunnen functioneren hebben we ons voor de ontwikkeling van Flowsim-Live twee doelen gesteld:

1. het moet binnen een minuut tenminste 4 scenario's tenminste 4 uur vooruit kunnen doorrekenen en vergelijken.
2. het moet automatisch de actuele verkeerssituatie overnemen uit de meetlusgegevens, dus inclusief uitstaande files, en dit als startsituatie nemen voor een modelberekening.

De testversie heeft inmiddels deze beide doelen gehaald. Deze bijdrage gaat in op:

- hoe het model de snelheidseis heeft gehaald,
- welke problemen we tegenkwamen bij het in real-time overnemen van de actuele situatie,
- welke resultaten nu reeds met het testsysteem worden behaald en
- de punten die nog verbetering behoeven.

Korte toelichting op Flowsimulator

Flowsimulator is een vloeistofdynamisch stromingsmodel voor snelwegverkeer.

Het simuleert de verkeersafwikkeling over de loop van de dag (heel etmaal). In het model zijn netwerkwijzigingen, intensiteitswijzigingen en verkeersmaatregelen, zowel statisch als dynamisch, toe te passen. Het model wordt o.a. gebruikt voor het bepalen van de impact van wegwerk en benuttingsmaatregelen.

De belangrijkste input voor Flowsimulator is het verwachte verkeersaanbod en de capaciteit per wegvak. Het model beschikt hierover per kwartier van de dag voor werkdagen, weekenddagen en vakantiedagen. Bron voor verwacht verkeersaanbod zijn eerder gemeten intensiteiten van signalering, monitoring en MTR, aangevuld met handmatige tellingen. Capaciteiten volgen uit het dwarsprofiel en worden op knelpuntlocaties o.b.v. meetgegevens ingeschat.

Als simulatieresultaat komt beschikbaar de files op het netwerk, hun aangroei en hun oplossen, gezien over de tijd. Ook grootheden als rijtijden en voertuigverliesuren kunnen worden berekend.

Doelstelling 1: simulatiesnelheid

Flowsimulator modelleert het verkeer op mesoniveau, d.w.z. het voertuigniveau wordt overgeslagen. Omdat bij de programmering ervan bovendien geoptimaliseerd was op rekensnelheid, was het model al relatief snel. Een simulatie van alle snelwegen van Nederland over 24 uur nam circa 30 minuten in beslag. Voor een on-line toepassing is dit echter veel te lang. Om binnen de minuut te blijven, een minuut waarin naast het doorrekenen het model moet worden geïntialiseerd en de resultaten worden nabewerkt, moest de simulatiesnelheid met een factor 30 omhoog.

Om dit te bereiken is het model zo geherprogrammeerd dat het bij het simuleren gebruik maakt van de rekenkracht van de grafische kaart in de PC. Moderne grafische kaarten beschikken over een grote rekenkracht dankzij parallelprocessing, zie kader.

Na het overzetten naar de grafische kaart bleek een scenariosimulatie over 4 uur een rekentijd van circa 10 seconden te hebben. Omdat meerdere scenario's kunnen worden geparalleliseerd door ze over meerdere kaarten te verdelen, neemt met meerdere scenario's de rekentijd niet toe. Het overnemen van de actuele situatie, het (automatisch) opstellen van 4 scenario's, deze voor 4 uur doorrekenen en het presentatiegereed maken vindt in de huidige versie ruimschoots plaats binnen een minuut. Deze doelstelling is daarmee gehaald.

Rekenen op de grafische kaart van de pc

Een moderne grafische kaart bestaat uit een groot aantal parallelle processoren, ontworpen om de berekeningen die te maken hebben met de rendering van bewegende 3D-objecten naar een 2D-beeld snel te kunnen uitvoeren. Het gaat dan om eenvoudige, repeterende berekeningen die dankzij de grafische kaart met zijn honderden simultaan worden uitgevoerd. Een recente ontwikkeling is dat de rekenkracht van de kaarten ook toegankelijk gemaakt wordt voor andere toepassingen. Als het algoritme van een simulatiemodel zich eveneens laat opsplitsen in vele, parallel uit te voeren stapjes, kan over parallelisatie gedacht worden. In ons geval is gebruik gemaakt van kaarten van de fabrikant NVIDIA. Sinds zeer kort kan men met behulp van de programmeertaal CUDA een rekentaak verdelen over de processor van een desktop-werkstation (voor organisatie en centrale taken) en de processoren van de grafische kaart (voor het bulkwerk).

Analyse van het algoritme van Flowsimulator wees uit dat de structuur van het model zich tot op zekere hoogte laat paralleliseren, minder als bij aanvang van het project gehoopt, maar voldoende om forse snelheidswinst op te leveren.

Bijkomend voordeel van de verdeling van taken tussen een werkstation en rekenkaarten is dat verschillende simulaties vanuit dezelfde startsituatie (scenario's) verdeeld kunnen worden over meerdere kaarten. Het probleem is daarmee schaalbaar geworden: uitwerken van N varianten kan in dezelfde tijd als één variant, het is een kwestie van aankoppelen van voldoende hardware.

Doelstelling 2: overnemen actuele situatie

Om een nuttige vooruitberekening te kunnen doen, moet het model de actuele situatie, dus inclusief eventueel aanwezige files en momentane capaciteitsbeperkingen, als uitgangspunt hebben. Bij het vooruitberekenen kan dit dan worden aangevuld met historisch

verkeersaanbod. De startblokken zijn dan goed, en de aannamen om vanuit de actuele situatie verder te rekenen zijn niet onredelijk. Om op een nette manier van ruwe meetgegevens tot een modelinvoer te komen, zijn een aantal verwerkingslagen ingevoegd:

- ruwe gegevens worden gevalideerd en geaggregeerd tot rijbanen,
- rijbaangegevens worden aan het modelnetwerk gekoppeld en ontbrekende gegevens worden opgevuld en afgeleid, zodat een volledig gevuld netwerk ontstaat,
- momentane capaciteitsbeperkingen worden afgeleid uit beeldstanden en vertaald naar een afwijkende capaciteit in het modelnetwerk.

Direct bij de eerste stap moeten zaken worden afgehandeld als: wat is verkeerskundig gezien een juiste aggregatie van rijstroken tot rijbanen? wanneer zijn de gegevens onbetrouwbaar en moeten ze worden afgekeurd? als intensiteit en snelheid de waarde nul hebben, is er dan sprake van een ongeval of rijdt er geen verkeer? Programmatuur voor een robuuste afhandeling van deze vragen was reeds beschikbaar, omdat Transpute dit al voor andere (online-)toepassingen had geïmplementeerd. We noemen het hier omdat het een essentiële, maar niet te onderschatten voorwaarde is voor het succes van de verdere bewerkingen.

Na deze eerste stap is er voor elke minuut een set van goedgekeurde rijbaangegevens beschikbaar. Deze moet dan aan het modelnetwerk worden gekoppeld.

Het hier gebruikte modelnetwerk is gebaseerd op het NWB, en voor de simulatie opgedeeld in kleinere vakken. Intelligentie moest worden ingebouwd om niet klakkeloos het dichtstbijzijnde meetpunt te koppelen (dit kan bijv. net voor een puntstuk liggen terwijl het wegvak er na ligt), maar ook om te controleren welk meetpunt qua rijstrookconfiguratie overeenkomt met het modelnetwerk.

Een tweede stap in de koppeling is het uitvullen van onbemeten wegvakken. Een wegvak kan afgeleid worden als de aantakende wegvakken ingevuld zijn. Het uitvullen van onbemeten wegvakken tot een volledig gevuld netwerk gebeurt daarom in meerdere iteraties. Waar geen actuele meetgegevens voorhanden zijn, wordt het historisch aanbodprofiel gebruikt.

Tot slot moet iets gedaan worden met de momentane capaciteitsbeperkingen. De shortcut die (voor wegen met signalering) nu is toegepast, is te letten op waar kruisen boven de weg zijn geplaatst. Kruisen en verdrijfpijlen worden vertaald naar een afwijkende capaciteit in het model.

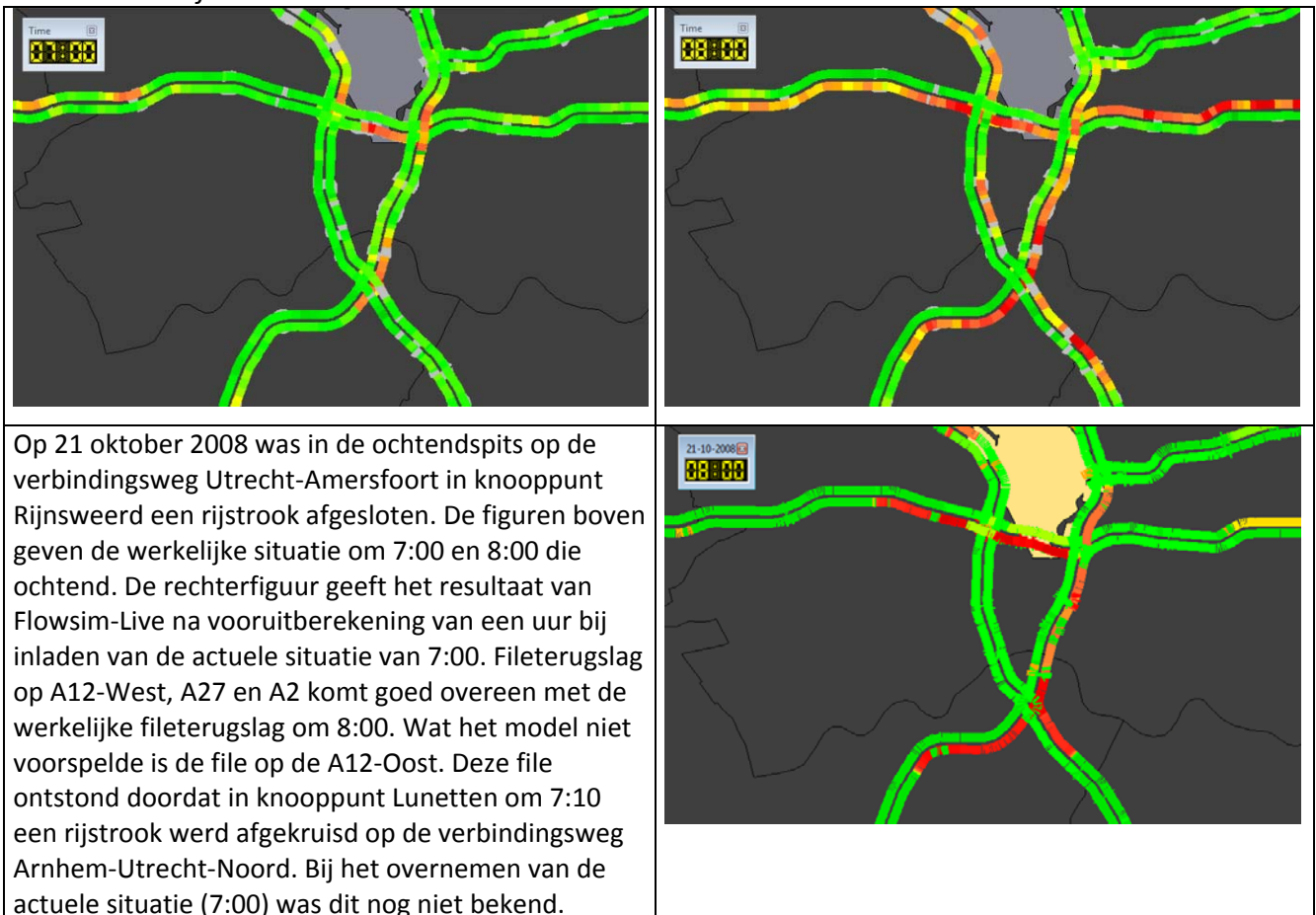
In de testversie van het model worden eerst uitstaande kruisen aan de gebruiker getoond die vervolgens kan aangeven hoe lang de capaciteitsbeperking zal blijven bestaan. Tenslotte zijn vier standaard scenario's ingebouwd: alle capaciteitsbeperkingen zijn direct voorbij, vallen na een kwartier weg, na een half uur of na een uur. Binnen zo'n scenario kan de gebruiker nog instellen of een specifieke capaciteitsbeperking korter of langer blijft staan en kan hij op een nieuwe locatie een capaciteitsbeperking plaatsen.

Resultaten tot nu toe en ontwikkelingen

De eerste testversie van Flowsim-Live heeft aangetoond dat een snelle vooruitberekening van het "do-nothing"-scenario kan worden gemaakt. Deze geeft betrouwbare voorspellingen van zowel de reguliere als de incidentele files (a.g.v. wegwerk bijv.). Ook de

scenario's waarin de duur van een calamiteit goed is ingeschat, geven doorgaans zeer bevredigende uitkomsten. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in onderstaande figuren.

Voorbeeld "Rijnsweerd"



Verrassend voor ons was de bevinding dat het doorrekenen met een *historisch* verkeersaanbod al goede resultaten geeft. Vooraf hadden we gedacht dat het onvoldoende zou zijn om met historische profielen te werken, m.a.w. dat de drukte van de dag erg bepalend voor de voorspelling zou zijn. De eerste ervaringen met Flowsim-Live hebben echter geleerd dat alleen al met het overnemen van de uitstaande files een grote slag wordt gemaakt. Of het bij het vooruitrekenen dan vervolgens nog een aantal procenten drukker of rustiger is dan normaal, blijkt - zeker voor het eerste uur van de vooruitberekening - veel minder van belang.

Ook offline is het model nuttig toepasbaar gebleken. Allerhande maatregelen bij 'denkbeeldige' incidenten kunnen worden getest via 'what if - analyses' achteraf. Een 'actuele situatie' uit het verleden kan immers ook eenvoudig worden opgeroepen en doorgerekend.

Een in de huidige versie nog niet opgelost punt is dat de berekening ervan uitgaat dat verkeer niet op grote schaal omrijdt, bijvoorbeeld zoals het geval wordt nadat een min of meer dwingende omleidingsroute is ingesteld.

Het model houdt hier geen rekening mee en het aankoppelen van een dynamische toedelingsmodule is zowel methodologisch als praktisch lastig te realiseren. Als meest voor de hand liggende manier om dit punt te ondervangen zien wij uitbreiding van het model met de mogelijkheid vooraf geprepareerde omleidingsroutes in scenario's te kunnen inbrengen.

De huidige versie van Flowsim-Live kan men beschouwen als een 'proof-of-concept'. Om daadwerkelijk te kunnen meedraaien als beslisondersteunend instrument in de on-line omgeving van een verkeersmanagementcentrale zal het aantal handmatige handelingen, nodig voor het vergelijken van maatregelalternatieven, moeten worden geminimaliseerd. Op het moment dat een calamiteit heeft plaatsgevonden moeten ondersteunende applicaties werken en niet zelf tijd en aandacht vragen. Standaardsituaties moeten daarvoor zoveel mogelijk zijn voorgeprogrammeerd, bijzondere situaties moeten automatisch worden opgemerkt, zodat een verkeersleider met een paar effectieve handelingen de te vergelijken scenario's kan definiëren en starten. Tenslotte is - hier niet besproken - een belangrijk onderdeel van een eindapplicatie een duidelijke presentatie van scenario-uitkomsten aan de operator.

Samenvattend:

Met deze bijdrage hebben we willen laten zien dat met Flowsim-Live een aantal grote beperkingen voor toepassing van een on-line verkeerssimulator bij verkeersmanagement zijn weggenomen en dat verdere ontwikkeling naar of ten behoeve van beslisondersteunende hulpmiddelen mogelijk is en ons inziens zeer perspectiefrijk is.