

De rol van de wiskundige bij de trainingssimulator

Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) heeft binnen haar informaticadivisie een afdeling Wiskundige Modellen en Methoden. Sinds mei '99 werk ik bij deze afdeling. Ik houd mij bezig met het maken van de wiskundige modellen en de software voor trainingssimulators. Alvorens op de inhoud van dit werk in te gaan zal ik mijzelf eerst even voorstellen en een korte samenvatting geven van mijn cv.

Mijn naam is Wim Lammen. Ik ben in juni '98 afgestudeerd in de toepassingsgerichte wiskunde aan de UvA. Mijn afstudeerdocent was Sjoerd Verduyn Lunel. Tijdens mijn studie heb ik mij vooral bezig gehouden met vakken die met differentiaalvergelijkingen te maken hebben. Frappant genoeg wees mijn afstudeeropdracht in een totaal andere richting: de discrete wiskunde. Deze wending is het gevolg geweest van mijn belangstelling voor het toepassen van wiskunde in verkeersmodellen. Ik ben geïnteresseerd in modellen die het verloop van verkeersstromen beschrijven en in het bijzonder filevorming. Daarom heb ik een miniscriptie geschreven over het modelleren van snelheidsverdelingen van auto's op snelwegen met behulp van differentiaalvergelijkingen. Hierna heb ik besloten om in de richting van de verkeersproblematiek een afstudeeropdracht te zoeken bij een bedrijf. Ik kwam terecht bij de Adviesgroep voor Verkeer en Vervoer (AGV) in Nieuwegein. Hier werd mij echter een heel ander probleem aangeboden dan ik verwacht had, maar minstens zo interessant: het optimaliseren van haltetoewijzing op compacte dynamische busstations. Compacte dynamische busstations zijn busstations met meerdere perrons, waarbij de bussen geen vaste halte hebben. Ze worden in de aanrijroute gedetecteerd via een sensorsysteem. De verwachte aankomsttijd van de bus wordt doorgegeven en een computer berekent aan welke halte de bus het beste kan worden toegewezen. Hierbij geldt als doel de bussen zodanig toe te wijzen dat zowel het benodigde aantal perrons als

de kans op een halteringsconflict minimaal zijn. Met een halteringsconflict wordt de situatie bedoeld dat twee bussen tegelijkertijd van hetzelfde perron gebruik willen maken, bijvoorbeeld als een bus te laat vertrekt en de volgende bus reeds de halte op wil rijden. Bij het oplossen van het toewijzingsprobleem heb ik gebruik gemaakt van combinatorische optimalisering van een stochastische kostenfunctie.

Na mijn studie ben ik samen met mijn vriendin vier maanden gaan reizen door Zuid-Amerika. Een prettige afwisseling na een afstudeeropdracht. Bij terugkomst in Nederland heb ik eerst twee maanden gewerkt als wiskundeleraar op het Fons Vitae Lyceum in Amsterdam. Ik viel in voor een leraar die zijn been had gebroken. Het lesgeven heeft zijn leuke kanten, maar ik vond het vooral erg zwaar en ik miste het wiskundige onderzoekswerk. Bovendien leek het mij verstandig om niet een te grote periode te laten ontstaan tussen mijn afstuderen en een eventueel vervolg hiervan. Daarom heb ik in de tussentijd ook gesolliciteerd bij bedrijven.

Mijn sollicitatie bij het NLR heeft tot mijn huidige baan geleid. Nadat ik was aangenomen kwam ik binnen bij een project waarin het NLR samen met Fokkerspace BV, TU Delft, Hydraudyne, TNO-FEL en Siemens NV bezig was een netwerk te ontwikkelen van trainingssimulatoren. Een trainingssimulator bootst het gedrag van een bepaald voertuig na, zodat een bestuurder kan oefenen met het bedienen van het voertuig zonder dat hier een echte versie van het voertuig voor nodig is. Dit kan kosten besparen. Een taak van het NLR is het ontwikkelen van de zogeheten Behaviour Model Component. Dit is een systeemonderdeel van een trainingssimulator waarmee het dynamisch gedrag van een rijdend voertuig kan worden gesimuleerd. Voorbeelden van voertuigen waarop de Behaviour Model Component kan worden toegepast zijn: vracht- en personenauto's, tractors, marsrovers, taxiënde vliegtuigen, rijdende hijskranen, etcetera. De Behaviour Model Component berekent uit de inputsignalen zoals gas geven, remmen, sturen en schakelen wat de positie, snelheid, versnelling en oriëntatie van het voertuig zijn. Deze informatie wordt doorgegeven aan andere componen-

ten van de simulator, zoals het visueel systeem en het bewegingsplatform. Voor de constructie van de Behaviour Model Component moeten de bewegingsvergelijkingen van het voertuig worden afgeleid en geïmplementeerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de theorie van de multibody dynamica. Deze theorie beschrijft met behulp van klassieke mechanica het gedrag van een fysisch systeem dat uit meerdere lichamen bestaat, zoals bijvoorbeeld een massa/veersysteem, een schok/dempingsysteem van een voertuig, een robot. Met behulp van de theorie van de multibody dynamica kan men de evenwichtsvergelijkingen van kracht en moment opstellen. Dit levert een stelsel gewone differentiaalvergelijkingen op. Naarmate men het aantal onderdelen - de 'bodies' - van het voertuig in de simulatie uitbreidt wordt het stelsel uitgebreider. Voor het stelsel differentiaalvergelijkingen wordt een geschikt numeriek oplossingsalgoritme gezocht dat geïmplementeerd wordt in een programmeertaal, bijvoorbeeld Fortran, C of C++.

Een belangrijk aspect van het maken van software voor trainings-simulators is het real-time kunnen simuleren. Dit houdt in dat de berekening van een 'update' van het totale systeem over een tijdstap niet langer mag duren dan de lengte van die tijdstap. De real-time eigenschap is noodzakelijk omdat het anders zou kunnen voorkomen dat een trainee een stuursignaal geeft dat te langzaam wordt doorgerekend waardoor hij alsnog met de simulator in de berm belandt op het scherm. Het NLR beschikt over een speciaal pakket dat real-time simuleren mogelijk maakt: EuroSim. Dit simulatiepakket reserveert een gedeelte van een processor van een computer zodat de simulatieberekeningen met maximale snelheid worden uitgevoerd. De gebruiker kan allerlei modellen aanleveren in de vorm van C of Fortran programma's. EuroSim is en wordt ontwikkeld door het NLR, samen met Origin en Fokkerspace BV.

Bij het afleiden van de bewegingsvergelijkingen wordt gebruik gemaakt van de pakketten Simpack en Matlab/Simulink. Met Simpack kan men multibody systemen simuleren en daarbij animaties verkrijgen. Matlab/Simulink is met name geschikt om Input/Output systemen te modelleren en simuleren. In vrij korte tijd kan

men een stelsel gewone differentiaalvergelijkingen invoeren met beginvoorwaarden, alle in- en outputstromen hieraan koppelen en een aantal simulaties draaien met het systeem. Met een speciale optie kan men het Simulink model als C-code exporteren die - na een aantal speciale bewerkingen - ingelezen kan worden in EuroSim voor een real-time simulatie. Het maken van een interface tussen EuroSim en Matlab/ Simulink behoort ook tot mijn werk.

De werksfeer bij het NLR is aangenaam. Het doet mij enigszins denken aan de universiteit: flexibele werktijden, een hele afdeling vol wiskundigen en informatici, Unix-machines, etcetera. Het werk van de andere wiskundigen op het NLR bestaat onder andere uit Computational Fluid Dynamics. Dit houdt in het simuleren van de stromingen rond een vliegtuigprofiel. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van de theorie van partiële differentiaalvergelijkingen. Het NLR beschikt over een supercomputer NEC SX-4 voor de oplossingsalgoritmen. Daarnaast wordt er aandacht besteed aan de systeem- en regeltheorie, bijvoorbeeld bij het simuleren van robotarmen. Anderen houden zich bezig met Air Traffic Management. Dit houdt in het toepassen van combinatorische optimalisering en wachtrijtheorie op vluchtplanning, routeplanning en het toewijzen van start- en landingsbanen. Weer anderen houden zich bezig met statistiek bijvoorbeeld bij vliegveiligheidsanalyses. In ieder geval is er bij het NLR voor de toepassingsgerichte wiskundige volop werk.

Wim Lammen