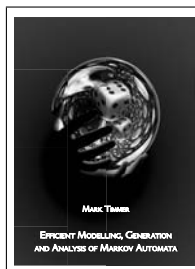


In de verdediging

| In defence

Pas gepromoveerden brengen hun werk onder de aandacht.
Heeft u tips voor deze rubriek of bent u zelf pas gepromoveerd?
Laat het weten aan onze redacteur.

Redacteur: Geertje Hek
la Voie-du-Coin 7
1218 Grand-Saconnex
Zwitserland
verdediging@nieuwarchief.nl



Efficient Modelling, Generation and Analysis of Markov Automata

Mark Timmer

Sinds september 2012 is Mark Timmer (parttime) wiskundedocent aan het Carmel College Salland te Raalte, waar hij terecht kwam door deel te nemen aan het project 'Promovendi voor de klas'. Dit hield in dat hij al tijdens zijn promotietraject de eerstegraads lesbevoegdheid voor wiskunde heeft behaald. Ter compensatie voor de tijd waarin hij voor de klas stond en werkte aan zijn onderwijsbevoegdheid kreeg hij een aantal maanden verlenging van zijn promotietijd aangeboden.

Op 13 september 2013 is Timmer gepromoveerd in de theoretische informatica aan de Universiteit Twente. Hij schreef zijn proefschrift *Efficient Modelling, Generation and Analysis of Markov Automata* onder begeleiding van prof.dr.ir. Joost-Pieter Katoen, prof.dr. Jaco van de Pol en dr. Mariëlle Stoelinga, en studeerde tevens af als wiskundedocent bij dr. Nellie Verhoef.

Vooraf was Timmer behoorlijk nerveus voor de verdediging, onzeker of er niet allerlei vragen gesteld zouden worden waar hij geen antwoord op zou weten. Hij wijdde er zelfs een stelling aan: "Een verdediging kan niet perfecter gepland worden dan op vrijdag de 13de. Bijgeloof is toch maar onzin, en als er iets misgaat kan je altijd nog de datum de schuld geven." Tegen zijn verwachtingen in werd de verdediging echter het mooiste moment van zijn promotie: interessante vragen, levendige discussies en tot slot ook nog eens de mededeling dat hij *cum laude* geslaagd was!

Naast zijn huidige werk als wiskundedocent in Raalte is hij nog één dag per week als postdoc werkzaam aan de Universiteit Twente. Hoewel hij de meeste voldoening haalt uit het overbrengen van wiskunde op de nieuwe generatie, vindt hij het ook erg leuk om zich nog een beetje bezig te kunnen houden met onderzoek.

Model checking

Sinds enkele decennia werken informatici aan het concept *model checking*, waarbij computersystemen gemodelleerd worden en vervolgens automatisch op fouten kunnen worden gecontroleerd. Deze techniek is een belangrijke aanvulling op het ouderwetse testen, waarbij een systeem verscheidene keren wordt uitgevoerd in de hoop dat aanwezige fouten aan het licht komen. Bij model checking daarentegen, kunnen bepaalde problemen met wiskundige precisie worden uitgesloten.

Voor model checking wordt vaak gebruikgemaakt van procesalgebra's: formele talen om op een beknopte manier systemen of processen te beschrijven. Via temporele logica's kunnen dan verscheidene eigenschappen worden geformuleerd, zoals 'de kans dat onderdeel A eerder stukgaat dan dat onderdeel B zijn taak volbrengt is kleiner dan 0,01'. Een *model checker* genereert vervolgens automatisch uit een procesalgebraïsche beschrijving zijn zogeheten toestandsruimte: een soort graaf waarin de knopen de toestanden van het systeem representeren, en de lijnen de overgangen tussen deze toestanden. Een model

checker verifieert op basis van die toestandsruimte automatisch of alle toestanden, en dus het hele systeem, voldoen aan de gestelde eisen.

Een nieuwe procesalgebra

Voorheen werden er voornamelijk probabilistische automaten gebruikt, met transities op basis van discrete kansen of nondeterminisme (in het tweede geval wordt de keus tussen toekomstige toestanden niet gekwantificeerd). In de laatste jaren is er echter steeds meer aandacht gekomen voor nog expressievere modellen, die ook gegevens over tijdsduur bevatten. Voor model checking van dit soort modellen zijn natuurlijk ook nieuwe methoden nodig. Timmer heeft zich gericht op het verbeteren van dit zogenaamde *kwantitatief* model checking, en wel in twee verschillende richtingen.

Ten eerste heeft hij de zogenaamde expressiviteit verbeterd door het framework van probabilistische automaten te generaliseren naar modellen die naast probabilistische en nondeterministische transities ook (continue) stochastische tijdsduren kunnen modelleren. Dergelijke modellen, de zogenaamde Markov-automaten, zijn een in 2010 geïntroduceerd formalisme dat doen denken aan continue-tijd Markovketens. Timmer heeft als eerste een procesalgebra ontwikkeld, genaamd MAPA, die op eenvoudige wijze Markov-automaten kan genereren. Hiervoor heeft hij voortgeborduurd op een eerdere niet-quantitatieve aanpak die gebruikmaakte van *data*: een methode om op een efficiëntere manier nog complexere toestandsruimtes te kunnen genereren.

Reductietechnieken voor grote toestandsruimten

Toestandsruimten worden al snel ontzettend groot. Procesalgebra's helpen om systemen beknopt te kunnen representeren, maar zelfs een eenvoudige procesalgebraïsche systeembeschrijving leidt gemakkelijk tot een toestandsruimte met honderdduizenden toestanden. Dit is het gevolg van de zogeheten combinatorische toestandsruimte-explosie, veroorzaakt door het aantal manieren waarop parallele acties uitgevoerd kunnen worden. Boven bepaalde grenzen is het niet meer mogelijk om analyses uit te voeren op de verkregen modellen. In de afgelopen decennia is er daarom veel onderzoek gedaan naar methoden om beter met de toestandsruimte-explosie om te gaan, waaronder reductietechnieken die ervoor zorgen dat slechts een gedeelte van de toestandsruimte hoeft te worden gegenereerd. De tweede bijdrage van Timmer was op dit vlak.

Hij heeft verschillende nieuwe reductietechnieken ontwikkeld die automatisch toegepast kunnen worden op procesalgebraïsche beschrijvingen in zijn taal MAPA. Hierdoor worden toestandsruimtes gegenereerd die significant kleiner zijn dan de initiële varianten, maar bewijsbaar equivalent wat betreft de waarheidswaarden van alle mogelijke eigenschappen. Alles komt samen in de door hem geprogrammeerde tool SCOOP, die automatisch en efficiënt MAPA-specificaties omzet in Markov-automaten door gebruik te maken van al deze technieken.

Het belangrijkste resultaat

Het onderzoek heeft als belangrijkste resultaat opgeleverd dat het nu mogelijk is om op een efficiënte wijze systemen te modelleren, genereren en analyseren op basis van Markov-automaten, door gebruik te maken van de procesalgebra MAPA en de tool SCOOP (in samenwerking met een reeds bestaande model checker voor Markov-automaten, genaamd IMCA). Daarnaast heeft hij tijdens het generaliseren van reductietechnieken naar het domein van Markov-automaten een uitgebreide vergelijking gemaakt tussen twee bestaande technieken (*partial order*

reduction en *confluence reduction*) die uit twee verschillende onderzoeksgebieden komen. Waar tot nu toe nog altijd onduidelijkheid was over het verband tussen deze twee technieken, heeft hij precies hun verband weten te karakteriseren.

Conferenties en publicaties

Timmer houdt ervan om nieuwe mensen te ontmoeten en nieuwe plekken te zien en wijdde ook daaraan een stelling: "Een reis met verre bestemming is een van de meest waardevolle ervaringen in dit leven. Het laat je kennismaken met andere culturen, en doet je realiseren dat onze wereld zo veel groter is dan het stukje dat we in ons dagelijks leven zien." Getuige de lijst van conferenties die hij bezocht in China, Macao, Cyprus, Engeland, Portugal, Duitsland, Italië, Estland en zelfs bij NASA in Californië, heeft hij ook als aio veel kunnen reizen. Op de Universiteit Twente was hij onderdeel van de vakgroep Formal Methods and Tools, waar hij met verscheidene mensen heeft samengewerkt en het erg naar zijn zin had. Ook een onderzoeksbezoek van twee maanden aan de universiteit van Oxford was een bijzondere ervaring, evenals vele projectontmoetingen in Duitsland en Frankrijk. Daarbij kwamen nog inspirerende en gezellige bijscholingen met alle aio's van zijn vakgebied bij elkaar, wat altijd inspirerende en gezellige dagen opleverde.

Niet alles ging echter van een leien dakje. Hij had vooral moeite met afwijzingen van zijn artikelen. In de informatica wordt voornamelijk in de proceedings van conferenties gepubliceerd, die altijd slechts een beperkt aantal artikelen kunnen accepteren. Soms wordt je artikel dan afgewezen op basis van goede argumenten, soms omdat er nou eenmaal te veel ingediend was en soms op basis van argumenten waar hij zich echt niet in kon vinden. Dat heeft zo nu en dan wel eens tot behoorlijk wat frustraties geleid.

Zoals gezegd heeft Timmer nu een baan in het onderwijs. Per december 2013 maakt hij bovendien als redacteur Onderwijs deel uit van de redactie van het NAW. In dat kader sluit hij af met de stelling "Het wiskundecurriculum op Nederlandse middelbare scholen is te veel gericht op procedures, en te weinig op bewijs en daadwerkelijk begrip." ←