



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## **Team automata : a formal approach to the modeling of collaboration between system components**

Beek, M.H. ter

### **Citation**

Beek, M. H. ter. (2003, December 10). *Team automata : a formal approach to the modeling of collaboration between system components*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/29570>

Version: Corrected Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/29570>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/29570> holds various files of this Leiden University dissertation.

**Author:** Beek, Maurice H. ter

**Title:** Team automata : a formal approach to the modeling of collaboration between system components

**Issue Date:** 2003-12-10

# Samenvatting

De Nederlandse titel van dit proefschrift is “Teamautomaten: een formele benadering van het modelleren van samenwerking tussen systeemcomponenten”. Dit proefschrift gaat dus over teamautomaten, een wiskundig model voor de beschrijving van het gedrag van reactieve en gedistribueerde systemen. Een reactief systeem is een systeem dat een voortdurende wisselwerking met zijn omgeving vereist — zoals een koffieautomaat. Een gedistribueerd systeem is een systeem dat uit verschillende en vaak fysiek verspreide componenten bestaat, maar dat middels een hechte samenwerking naar de buitenwereld toe wel degelijk de indruk geeft een samenhangend geheel te zijn — zoals het Internet. Een teamautomaat bestaat dan ook uit componenten die zelf ook weer automaten zijn en die op een bepaalde manier samenwerken.

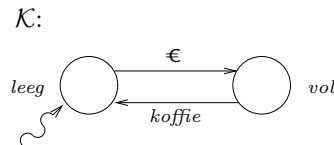
Teamautomaten zijn in 1997 informeel geïntroduceerd door C.A. Ellis, met als belangrijkste motivatie het beschrijven en analyseren van groupware-systemen. Dit zijn zowel software- als hardwaresystemen, die tot doel hebben groepen mensen in hun onderlinge samenwerking te ondersteunen — zoals email. Deze systemen zijn daardoor vaak reactief en gedistribueerd, maar bestaande modellen voor de beschrijving van zulk soort systemen werden door C.A. Ellis ontoereikend bevonden voor de specifieke vormen van samenwerking zoals die binnen groupware-systemen plaatsvinden. Hierop besloot hij tot de introductie van teamautomaten als uitbreiding op de ‘Input/Output’-automaten die in 1987 door M.R. Tuttle en N. Lynch geïntroduceerd zijn.

De voornaamste doelen van dit proefschrift zijn (a) het wiskundig precies definiëren van teamautomaten, (b) het bepalen van de voorwaarden waaronder teamautomaten aan bepaalde eigenschappen voldoen, (c) het vergelijken van teamautomaten met verwante modellen uit de literatuur en (d) een aanzet geven tot het toepassen van teamautomaten in de praktijk.

## Achtergrond

Automaten zijn toestandsovergangsmodellen die in de informatica veelvuldig gebruikt worden voor de beschrijving van het dynamische gedrag van (com-

puter)systemen. Zo'n automaat bevindt zich op ieder moment in één bepaalde toestand. Wanneer er een verandering plaatsvindt in het systeem dat door de automaat beschreven wordt, dan wordt dit in de automaat weergegeven door de uitvoering van een actie die deze verandering symboliseert, met als gevolg dat de automaat zich in een nieuwe toestand begeeft. Naast computers komen er in het dagelijks leven nog vele andere systemen voor die goed door een automaat kunnen worden beschreven. Zoals het nu volgende voorbeeld laat zien kan hierbij gedacht worden aan koffieautomaten.



Bovenstaande automaat  $\mathcal{K}$  geeft een hele simpele koffieautomaat weer. Deze koffieautomaat produceert een koffie na inwerping van een euro. De automaat  $\mathcal{K}$  onderscheidt hiervoor twee mogelijke toestanden, *leeg* en *vol*, die aangeven of er wel of geen euro is ingeworpen. Initieel is er geen euro ingeworpen en *leeg* is dan ook de begintoestand van  $\mathcal{K}$ , wat is aangegeven middels een kronkelend pijltje. Het inwerpen van een euro wordt in  $\mathcal{K}$  beschreven door het uitvoeren van de actie  $\text{€}$ , met als resultaat dat  $\mathcal{K}$  zich in de toestand *vol* begeeft. Pas nu kan de koffieautomaat een koffie procuderen, wat in  $\mathcal{K}$  wordt beschreven door het uitvoeren van de actie *koffie*. Dit procédé kan vervolgens eindeloos herhaald worden.

Het op een formele, wiskundige manier beschrijven en vervolgens analyseren van (computer)systemen vormt een belangrijk deelgebied van de informatica. Onderzoek in dit gebied heeft een groot aantal modellen en technieken voortgebracht, waaronder vele soorten automaten — inclusief teamautomaten. Het specifieke voordeel van het teamautomatenmodel is de flexibiliteit die het biedt met betrekking tot het beschrijven van verschillende soorten samenwerking tussen (componenten van) systemen.

## Het Model

Een teamautomaat is een compositie van componentautomaten. Een componentautomaat is een automaat die drie soorten acties onderscheidt, namelijk invoer, uitvoer en interne acties. Invoer en uitvoer acties vormen tezamen de externe acties en zij kunnen worden gebruikt om allerlei vormen van

samenwerking tussen de componentautomaten te modelleren. Welke vorm van samenwerking ook gekozen wordt, de resulterende teamautomaat zal technisch gezien weer een componentautomaat zijn. Dit maakt het mogelijk om teamautomaten te maken met teamautomaten als componenten.

De samenwerking tussen componentautomaten binnen een teamautomaat bestaat uit het simultaan uitvoeren (ook wel synchroniseren genoemd) van gemeenschappelijke acties. Gebaseerd op de gekozen vorm van samenwerking worden er in dit proefschrift verschillende soorten (synchronisaties van) acties gedefinieerd. Zo worden acties die nooit door meer dan één componentautomaat tegelijk worden uitgevoerd, vrij genoemd. Acties die altijd worden uitgevoerd als synchronisaties waaraan alle componentautomaten die de bewuste actie hebben meedoen, worden actie-onmisbaar ('action-indispensable') genoemd. Wanneer deze eis tot deelname wordt beperkt tot die componentautomaten die zich in een toestand bevinden waarin zij de bewuste actie kunnen uitvoeren, dan spreken we van toestand-onmisbare ('state-indispensable') acties. Door vervolgens rekening te houden met de verschillende rollen die acties kunnen hebben in componentautomaten, kunnen complexere vormen van synchronisatie worden benoemd. Zo worden in dit proefschrift 'peer-to-peer' synchronisaties — van acties van hetzelfde soort — en meester-slaaf synchronisaties — met uitvoer acties als meesters en invoer acties als slaven — gedefinieerd.

## Resultaten

Hieronder volgt een handvol van de meest aansprekende resultaten van dit proefschrift. Deze hebben met elkaar gemeen hebben dat ze weinig of geen aanvullende uitleg behoeven om te kunnen worden gewaardeerd en laten bovendien zien dat de voornaamste doelen van dit proefschrift bereikt worden.

Zoals al eerder opgemerkt kan elke teamautomaat zelf weer gebruikt worden als component in de samenstelling van een nieuwe teamautomaat. In dit proefschrift wordt bewezen dat dit geïtereerd samenstellen van teamautomaten niet leidt tot een vergroting van het aantal mogelijkheden tot synchronisatie van de acties van de componentautomaten waaruit zij zijn samengesteld.

De verzameling van alle rijtjes van acties die door een teamautomaat vanuit een begintoestand achter elkaar kunnen worden uitgevoerd, vormen tezamen het gedrag (de taal) van deze teamautomaat. In dit proefschrift wordt bewezen dat een aantal van de in dit proefschrift gedefinieerde soorten synchronisatie zodanig is, dat het gedrag van elke teamautomaat die volgens zo'n soort synchronisatie is samengesteld bepaald kan worden zonder te weten

hoe deze teamautomaat er precies uit ziet. Om deze vorm van compositionaliteit te bewijzen wordt een uitgebreide wiskundige theorie ontwikkeld over het op bepaalde manieren in één rijen ('to shuffle') van rijtjes van acties.

Bovenstaande resultaten met betrekking tot iteratie en compositionaliteit maken teamautomaten zeer geschikt om een abstracte hoog-niveau beschrijving van een systeem middels het stap voor stap vervangen van onderdelen van de huidige beschrijving door meer gedetailleerde beschrijvingen, te decompuneren in een meer concrete laag-niveau beschrijving. Dit is een in de informatica veelvuldig toegepaste techniek om complexe systemen toegankelijker te maken voor analysesdoeleinden.

In de Introductie van dit proefschrift wordt kort bij overeenkomsten en verschillen tussen teamautomaten en verwante modellen stilgestaan. In een later hoofdstuk volgt een meer gedetailleerde vergelijking van teamautomaten met twee van deze modellen, namelijk het al eerder genoemde 'Input/Output'-automatenmodel en een model gebaseerd op Petri-netten. Er wordt bewezen dat 'safe Input/Output'-automaten (ook wel 'unfaire Input/Output'-automaten genoemd) ook formeel een deelmodel van teamautomaten zijn. Voor de vergelijking met Petri-netten wordt eerst overgestapt op een versie van teamautomaten genaamd vectorteamautomaten, waarin vectoren van acties in plaats van acties worden uitgevoerd. Vervolgens wordt bewezen dat een deelmodel van deze vectorteamautomaten vertaald kan worden in een Petri-netmodel genaamd 'Individual Token Net Controllers', dat in 1990 is geïntroduceerd door N.W. Keesmaat, H.C.M. Kleijn en G. Rozenberg.

De verscheidenheid aan vormen van samenwerking tussen de componenten van een teamautomaat maken het teamautomatenmodel bij uitstek geschikt voor het formeel beschrijven en analyseren van (componenten van) groupwaresystemen en hun interacties. Nadat C.A. Ellis dit al meteen bij de introductie van teamautomaten heeft geïllustreerd, wordt dit in dit proefschrift nogmaals duidelijk gemaakt door (onderdelen van) een gedistribueerde groupwarearchitectuur formeel te beschrijven als een teamautomaat. Tevens wordt een voorzichtig begin gemaakt met het analyseren van groupwaresystemen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het nuttig zou zijn om een computerprogramma (een 'tool') te ontwikkelen waarmee teamautomaten op een eenvoudige manier ontworpen kunnen worden en op bepaalde (gedrags)eigenschappen geanalyseerd kunnen worden. Dit verdient zonder twijfel nadere bestudering in de toekomst.