



Universiteit
Leiden
The Netherlands

An algebra for interaction of cyber-physical components

Lion, B.

Citation

Lion, B. (2023, June 1). *An algebra for interaction of cyber-physical components*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3619936>

Version: 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/1887/3619936>

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

Samenvatting

Het modelleren en analyseren van cyberfysische systemen is nog steeds een grote uitdaging. Één van de redenen is dat cyberfysische systemen veel verschillende (cyber of fysieke) onderdelen bevatten, elk van verschillende (discrete of continue) aard, die constant met elkaar interacteren door het doen van waarnemingen en het ondernemen van acties. Beschouw, bijvoorbeeld, een groep van robots, die elk een programma uitvoeren dat gedrag vertoont op basis van een rijtje sensorwaarnemingen: de sensors van de robot geven de huidige locatie van de robot aan en de locatie van nabijgelegen obstakels. De interacties die plaatsvinden tussen de robots in de groep kunnen niet worden afgeleid op basis van alleen de specificaties van de individuele robots. Als immers het gebied waarop de robots plaatsnemen van vorm verandert dan kunnen de robots andere waarden waarnemen met hun sensoren, en daardoor ook andere gedragingen vertonen. Daarnaast is de tijd waarop een robot actie onderneemt of waarnemingen doet van belang bij het nemen van besluiten door controllers, en dat kan ook invloed hebben op het collectieve gedrag.

Dit proefschrift stelt een compositionele aanpak voor in het ontwerp en de programmering van interacterende componenten van cyberfysische systemen. Hoofdstuk 2 beschrijft een algebra voor interactie van cyberfysische componenten, waarbij interacties in cyberfysische systemen worden beschreven als parametrische algebraïsche operatoren. Het model beschrijft niet alleen hoe componenten kunnen worden samengebracht in een compositie, maar ook hoe, in voorkomende gevallen, de decompositie van componenten in onderdelen werkt.

We instantiëren ons componentmodel in Hoofdstuk 3 met een verzameling aan cybercomponenten wiens gedragingen onafhankelijk zijn van tijd, of, specifieker gezegd, we geven hierin een algebraïsche semantiek van de Reo coördinatietaal. Het resultaat kan worden gezien als een toevoeging aan eerder werk aan Reo, doordat we een geschikt algebraïsch raamwerk geven wat gebruikt kan worden voor het aantonen van

equivalentie van gedragingen van Reo-connectoren. We beschouwen ook de temporele eigenschappen van Reo-connectoren, in het bijzonder om data-flow eigenschappen van composities van connectoren te verifiëren.

Om ons componentmodel executeerbaar te maken wordt in Hoofdstuk 4 een operationele semantiek stapsgewijs beschreven die leidt tot compositionele specificaties van componenten. Allereerst geven we een operationele definitie van gedragingen van componenten, waar we gebruik maken van gelabelde transitie-systemen, ook wel TES-transitie-systemen genoemd. We laten zien dat het gedrag van het syntactisch product van twee TES-transitie-systemen correspondeert met het gedrag van het semantisch product van de twee bijbehorende componenten. Met het doel om eindige uitvoerbare specificaties van componenten te kunnen geven, laten we zien hoe specificaties ook als agenten in een herschrijftheorie kunnen worden beschreven en geven we een bijbehorende compositionele semantiek.

Om het nut van ons componentmodel aan te tonen wordt in Hoofdstuk 5 een implementatie van de eerdergenoemde herschrijftheorie geïmplementeerd in het herschrijfsysteem Maude. Daarin definiëren we agenten als modules die een verzameling van operaties implementeren voor het interacteren met andere agenten. Een systeem-module voert alle agenten in parallel uit en zorgt ervoor dat de acties die agenten ondernemen worden samengebracht. We geven drie belangrijke toepassingen. In de eerste toepassing passen we ons model toe op de Reo coördinatietaal en geven we een raamwerk voor simulatie en verificatie. In de tweede toepassing beschouwen we een systeem dat bestaat uit een controller, een kraan op watertoevoer, en N waterreservoirs. De controller moet de kraan aansturen om te zorgen dat het waterniveau van alle reservoirs binnen de perken blijft. We contrasteren de veiligheidseigenschappen van deze controller, die zich niet in een ongeldige toestanden mag bevinden, met de mogelijkheid van de controller om sommige toestanden over het hoofd te zien. Ten slotte, in de derde toepassing analyseren we een systeem dat bestaat uit een verzameling van robots, elk uitgerust met een batterij, die rondrennen op een gebied. Preciezer gezegd, we bestuderen veiligheidseigenschappen en levendigheidseigenschappen, zoals in de mogelijkheid dat een robot patrouilleert over een route zonder dat de batterij leeg raakt, of in de coördinatie met andere robots om van plek te wisselen en zichzelf zo te sorteren.