



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Formal models of software-defined networks

Feng, H.

Citation

Feng, H. (2024, December 3). *Formal models of software-defined networks*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4170508>

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/1887/4170508>

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

Samenvatting

SDN (Software-Defined Networking) vertegenwoordigt een revolutionaire benadering van netwerkkarchitectuur die het dynamische en flexibele beheer van netwerkbronnen mogelijk maakt via softwaregebaseerde besturing. Dit wordt bereikt door het besturingslag los te koppelen van het gegevenslag en softwareplatforms te benutten voor programmeerbare besturing. Het besturingslag is de controller, die het hele netwerk beheert, bestuurt en beleid formuleert. Het verzamelt netwerkstatusinformatie, ontwikkelt doorstuurbeleid en instrueert de onderliggende netwerkapparaten via southbound-interfaces (bijv. OpenFlow) over hoe datapakketten moeten worden doorgestuurd. Het gegevenslag bestaat uit verschillende netwerkapparaten (bijv. switches) die verantwoordelijk zijn voor het doorschakelen van datapakketten op basis van instructies van het besturingsvlak. Dit proefschrift introduceert het idee van SDN en het OpenFlow-protocol in Hoofdstuk 2 en presenteert vervolgens formele modellen in de volgende hoofdstukken.

Hoofdstuk 3 duikt in de Reo-coördinatietaal en de toepassing ervan bij het modelleren van SDN's. Reo wordt gepresenteerd als een krachtig hulpmiddel voor het specificeren en orkestreren van het gedrag van reactieve en gedistribueerde systemen door het gebruik van connectoren, wat grafiekgebaseerde representaties zijn van gegevensstromen en synchronisatiebeperkingen. Verder wordt ook de samenstelling van constraint automaten, die de modulaire constructie van complexe systemen mogelijk maken door eenvoudigere componenten te combineren besproken. Verschillende basis-Reo-connectoren worden geïntroduceerd en hun bijbehorende beperkingsautomaten worden beschreven, waarbij wordt gedemonstreerd hoe deze modellen kunnen worden gebruikt om verschillende netwerkscenario's weer te geven en te analyseren. Het hoofdstuk eindigt met een illustratie van hoe Reo en constraint automaten een rigoureus en flexibel raamwerk bieden voor het modelleren van het ingewikkelde gedrag van SDN's, waarmee de basis wordt gelegd voor de formele verificatie en analyse van deze systemen in volgende hoofdstukken.

Het onderzoek in Hoofdstuk 4 presenteert een nieuw Reo-gebaseerd model dat het gedrag van SDN-switches en SDN-controllers nauwkeurig weergeeft. Dit model abstraheert ook het OpenFlow-communicatieprotocol, en biedt een formeel raamwerk voor de

implementatie en analyse van SDN's.

Hoofdstuk 5 gebruikt Promela om het constraint automaten model van SDN te implementeren en het formele model te verifiëren met de SPIN model checker. Om een rigoureuze verificatie van SDN-eigenschappen mogelijk te maken, worden de Reo-modellen vertaald naar Promela, de invoertaal voor de SPIN model checker. Deze vertaling vergemakkelijkt de formele verificatie van essentiële SDN-kenmerken, waaronder bereikbaarheid, consistentie en de juistheid van de netwerk gedrag.

In Hoofdstuk 6 wordt de modellering taal NetKAT uitgebreid. NetKAT is een formele taal voor het specificeren van netwerk gedrag, die hier is uitgebreid om concurrent gedrag te ondersteunen door de introductie van poorten. Deze uitbreiding verbetert de mogelijkheid van NetKAT om stateful en concurrent systemen te modelleren, waardoor het aansluit bij het op Reo gebaseerde formalisme en de toepasbaarheid ervan wordt uitgebreid naar complexere SDN-scenario's.

Om een pioniersrol te vervullen bij de integratie van causaliteitsredeneringen in SDN-modellen, is de aanpak in Hoofdstuk 7 cruciaal voor het diagnosticeren van netwerkanomalieën en het voorkomen van gevaarlijke gebeurtenissen. Hiermee wordt de basis gelegd voor geavanceerdere causaliteitsanalyses in toekomstig werk.