



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Improved hard real-time scheduling and transformations for embedded Streaming Applications

Spasic, J.

Citation

Spasic, J. (2017, November 14). *Improved hard real-time scheduling and transformations for embedded Streaming Applications*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/59459>

Version: Not Applicable (or Unknown)

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

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/59459>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The following handle holds various files of this Leiden University dissertation:
<http://hdl.handle.net/1887/59459>

Author: Spasic, J.

Title: Improved hard real-time scheduling and transformations for embedded Streaming Applications

Issue Date: 2017-11-14

Samenvatting

Dit proefschrift richt zich op het probleem van het ontwerpen van prestatie- en energie-efficiënte embedded streaming-systemen. Embedded streaming-systemen verwerken een stroom van inputgegevens vanuit de omgeving en genereren een stroom van outputgegevens naar de omgeving. Het correct functioneren van embedded streaming-systemen hangt af van zowel de juistheid van de outputgegevens als van de tijd waarop de gegevens zijn geproduceerd. Daarom zijn embedded streaming-systemen real-time-systemen. Enkele voorbeelden van real-time embedded streaming-systemen kunnen gevonden worden in verscheidene autonome mobiele systemen, zoals vliegtuigen, zelfrijdende auto's en drones.

Om de gewenste prestatie en energieconsumptie te bereiken van zulke real-time embedded streaming-systemen, zijn moderne ingebedde systemen uitgerust met hardwareplatformen die meerdere processors bevatten op een enkele chip waarmee een goede prestatie van het systeem kan worden bereikt door parallelle uitvoering, terwijl energie-efficiëntie verkregen kan worden door het operationele voltage en de frequentie te verlagen. Deze hardwareplatformen worden Multi-Processor Systems-on-Chip (MPSoCs) genoemd. Om de gewenste prestatie en energieconsumptie te leveren, moet de streaming-applicatie die op een MPSoC-platform zal worden uitgevoerd, worden gespecificeerd als een serie taken die gegevensafhankelijk zijn, maar die parallel kunnen worden uitgevoerd. Deze taken worden ruimtelijk gepland, dat wil zeggen, in kaart gebracht op processors, waar ze worden gepland in de tijd en uitgevoerd. Dit proefschrift stelt methodes en technieken voor het omzetten van een streaming-applicatie naar een serie van parallelle taken die sterk overeenkomt met een MPSoC-platform en het plannen van deze parallelle taken zodanig dat de gewenste prestatie en energieconsumptie worden bereikt.

Het eerste deel van dit proefschrift voert een aanpak van planning aan om een streaming-applicatie uit te voeren als een serie van real-time periodieke taken. Een normaal gedrag van streaming-applicaties is dat verschil-

lende uitvoeringen van dezelfde applicatietaak verschillen in uitvoeringstijd. Daarom zet de voorgestelde aanpak iedere taak van een applicatie om in een serie van real-time periodieke taken door taakparameters (periodes, starttijden en deadlines) af te leiden, rekening houdend met verschillende uitvoeringstijden voor verschillende uitvoeringen van iedere applicatietaak. De omzetting maakt de toepassing mogelijk van vele moeilijke real-time planningsalgoritmes die de snelle berekening bieden van het benodigde aantal processors voor het plannen van de taken met een gegarandeerde prestatie, dat wil zeggen, doorvoercapaciteit en latentietijd. Dit proefschrift laat zien dat het rekening houden met verschillende uitvoeringstijden voor verschillende uitvoeringen van applicatietaken en moeilijke real-time planningstheorie leidt tot een hogere applicatiedoorvoercapaciteit en een kortere applicatielatentietijd terwijl het aantal processors, nodig voor het plannen van een gegeven applicatie, vermindert. Deze prestatievoordelen gaan echter gepaard met een verhoogde behoefte aan geheugen om de datacommunicatie tussen de taken te implementeren.

Het tweede deel van dit proefschrift draagt technieken aan voor de transformatie van een initiële representatie van een streaming-applicatie, dat wil zeggen, een initiële applicatiegrafiek, naar een gelijkwaardige input-output representatie, op zo'n manier dat de nieuwe representatie meer overeenkomt met het MPSoC-platform, wat leidt tot een betere prestatie en energieconsumptie. In het bijzonder, repliceert de voorgestelde transformatietechniek taken in een initiële applicatiegrafiek en verdeelt data zorgvuldig over taakreplica's, wat meer parallele uitvoering van taken mogelijk maakt en leidt tot een kortere applicatielatentietijd en een kleiner communicatiegeheugen vergeleken met verwante benaderingen. Deze transformatietechniek wordt vervolgens gebruikt met onze planningsaanpak binnen een nieuw voorgesteld algoritme om de prestatie van embedded streaming-systemen te maximaliseren. Dit algoritme past het parallelisme in de applicatiegrafiek aan in overeenstemming met de bronnen in een MPSoC om de maximale prestatie te bereiken. Daarnaast stelt dit proefschrift een nieuwe benadering voor om real-time streamingapplicaties efficiënt te mappen op MPSoCs met doorvoerslimieten, zodat de energieconsumptie verminderd wordt, door onze transformatietechniek en onze planningsaanpak te gebruiken met gepaste selectie van het operationele voltage en de frequentie. De voorgestelde benadering voor minimalisering van energie presteert beter dan verwante benaderingen in termen van energieconsumptie terwijl aan dezelfde doorvoerslimieten wordt voldaan.

De nauwkeurigheid van het modelleren van energie is belangrijk voor een efficiënt energiebeheer. Daarom stelt het laatste deel van dit proefschrift

een nauwkeurig energiemodel voor, voor embedded streaming-applicaties in kaart gebracht op MPSoC platformen. Om exactere energieconsumptieschattingen te verkrijgen, moet een energiemodel nauwer verbonden zijn met het daadwerkelijke draaiende systeem. Tegelijkertijd moet het model efficiënt zijn wat betreft moeite en tijd besteed aan modelleren en evalueren. Daarom is het voorgestelde exacte energiemodel gebaseerd op een applicatiemodel dat een beter inzicht geeft in de uiteindelijke implementatie van applicatietaken op een platform, en de waarden van belangrijke modelparameters worden verkregen van echte metingen.