



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## **On the power efficiency, low latency, and quality of service in network-on-chip**

Wang, P.

### **Citation**

Wang, P. (2020, February 12). *On the power efficiency, low latency, and quality of service in network-on-chip*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/85165>

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/1887/85165>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/85165> holds various files of this Leiden University dissertation.

**Author:** Wang, P.

**Title:** On the power efficiency, low latency, and quality of service in network-on-chip

**Issue Date:** 2020-02-12

# Samenvatting

In multi/many-core System-on-Chips (SoCs) schaalt prestatie vrijwel lineair met het aantal rekenkernen. Om hogere prestaties te bereiken moeten meer rekenkernen in many-core SoCs worden geïntegreerd, waardoor communicatie tussen de kernen een bottleneck wordt voor verdere prestatieverhoging. Een Network-on-Chip (NoC), met lage netwerk vertraging, hoge bandbreedte, goede schaalbaarheid en herbruikbaarheid, lijkt een veelbelovend communicatiemedium te zijn voor de vele SoCs. Echter, NoCs consumeren in de praktijk te veel stroom, waardoor de toepasbaarheid van NoCs in toekomstige grootschalige many-core SoCs gelimiteerd wordt. Omdat steeds geavanceerdere halfgeleider technologieën worden gebruikt in chipfabricage, neemt het statisch stroomgebruik van een NoC het merendeel in van het totale stroomgebruik. Derhalve hebben wij ons in deze thesis gericht op het reduceren van het statische stroomgebruik van NoCs op twee manieren: door op efficiënte wijze stroomregulatie toe te passen om statisch stroomgebruik te minderen en door communicatie met beperkte interferentie toe te passen op een gesimplificeerde NoC structuur om energiezuinig pakketverzending te bewerkstelligen.

Door onbenutte componenten/routers in een NoC uit te zetten is stroomregulatie een efficiënte methode om het stroomgebruik van een NoC te reduceren. Echter, wanneer stroomregulatie op een NoC wordt toegepast, blokkeren de uitgeschakelde componenten/routers de pakketverzending en zorgen daarmee voor significante toename in pakketvertraging. Verder kost stroomregulatie (het in- en uitschakelen van componenten/routers) zelf ook extra stroom, waardoor stroomgebruik kan toenemen, of de reductie ervan inefficiënt is. Om het toenemen van pakketvertraging door stroomregulatie te reduceren en een significante vermindering in het stroomgebruik van NoCs te bereiken, stellen wij drie nieuwe stroomregulatie aanpakken voor: taken buffer gebaseerde (TB-gebaseerde) stroomregulatie, dynamische omzeiling (D-omzeiling) stroomregulatie en direct virtueel kanaal gebaseerde (DVK-gebaseerde) stroomregulatie. Deze stroomregulatie aanpakken zijn effectief in het verminderen van de stroomconsumptie van NoCs. Verder hebben de aanpakken verschillende eigenschappen, ieder met hun eigen voordelen. Door zeer precisie stroomregulatie kan onze TB-gebaseerde aanpak volledig gebruik maken van de tijd dat iedere invoerpoort

in een router onbenut is om de statische stroomconsumptie te reduceren. Hierdoor is onze TB-gebaseerde aanpak effectief in het reduceren van stroomgebruik van een NoC in een breder scala aan werkdrukke. De D-omzeiling en de DVK-gebaseerde aanpakken zorgen ervoor dat pakketten uitgeschakelde routers kunnen omzeilen. Hierdoor zijn deze aanpakken effectiever in het limiteren van pakketvertraging veroorzaakt door stroomregulatie en hebben daardoor minder prestatiekosten. Daarnaast staat de DVK-gebaseerde aanpak toe dat pakketten ook ingeschakelde routers kunnen omzeilen om tevens dynamische stroomconsumptie te verminderen. Hierdoor gebruikt de DVK-gebaseerde aanpak minder stroom bij zware werkdruk dan de D-omzeiling aanpak.

Communicatie met beperkte interferentie op een NoC-gebaseerde SoC is een nuttige quality-of-service. Bij communicatie met beperkte interferentie worden de pakketten van verschillende applicaties gegroepeerd in verschillende domeinen, waarbij gevolgtrekking uitsluitend binnen hetzelfde domein kan plaatsvinden, niet tussen domeinen. Door communicatie met beperkte interferentie te ondersteunen hebben NoCs samenstelbaarheid, waardoor temporele verificatie van (harde) real-time applicaties wordt gefaciliteerd. Echter, het gebruik van communicatie met beperkte interferentie vraagt op een conventionele NoC een groot aantal virtuele kanalen, wat een hoog stroomgebruik met zich meebrengt. Hierdoor is er een prangende vraag naar communicatie met beperkte interferentie op een energiezuinige NoC architectuur. Bufferloze NoCs hebben een gesimplificeerde NoC architectuur. Door virtuele kanalen/buffers in de routers te elimineren, hebben bufferloze NoCs een veel lager stroomgebruik dan conventionele NoCs. Er zitten echter geen buffers in bufferloze NoCs om tijdelijk pakketten op te slaan, waardoor deze moeten blijven bewegen, wat de gevolgtrekking tussen pakketten moeilijker maakt. Als gevolg hiervan ondersteunen huidige bufferloze NoCs geen communicatie met beperkte interferentie. Om dit probleem op te lossen hebben wij een nieuwe routebepaling voorgesteld, genaamd surfen op bufferloze NoC (Surf-Bless). Op basis van onze Surf-Bless routebepaling wordt het mogelijk voor bufferloze NoCs om communicatie met beperkte interferentie te ondersteunen. Bovendien is onze Surf-Bless routebepaling, gebruik makende van de lage stroomconsumptie van de bufferloze NoC, veel kracht/energie-efficiënter dan de conventionele NoC.