



**HAL**  
open science

## Intégration d'un NoC optique au sein d'une architecture multi-coeurs

Daniel Chillet, Dung Pham Van, Cedric Killian, Olivier Sentieys, Sébastien Le Beux, Ian O'Connor

► **To cite this version:**

Daniel Chillet, Dung Pham Van, Cedric Killian, Olivier Sentieys, Sébastien Le Beux, et al.. Intégration d'un NoC optique au sein d'une architecture multi-coeurs. 2017 - XIIème Colloque National du GDR SoC-SiP, Jun 2017, Bordeaux, France. pp.1-2. hal-01655420

**HAL Id: hal-01655420**

**<https://inria.hal.science/hal-01655420>**

Submitted on 4 Dec 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Intégration d'un NoC optique au sein d'une architecture multi-cœurs

Dung Pham Van, Daniel Chillet, Cédric Killian, Olivier Sentieys  
IRISA, Campus universitaire de Beaulieu  
263 Avenue du Général Leclerc  
CS 74205, 35042 RENNES Cedex - France  
*prenom.nom@irisa.fr*

Sébastien Le Beux, Ian O'Connor  
INL, Institut des Nanotechnologies de Lyon  
École Centrale de Lyon  
36 avenue Guy de Collongue, 69134 Écully Cedex  
*prenom.nom@ec-lyon.fr*

## Abstract

*L'intégration de NoC optique au sein d'une architecture multi-cœurs est une opportunité intéressante pour supporter les communications entre les éléments de calcul. Toutefois, pour être pleinement utilisable, il est nécessaire de définir une interface électrique  $\leftrightarrow$  optique pour supporter les fonctions de base des communications. Nos travaux se situent dans ce contexte et nous exposons ici l'interface développée pour l'intégration d'un NoC optique dans une architecture multi-cœurs. L'interface proposée supporte trois fonctionnalités de base qui sont : i) l'encodage des données avec codes correcteur d'erreurs, ii) la gestion de la consommation énergétique des lasers, et iii) l'allocation de longueurs d'ondes.*

## 1. Introduction

Les progrès importants qui ont été réalisés dans le domaine de la photonique sur silicium permettent actuellement d'envisager l'intégration de composants optiques au sein d'architectures multi-cœurs afin de supporter les communications entre les ressources de calculs. Cependant, pour être pleinement exploitable, ces composants optiques, et notamment les lasers produisant les longueurs d'ondes supportant les échanges, doivent être interfacés avec l'électronique de l'architecture multi-cœurs. Étant donné les débits élevés requis, les interfaces effectuant la conversion électrique  $\leftrightarrow$  optique doivent être efficaces pour que les performances des NoC optique (ONoC) ne soient pas bridées par l'électronique associée. Nos travaux visent à définir cette interface. Celle-ci est composée de trois grandes parties répondant aux trois fonctionnalités importantes permettant de prendre en charge une donnée depuis un cœur source pour l'acheminer vers un ou plusieurs lasers en vue d'une transmission sur une ou plusieurs longueurs d'ondes. En effet, les lasers sur puce actuels offrent une bande passante de 10 Gbits/s, et l'utilisation de plusieurs lasers en parallèle augmente proportionnellement le débit de la communication.

## 2. Modèle d'architecture

L'architecture support de ces travaux est Chaméléon [1] (voir figure 1). Cette architecture est basée sur deux couches de silicium : une couche électrique contenant les cœurs et une couche contenant le ONoC. Chaque cœur de calcul dispose d'un ONI (Optical Network Interface) lui permettant de faire des requêtes de communication, puis de transmettre ou de recevoir des données. Les ONI sont composés d'une partie émettrice, contenant des lasers et des Micro Résonateurs en anneau (MR), et d'une partie réceptrice, composée de MR et de photo-détecteurs. Un MR permet i) d'injecter (respectivement d'extraire) un signal optique (en étant activé) dans (respectivement depuis) un guide d'ondes ; ii) de laisser passer un signal sans le modifier. Chaque MR est associé à une longueur d'onde et peut être contrôlé indépendamment (activé ou désactivé) selon les besoins de communication.

La figure 1 illustre l'établissement de deux communications en parallèle. Une première communication est générée entre l'ONI<sub>A</sub> et l'ONI<sub>C</sub> sur une longueur d'onde illustrée en rouge. Pour ce faire, le laser "rouge" est activé, ainsi que le MR associé afin d'injecter le signal optique au sein du guide d'ondes. Les lasers supportent une modulation OOK et sont pilotés directement par les données binaires sérialisées venant des cœurs. Le message étant à destination de l'ONI<sub>C</sub>, le MR "rouge" de l'ONI<sub>B</sub> est désactivé de façon à laisser passer la longueur d'onde "rouge". Au sein de l'ONI<sub>C</sub>, le MR "rouge" est activé et permet d'extraire le signal "rouge" afin de le diriger vers le photo-dectecteur qui effectue la conversion optique vers électrique. En parallèle, l'ONI<sub>B</sub> effectue une communication sur la longueur d'onde "verte", ce qui nécessite l'activation du MR "vert" au sein de la partie émettrice de l'ONI<sub>B</sub>, et de celui au sein de la partie réceptrice de l'ONI<sub>C</sub>.

Dans cette chaîne de communication, les composants optiques induisent des pertes qui sont liées à la longueur du guide d'ondes, ainsi qu'aux courbes subies par les longueurs d'ondes parcourant le guide d'ondes [2, 3]. En plus de ces pertes optiques, il est important de prendre

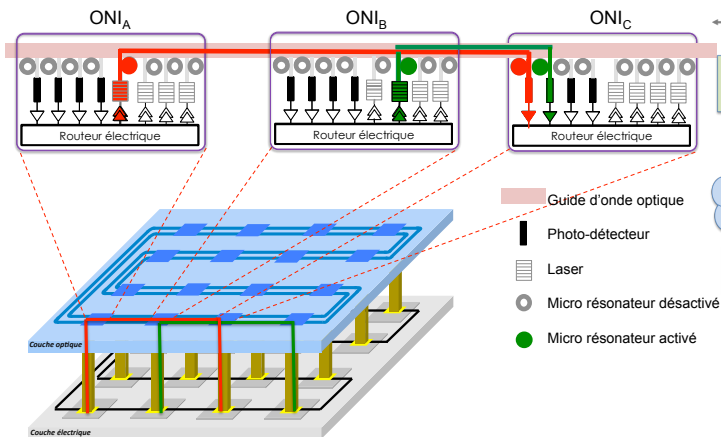


FIGURE 1. Architecture et interfaces optiques.

en compte le rendement des lasers, qui est faible, et qui est de l'ordre de 5 à 10%. Dans ces conditions, il est évident que ce média de communication doit être géré de façon très précise afin de limiter autant que faire se peut les consommations inutiles. C'est le rôle de l'interface que nous avons développée, et que nous présentons dans la section suivante.

### 3. Modèle de l'interface

L'interface est dotée de plusieurs éléments importants qui répondent chacun à une fonctionnalité particulière (voir figure 2). Ces fonctionnalités sont au nombre de trois et concernent :

- Fonction de codage de source des données en vue d'augmenter la protection de celles-ci et de réduire la puissance laser au strict minimum permettant de cibler un BER donné pour chaque communication ;
- Fonction de sérialisation depuis le bus cœur (après avoir subi un codage de source) vers un ou plusieurs flux de données 1 bit ;
- Fonction d'allocation des flux de données 1 bit vers les ou les lasers en vue de leur modulation.

L'interface est pilotée par le système d'exploitation qui capte les appels systèmes des tâches applicatives souhaitant transmettre des messages. La figure 2 illustre la circulation des paquets de données codées sur 64 bits depuis le cœur émetteur jusqu'au guide d'ondes pour le cas d'une tâche souhaitant réaliser un transfert de données et pour laquelle le système d'exploitation a alloué 3 longueurs d'ondes ( $\lambda_1$  "jaune",  $\lambda_2$  "rouge" et  $\lambda_4$  "verte") afin d'offrir un débit de 30 Gbits/s. La stratégie de sélection et d'allocation des longueurs d'ondes consiste à retenir les longueurs d'ondes les mieux adaptées, à l'instant de communication, pour réduire les pertes optiques dans le guide d'ondes et le *crosstalk* entre les communications en cours. Cette stratégie permet alors au système d'exploitation de contrôler les différents composants de l'interface, à savoir i) le routage des données vers le bon

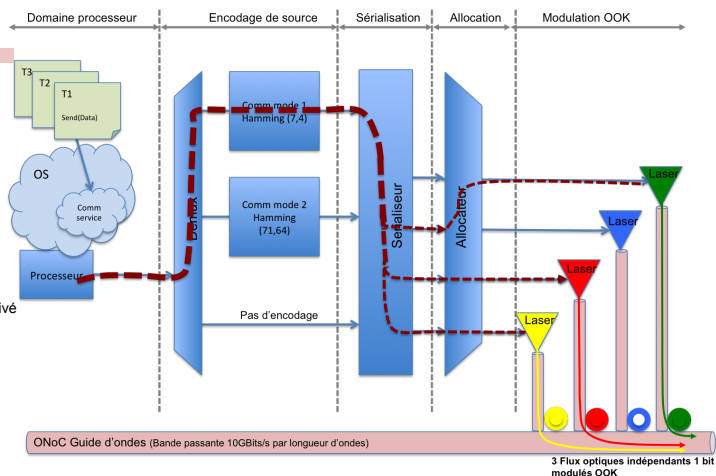


FIGURE 2. Fonctionnement de l'interface.

encodage, ii) la sérialisation en un ou plusieurs flux binaires, iii) l'allocation des longueurs d'ondes pour chacun de ces flux binaire.

### 4. Conclusion

Ces travaux adressent la définition de l'interface de communication permettant de supporter les échanges au sein d'une architecture multi-cœurs sur un réseau NoC optique. L'interface proposée implémente plusieurs fonctions de base qui consistent à passer du domaine électrique vers le domaine optique. Elle est équipée de mécanismes permettant i) l'allocation de plusieurs longueurs d'ondes pour une seule et même communication dans l'objectif d'augmenter la bande passante et donc de réduire le temps de communication ; ii) l'insertion d'un encodage des données en vue de réduire la puissance nécessaire pour générer les longueurs d'ondes.

### Remerciements

Ce travail est supporté par le laboratoire d'excellence COMIN Labs au travers du financement du projet 3D Optical Many-Cores.

### Références

- [1] S. L. Beux, H. Li, I. O'Connor, K. Cheshmi, X. Liu, J. Trajkovic, and G. Nicolescu, "Chameleon : Channel efficient optical network-on-chip," in DATE 2014.
- [2] J. Luo, A. Elantably, V. Pham, C. Killian, D. Chillet, S. L. Beux, O. Sentieys, and I. O'Connor, "Performance and energy aware wavelength allocation on ring-based wdm 3d optical noc," in DATE 2017.
- [3] C. Killian, D. Chillet, S. L. Beux, V. Pham, O. Sentieys, and I. O'Connor, "Energy and performance trade-off in nanophotonic interconnects using coding techniques," in DAC 2017, Austin.