HAL
open science

RF-NoC cognitif pour les architectures manycore

Habiba Lahdhiri, Jordane Lorandel, Emmanuelle Bourdel

To cite this version:

Habiba Lahdhiri, Jordane Lorandel, Emmanuelle Bourdel. RF-NoC cognitif pour les architectures manycore. GDR SOC2, Jun 2019, Montpellier, France. hal-02906962

HAL Id: hal-02906962

https://hal.science/hal-02906962v1

Submitted on 26 Jul 2020

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.

RF-NoC cognitif pour les architectures manycore

Habiba Lahdhiri, Jordane Lorandel, Emmanuelle Bourdel
ETIS/ENSEA/UCP/UMR8051
F-95000, Cergy-Pontoise, France
prénom.nom@ensea.fr

Abstract

Le développement des architectures manycore avec des milliers de cœurs sur une même puce, révèle de nouveaux défis, notamment vis-à-vis des interconnexions entre coeurs ou groupe de coeurs. L'introduction d'interconnexion RF combiné avec l'OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) s'avère une solution prometteuse. Dans ce résumé, nous présentons nos travaux préliminaires vers le développement d'une architecture RF-NoC cognitive visant à améliorer les communications au sein d'un RF-NoC. Pour cela, nous modélisons l'architecture et évaluons les performances d'un algorithme de routage adapté.

1. Introduction

L'évolution des interconnexions dans les nouvelles architectures intégrant des milliers de coeurs a fait apparaître les premiers NoC pour pallier les limitations des architectures basées sur des bus. Néanmoins, l'augmentation importante du nombre de coeurs limite les performances des Network-on-Chip (NoC) basés sur des interconnexions métalliques. Plusieurs nouvelles technologies d'interconnexion ont alors émergé utilisant l'Optique (o-NoC), 3D ou encore la RF (Radio-Fréquence).

L'interconnexion optique est utilisée comme support partagé pour les communications longues distances, offrant une bande passante élevée et une faible latence. Les principaux inconvénients sont le besoin d'une source de lumière externe et la forte consommation d'énergie. L'architecture NoC 3D est une technologie permettant de réduire les distances en utilisant l'empilement des couches. Néanmoins, les couches successives peuvent toute fois engendrer des problèmes de dissipation thermique. Les interconnexions basées sur la technologie RF offrent des perspectives prometteuses. Les ondes RF peuvent se propager à l'aide d'une antenne ou d'un guide d'ondes, à une vitesse de propagation élevée. De plus, les circuits RF sont compatibles avec la technologie CMOS existante contrairement d'autres technologies. Certains travaux ont déjà montré cette compatibilité à travers la conception d'un émetteur-récepteur RF large bande générique [2]. Toutes ces technologies d'interconnexion nécessitent une méthode d'accès multiple pour partager efficacement les ressources spectrales entre les différents éléments souhaitant communiquer. Des techniques de modulation multi-porteuses telles que l'Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) se sont avérées performantes, permettant d'améliorer l'efficacité spectrale. De plus, l'attribution des sous-porteuses peut être effectuée directement à partir de la bande de base et modifiée dynamiquement pendant le fonctionnement de l'application, ce qui permet d'adapter la largeur de la bande de fréquence utilisée par chaque cœur ou groupe de cœurs (clusters).

2. Architecture RF-NoC OFDMA

L'architecture proposée dans [1] contient deux niveaux de hiérarchie: les clusters et les tuiles. A chaque niveau hiérarchique correspond une interconnexion spécifique, respectivement interconnexion RF et NoC filaire. Chaque cluster contient 32 routeurs (1 par tuile), qui sont interconnectés avec un NoC filaire alors que les communications entre les clusters sont effectuées à l'aide du guide d'onde RF. Enfin, l'architecture globale est composée de 32 clusters, interconnectés avec des émetteurs-récepteurs RF, ce qui correspond à un total de 1024 de tuiles. Pour permettre les communications entre clusters, chaque cluster dispose d'une interface RF composée d'un émetteur et d'un récepteur OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access). Cette technique présente de nombreux avantages tels que la robustesse face aux interférences, une haute efficacité spectrale et permet l'allocation dynamique des sous-porteuses en fonction des besoins. L'attribution de sous-porteuses entre les différents clusters représente un défi majeur. Une des solutions proposées dans [3] se base sur l'algorithme QPS (*Queue Proportional Scheduler*). Le principe du QPS est que le noeud qui communique le plus aura plus de sous-porteuses. Pour cela, chaque cluster doit transmettre son QSI (*Queue State Information*) qui représente l'état de remplissage de la FIFO d'émission aux autres clusters. A noter que la technologie RF permet de diffuser simplement des messages à tous les clusters (broadcast).

3. RF-NoC cognitif

Dans notre approche, nous souhaitons minimiser voire se passer d'échanges de données entre les clusters pour déterminer l'allocation des ressources fréquentielles entre les clusters. Pour cela, des fonctions cognitives seront intégrées permettant de détecter les ressources spectrales libres au cours du fonctionnement, permettant aux cœurs qui ont besoin de plus de ressources de communication de les utiliser. La solution recherchée doit permettre d'obtenir un contrôle entièrement distribué, ouvrant néanmoins de nouvelles problématiques comme la résolution

des conflits d'accès multiples à une ressource. La détection du spectre représente une tâche clé, permettant de capturer des informations sur l'occupation et les caractéristiques du spectre, à un instant donné, révélant la présence d'utilisateurs primaires et des ressources spectrales libres. Cette technique ne doit pas être trop complexe pour respecter les contraintes liées à l'embarquée.

3.1 Détection d'énergie

Parmi les différentes méthodes de détection du spectre, la détection d'énergie est la technique retenue en raison de sa faible complexité de mise en œuvre et de sa faible consommation d'énergie. La détection d'énergie se base sur une comparaison avec un seuil qui dépend du bruit. Considérons que le signal reçu $y(n)$ a la forme suivante :

$$y(n) = s(n) + w(n) \tag{1}$$

où $s(n)$ est le signal à détecter, $w(n)$ un bruit gaussien blanc additif (AWGN) et n l'index de l'échantillon. Lorsqu'il n'y a pas de transmission par l'utilisateur principal, $s(n) = 0$. L'absence (H_0) ou la présence (H_1) d'utilisateurs primaires est déterminée par les hypothèses suivantes :

$$y(n) = \begin{cases} w(n) & H_0 \\ s(n) + w(n) & H_1 \end{cases} \tag{2}$$

En plaçant le bloc de détection d'énergie dans un chaîne OFDMA, l'interface RF se présente comme suit :

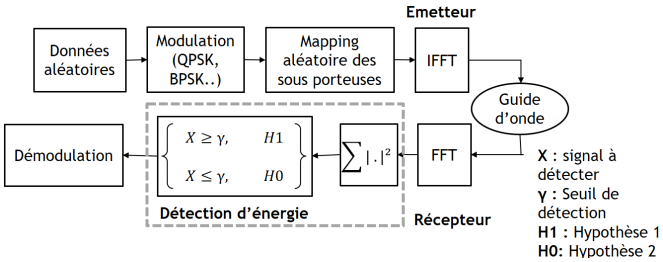

Fig. 1: Interface RF

Cette solution a été testée et validée expérimentalement et sera par la suite intégrée dans un simulateur de NoC pour évaluer les gains apportés par l'ajout de cette technique

4. Algorithme de routage

Noxim [4] est un simulateur de NoC développé en SystemC, utilisé pour l'évaluation de l'architecture RF-NoC cognitive. Ce simulateur a été modifié afin de permettre la modélisation des interconnexions RF ainsi que les accès multiples concurrent aux canaux fréquentiels liés à l'OFDMA. Pour optimiser les communications au sein du RF-NoC, un nouvel algorithme de routage a implémenté sur Noxim afin de permettre la diffusion du trafic sur le NoC d'une manière appropriée dans le but d'améliorer le débit du réseau et de réduire la latence.

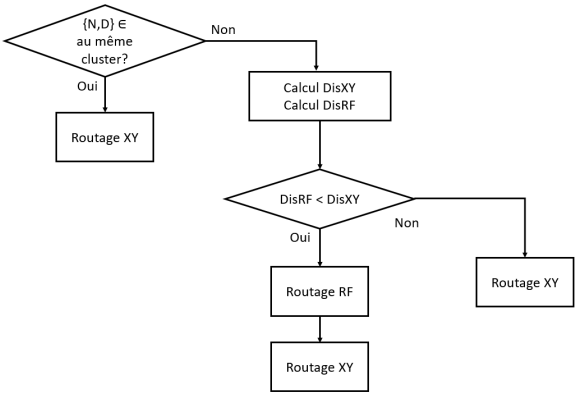

Fig. 2: Algorithme de routage proposé

Cet algorithme permet de router les paquets soit vers le Hub radio dans le cas des communications entre deux routeurs éloignés soit à travers le NoC filaire. Une métrique représentant la distance en nombre de routeurs traversés (nombre de sauts) via les interconnexions filaires est calculée afin de décider la manière de router les paquets. La figure 2 présente l'algorithme de routage proposé avec N le noeud courant, D le routeur de destination, $DisXY$ la distance entre N et D via un routage XY classique et $DisRF$ la distance en passant par le Hub radio. La Figure 3 présente les performances de l'algorithme de routage en termes de latence moyenne et de débit en fonction du taux d'injection de paquets (PIR) sous un trafic aléatoire, par rapport à une politique de routage XY. On constate alors une diminution de la latence et des débits supérieurs lorsque le PIR devient supérieurs à $4E-3$.

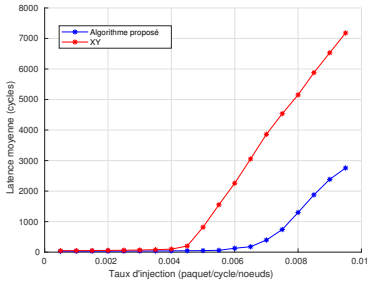

Fig. 3: Latence moyenne en fonction du taux d'injection

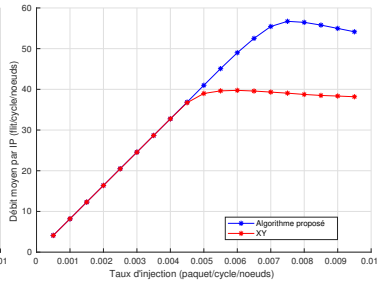

Fig. 4: Débit moyen par IP en fonction du taux d'injection

References

[1] E. Unlu and al., "An OFDMA Based RF Interconnect for Massive Multi-core Processors", in 2014 Eighth IEEE/ACM International Symposium on Networks-on-Chip (NoCs), 2014.

[2] F. Drillet and al., "Flexible Radio Interface for NoC RF-Interconnect," in 17th EuroMicro Conference on Digital System Design, 2014.

[3] A. Brière, and al., "Dynamically Reconfigurable RF NoC for Many-core," Proceedings Great Lakes Symposium on VLSI, Pittsburgh, United States, pp. 139-144, May 2015.

[4] V. Catania, A. Mineo, S. Monteleone, M. Palesi and D. Patti, "Noxim: An open, extensible and cycle-accurate network on chip simulator," 2015.