

# **JOURNEES CLOUD 2018**

**Doctorant : Adila MEBREK**

**Équipe de recherche : ERA**

# Fog computing pour l'Internet des Objets

## Contexte

Au cours de ces dernières années, le cloud computing a ajouté une nouvelle dimension aux traditionnelles méthodes de stockage et à l'offre de services. Toutefois, la croissance rapide du nombre de dispositifs connectés à Internet remet en question l'architecture réseau traditionnelle du cloud computing. Dans les derniers rapports de Cisco, d'ici 2020, la prochaine génération de dispositifs connectés à Internet, plus connue sous le nom d'Internet des Objets (Internet of Things ou IoT) serait d'environ 50 milliards d'objets connectés [1]. D'autre part, les principaux centres de stockage et de calcul de l'architecture cloud computing sont des Data Centers (DCs) géographiquement dispersés qui communiquent. Les DCs sont d'énormes consommateurs d'énergie et émettent une forte quantité de gaz à effet de serre [5], ce qui nuit profondément à l'environnement.

Pour y remédier, Cisco a proposé un nouveau paradigme, le *Fog computing*, qui vient renforcer l'architecture du cloud computing en transférant des fonctionnalités de base du cloud vers le bord du réseau. Le fog computing est un paradigme de calcul distribué qui permet de renforcer les périphériques du réseau à différents niveaux avec différentes capacités de calcul et de stockage [2]. Dans leurs travaux [3,4], Bonomi et al. ont introduit et caractérisé l'architecture du fog et justifié par ailleurs sa pertinence pour les services et les applications de l'IoT. L'idée du fog computing est d'étendre le cloud computing jusqu'en bordure du réseau, en exploitant les mêmes ressources que le cloud (calcul, stockage, routage, etc.) et en se partageant un bon nombre de mécanismes et d'attributs (locations de multiples services, virtualisation, etc.) [4]. Les fonctions complémentaires du cloud et du fog permettent aux utilisateurs de bénéficier d'une nouvelle génération de technologies plus respectueuse de l'environnement, qui répond aux exigences de l'IoT en termes de qualité de service [6], et renforce l'analyse complexe et le stockage à long terme des données en bordure du réseau.

Dans ce cadre, ma thèse vise à proposer une solution décentralisée pour la gestion du fog computing dans le contexte des applications de l'IoT. Je vise à proposer une architecture réseau et des algorithmes d'acheminement et de traitement des données prenant en compte la nature de la donnée à transporter (contraintes de qualité de service) mais également le coût énergétique qu'induisent le traitement et le transport de cette donnée. Cette solution doit permettre de décider quelles capacités de traitement et de stockage devront être déportées à la périphérie du réseau afin d'en optimiser les performances en matière de qualité de service et de consommation énergétique.

## Les principaux axes de recherche dans le cadre de ma thèse

Avec l'augmentation du nombre d'objets connectés au réseau IoT qui nécessitent une très faible latence des fournisseurs de services, le fog computing doit être en mesure de répondre aux défis suivants :

**Grand nombre de nœuds :** De nombreux dispositifs font partie du réseau et ces objets produisent des données qui doivent être collectées et analysées ;

**Latence :** Plusieurs applications s'exécutent sur des périphériques situés au bord du réseau, ce qui signifie qu'ils sont éloignés des centres de données du cloud. Le cloud computing prend en charge l'approvisionnement centralisé à distance en ressources, ce qui peut entraîner un délai supplémentaire pour le traitement, or certaines applications peuvent être sensibles à la latence. Etant placé au bord du réseau, le fog doit garantir une latence qui soit aussi faible que possible ;

**Analyse Big data :** Le volume de données produit par tous les objets intelligents au bord du réseau est énorme, et il est impossible de le transférer vers des centres de données centralisés et de l'analyser là-bas. Lorsque le cloud fait toute l'analyse des données fournies par les applications IoT, cela conduit à une utilisation inefficace de la bande passante et une plus grande latence. Par conséquent, le fog computing doit effectuer une grande partie du traitement des données produites par les objets au niveau du fog, pour fournir des résultats en temps réel ou presque, et pour filtrer ou éliminer le bruit des données

envoyées au cloud;

**Support du cloud :** Afin d'assurer une faible latence, le fog doit permettre un stockage des données semi-permanent dans le fog et un stockage à long terme dans les DCs du cloud ;

**Flexibilité :** Les ressources et les dispositifs au bord du réseau peuvent s'ajouter dynamiquement aux nœuds du fog qui doivent donc être capables de prendre en compte ces changements.

Vues les ressources limitées de l'IoT et du fog, de nouvelles méthodes d'allocation de ressources [7-11] doivent être mise en œuvre. Zeng et al. [7] ont étudié la planification et le placement des données pour minimiser le temps d'E / S, le temps de calcul et le délai de transmission dans les plates-formes du fog. Beaucoup de chercheurs ont étudié l'offloading de la charge de travail dans les systèmes Edge/Fog-cloud pour différents objectifs, y compris la minimisation de la consommation d'énergie [8], [9], la minimisation du délai [8], [10], [11], l'amélioration de la qualité de l'expérience (QoE) [11], etc. Cependant, la plupart de ces travaux ne considère pas la structure complexe et la capacité limitée du bord du réseau (contraintes de bande passante, limitations des ressources dans le fog, etc.). A noter que Deng et al. [8] ont en effet considéré les contraintes de bande passante du réseau et ont supposé qu'il y a aucune interférence dans les données et requêtes transmises. En raison du manque de travail existant sur l'allocation des ressources du le fog dans le contexte de l'IoT, nous étudions le dimensionnement d'applications d'un point de vue réseau, où nous visons à garantir la QoS des applications en termes de délai de transmission tout en considérant la consommation énergétique dans le fog.

## Références

- [1] MarketWatch: 'Cisco delivers vision of fog computing to accelerate value from billions of connected devices', available at <http://www.theiet.org/resources/journals/research/index.cfm>, accessed August 2014.
- [2] Hong, K., Lillethun, D., Ramachandran, U., et al.: 'Mobile fog: A programming model for large-scale applications on the internet of things'. Proc. of the Second ACM SIGCOMM Workshop on Mobile Cloud Computing, Hong Kong, China, August 2013, pp. 15–20
- [3] Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., et al.: 'Fog computing and its role in the internet of things'. Proc. of the First Edition of the MCC Workshop on Mobile Cloud Computing (ACM), Helsinki, Finland, August 2012, pp. 13–16
- [4] Bonomi, F., Milito, R., Natarajan, P., et al.: 'Fog Computing: A platform for internet of things and analytics', in Bessis, N., Dobre, C. (Eds.): 'Big data and internet of things: a roadmap for smart environments – part I' (Springer International Publishing, Switzerland, 2014), vol. 546, pp. 169–186
- [5] N. Tziritas, S. U. Khan, C. Z. Xu, T. Loukopoulos, and S. Lalis, "On minimizing the resource consumption of cloud applications using process migrations," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 73, pp. 1690–1704, 2013.
- [6] Sotomayor, B., Montero, R.S., Llorente, I.M., et al.: 'Virtual infrastructure management in private and hybrid clouds', *IEEE Internet Comput.*, 2009, 13, (5), pp. 14–22
- [7] D. Zeng, L. Gu, S. Guo, Z. Cheng, and S. Yu, "Joint Optimization of Task Scheduling and Image Placement in Fog Computing Supported Software-Defined Embedded System," *IEEE Trans. Comput.*, 65(12): 3702–3712, 2016.
- [8] R. Deng, R. Lu, C. Lai, T. H. Luan, and H. Liang, "Optimal Workload Allocation in Fog-Cloud Computing Towards Balanced Delay and Power Consumption," *IEEE Internet Things J.*, 3(6): 1171–1181, 2016.
- [9] Y. Xiao and M. Krunz, "QoE and Power Efficiency Tradeoff for Fog Computing Networks with Fog Node Cooperation," in *IEEE INFOCOM*, 2017.
- [10] H. Tan, Z. Han, X.-Y. Li, and F. C. M. Lau, "Online Job Dispatching and Scheduling in Edge-Clouds," in *IEEE INFOCOM*, 2017.
- [11] L. Tong, Y. Li, and W. Gao, "A Hierarchical Edge Cloud Architecture for Mobile Computing,"

in IEEE INFOCOM, 2016