INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES RENNES

Campagne « Contrats Doctoraux Politique Doctorale Etablissement » - INSA RENNES 2022

FICHE DESCRIPTIVE (3 pages maximum*) – annexes autorisées (pdf)

Catégorie demande	☒ contrat doctoral 100 % ☐ contrat doctoral 100 % situation handicap (compléter et joindre le dossier de candidature joint) ☐ contrat doctoral 50 %
Si demande effectuée sur l'appel Contrats Doctoraux Ordinaires indiquez-le	☒ contrat doctoral 100 % ☐ contrat doctoral 50 %
Si cofinancement nature du cofinancement**	-
Titre du sujet de thèse	**Flexible resource allocation for FaaS applications in the fog**
Unité/équipe	☐ Inst. FOTON ☐ ISCR-CSM ☐ ISCR-CM ☐ ISCR-COrint ☐ IETR ☒ IRISA ☐ IRMAR ☐ LGCGM ☐ LS2N/MECAPROCE
Direction de la thèse/Codirection (HDR)	Nikos PARLAVANTZAS, Maître de conférences, INSA Rennes
Co-encadrement	-
Partenaires impliqués	-
Cotutelle / co-direction internationale envisagée* ?	Non
Description des objectifs scientifiques du projet de thèse	**Fog computing** is an extension of the traditional cloud computing model in which compute, storage, and network capabilities are distributed closer to users along a cloud-to-thing continuum [1]. The main motivation for fog computing is supporting latency-sensitive and bandwidth-intensive applications, such as Internet of Things (IoT) applications (e.g., environmental monitoring, smart cities). A promising programming model for developing fog applications is the **Function-as-a-Service (FaaS)** model [2]. In the FaaS model, the developers provide the function code, and the FaaS platform automatically manages resource allocation, function execution, and scaling. By allocating fine-grained resources only during function execution, FaaS promises improved infrastructure utilisation, which is essential for resource-constrained fog environments. Although recent studies have shown the promise of employing FaaS in fog/edge environments, much research is necessary before practical solutions start to emerge [3,4]. Managing fog resources to support FaaS applications poses significant challenges. First, fog resources are geo-distributed, heterogeneous (e.g., sensors, mobile devices, micro data centres), and subject to unpredictable changes (e.g., fog nodes joining, leaving, failing), which makes it difficult to make effective resource allocation decisions. Second, fog resources are consumed and provided by multiple, independent economic actors [5]. These actors include service providers that create and operate applications, and various types of infrastructure providers (e.g., individuals, companies, traditional cloud providers) that own the resources used by these applications. Dynamically coordinating the interactions between these actors while satisfying efficiency and fairness objectives is challenging. Third, executing functions on fog resources introduces numerous FaaS-specific problems, such as reducing function start up latency (i.e., the cold start problem [6]), exploiting code and data locality [7], handling function failures [8], and supporting efficient function chaining [6].

	This thesis will explore flexible resource management for FaaS applications in fog environments. Specifically, the goal is to propose mechanisms for dynamically coordinating fog actors in allocating resources and for continuously managing the execution of FaaS applications on these resources. A well-known coordination approach is applying economic and pricing mechanisms (e.g., auctions), which specify the rules and incentives that govern interactions among self-interested agents. The PhD student will first select an appropriate economic mechanism for fog environments, drawing on the extensive literature on applying such mechanisms in cloud resource management [9, 10, 11], and taking into account the novel challenges introduced by the fog (e.g., heterogeneity, dynamism) and the FaaS model (e.g., fine-grained, on-demand resource allocation for short time intervals). The PhD student will then propose an automated management solution that implements this economic mechanism and manages function execution to satisfy user requirements, notably, performance and energy consumption requirements. The developed techniques and tools will be applied and evaluated within a use case that concerns the environmental monitoring of the Beaulieu campus. This use case is developed in collaboration with researchers from OSUR (Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes) and relies on a fog infrastructure composed of various sensors and actuators, edge nodes with limited capacity (e.g., small Rasberry Pi clusters) as well as traditional cloud nodes. This infrastructure will be used to support diverse FaaS applications (e.g., water quality monitoring, biodiversity monitoring) that collect and analyse sensor data, make predictions, and take appropriate actions (e.g., adapting monitoring rates, sending notifications). The tools will build on the Kubernetes resource orchestration system and an existing open-source FaaS platform, such as OpenFaaS.
Adéquation du projet avec le critère 1	Un de défis majeurs définis dans le Projet Stratégique de l'INSA Rennes consiste à "*s'appuyer sur la recherche pour alimenter les formations et répondre aux besoin de la société*". Des travaux de recherche préliminaires liés au sujet de cette thèse sont d'ores et déjà en train d'être utilisés dans le cadre d'un projet de 4e année INFO depuis septembre 2021. Il s'agit d'un projet logiciel d'un an, effectué par un groupe de 7 étudiants INFO, qui vise à déployer un réseau de capteurs intelligents sur la zone de la Croix-Verte dans le campus. Ce projet est co-encadré par une équipe pluridisciplinaire qui associe des chercheurs et ingénieurs de géosciences (OSUR Rennes), microélectronique (Laboratoire de Physique de Clermont) et informatique (IRISA) et utilise une infrastructure logicielle fog développée par l'équipe MYRIADS. Ce projet de 4e année devrait se poursuivre dans les années à venir et s'enrichir des résultats des travaux de cette thèse. Ces travaux de recherche portent sur plusieurs thématiques et objectifs opérationnels du domaine d'innovation stratégique "*Économie Numérique Sécurisée et Responsable*" de la stratégie S3 de la Région Bretagne. Plus précisément, les travaux peuvent contribuer directement aux trois objectifs suivants : (1) *faire émerger des projets en matière d'exploitation de données environnementales* ; (2) *maîtriser la chaîne de valeur des objets connectés* ; (3) *réduire la consommation énergétique des composants matériels et logiciels qui constituent les briques fonctionnelles des réseaux de communication, des objets connectés comme des applications*. En effet, le cas d'utilisation de la thèse correspond au déploiement d'un réseau d'objets connectés (capteurs, agrégateurs, actionneurs) afin de collectionner et de traiter de données environnementales. La réduction de la consommation énergétique est l'un des objectifs de la plateforme logicielle visée.

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES RENNES

Adéquation du projet avec le critère 2	J'ai soutenu mon HDR en juin 2020. Ce financement me permettrait d'encadrer mon premier doctorant en tant que directeur de thèse et ainsi de développer davantage mon propre programme de recherche. Je co-encadre actuellement une thèse (avec Christine Morin, Djawida Dib et Fedoua Lahfa) qui sera soutenue en mars 2022. La thèse proposée sera effectuée au sein de l'équipe MYRIADS qui fait partie de l'IRISA (département D1) et d'Inria Rennes – Bretagne Atlantique.
Adéquation du projet avec le critère 5	La thèse vise à simplifier le développement et la gestion des applications de fog computing. Le fog (ou edge) est une extension de cloud qui promet de réduire fortement la consommation d'énergie. En effet, le fog traite les données au plus près de leur lieu de production et évite ainsi les gaspillages énergétiques liées aux communications longue distance. De plus, la plateforme logicielle développée par la thèse réduira davantage la consommation d'énergie en gérant activement le placement des applications sur les ressources fog. De ce fait, les travaux de la thèse augmenteront l'efficacité énergétique des systèmes numériques et contribueront donc directement à **l'ODD 12 (**Objectif de Développement Durable) qui concerne la consommation et la production responsables. À travers le cas d'utilisation du suivi environnemental en collaboration avec des chercheurs de géosciences (OSUR Rennes), la thèse peut également avoir un impact positif sur **l'ODD 15** (préservation et restauration des écosystèmes terrestres).
Autres informations utiles (planning envisagé…) **- Pièces jointes autorisées**	La bibliographie est jointe en annexe

**** joindre justificatifs associés***

Je déclare exactes toutes les informations contenues dans ce document
Date et signature du responsable scientifique du projet : *26/1/2022*



Avis du directeur d'unité :	Avis du responsable de composante :
Date et signature :	Date et signature :

Classement du responsable de composante

Bibliographie

[1] R. Mahmud, R. Kotagiri, and R. Buyya. “Fog Computing: A Taxonomy, Survey and Future Directions”. In: Internet of Everything: Algorithms, Methodologies, Technologies and Perspectives. Ed. by B. Di Martino, K.-C. Li, L. T. Yang, and A. Esposito. Springer Singapore, Singapore, 2018, pp. 103–130. isbn: 978-981-10-5861-5. doi: 10.1007/978- 981-10-5861-5_5

[2] I. Baldini, P. Castro, K. Chang, P. Cheng, S. Fink, V. Ishakian, N. Mitchell, V. Muthusamy, R. Rabbah, A. Slominski, and P. Suter. “Serverless Computing: Current Trends and Open Problems”. en. In: Research Advances in Cloud Computing. Ed. by S. Chaudhary, G. Somani, and R. Buyya. Springer, Singapore, 2017, pp. 1–20. isbn: 978-981-10-5026-8. doi: 10.1007/978-981-10-5026-8_1

[3] M. S. Aslanpour, A. N. Toosi, C. Cicconetti, B. Javadi, P. Sbarski, D. Taibi, M. Assuncao, S. S. Gill, R. Gaire, and S. Dustdar. "Serverless Edge Computing: Vision and Challenges", in 2021 Australasian Computer Science Week Multiconference (ACSW '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 10, 1–10, doi:/10.1145/3437378.3444367

[4] R. Xie, Q. Tang, S. Qiao, H. Zhu, F. R. Yu and T. Huang, "When Serverless Computing Meets Edge Computing: Architecture, Challenges, and Open Issues," in IEEE Wireless Communications, vol. 28, no. 5, pp. 126-133, October 2021, doi: 10.1109/MWC.001.2000466

[5] D. Kim, H. Lee, H. Song, N. Choi, and Y. Yi. “Economics of Fog Computing: Interplay among Infrastructure and Service Providers, Users, and Edge Resource Owners”. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2019, pp. 1–1. doi: 10.1109/TMC.2019.2925797

[6] I. Kjorveziroski, S. Filiposka, and V. Trajkovik, “IoT serverless computing at the edge: A systematic mapping review,” Computers, vol. 10, no. 10, p. 130, Oct. 2021, Number: 10 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, doi: 10.3390/computers10100130

[7] A. Tang and J. Yang, “Lambdata: Optimizing serverless computing by making data intents explicit,” in 2020 IEEE 13th International Conference on Cloud Computing (CLOUD), 2020, pp. 294–303, doi: 10.1109/CLOUD49709.2020.00049

[8] Y. Bouizem, N. Parlavantzas, D. Dib, and C. Morin, “Active-standby for high-availability in faas,” in Proceedings of the 6th International Workshop on Serverless Computing, ser. WoSC’20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020, p. 31–36. doi: 10.1145/3429880.3430097

[9] N. C. Luong, P. Wang, D. Niyato, Y. Wen, and Z. Han. “Resource Management in Cloud Networking Using Economic Analysis and Pricing Models: A Survey”. IEEE Communications Surveys Tutorials 19:2, 2017, pp. 954–1001. issn: 2373-745X. doi: 10.1109/ COMST.2017.2647981

[10] S. Costache, D. Dib, N. Parlavantzas, and C. Morin. “Resource Management in Cloud Platform as a Service Systems: Analysis and Opportunities”. Journal of Systems and Software 132, 2017, pp. 98–118. issn: 0164-1212. doi: 10.1016/j.jss.2017.05.035

[11] S. Costache, S. Kortas, C. Morin, and N. Parlavantzas. “Market-Based Autonomous Resource and Application Management in Private Clouds”. Journal of Parallel and Distributed Computing 100, 2017, pp. 85–102. issn: 0743-7315. doi: 10.1016/j.jpdc.2016.10.003