

Projet de recherche doctoral 2020
Prises de décisions collaboratives et révocables dans un
système distribué et dynamique

Directeur de thèse : Mesaac MAKPANGOU

Encadrant : Jonathan LEJEUNE

Lieu : LIP6, 4 place Jussieu, 75005 Paris

14 février 2020

Résumé : L'émergence de nouveaux modèles de systèmes distribués comme le Fog Computing possédant des caractéristiques dynamiques, hétérogènes et large échelle apporte de nouvelles problématiques d'un point de vue algorithmique. Dans cette thèse, nous proposons de produire un nouveau modèle de consensus distribué, adapté à ce type de système afin de permettre efficacement une prise de décision collaborative entre les différentes entités.

Mots-clés : Algorithmique distribuée, consensus, système large-échelle et dynamique, expérimentation

Contexte : Le Fog Computing [1] est un paradigme récent et se base sur une forte décentralisation des ressources informatiques matérielles (calcul, stockage, communication) et logicielles (services). Ainsi, au lieu d'utiliser un gros système centralisé orchestrant l'ensemble des ressources, ces systèmes reposent sur la collaboration de plusieurs sous-systèmes autonomes géo distribués à taille plus réduite (exemples : petit datacenter, véhicules, maisons connectées, réseau mobile, etc.). Chacun de ces sous-systèmes est en charge de l'orchestration de ses ressources. En prenant en compte la localisation des ressources, il est ainsi possible de rapprocher géographiquement ressources et utilisateurs. Ce qui permet de réduire significativement les temps de réponse, les transferts de données, ainsi que la consommation électrique.

Cependant cette organisation, fortement décentralisée, complexifie la gestion globale des ressources. De par son échelle, sa nature hautement dynamique et son caractère non fiable, le Fog Computing proscrit toute construction efficace d'une vision globale et cohérente. Il est donc nécessaire de définir des mécanismes d'orchestration décentralisée, où les différents sous-systèmes collaborent à partir de décisions rapides, basées sur une vue locale du système, tout en limitant le coût en communication.

Objectifs : L'objectif de cette thèse est de produire un nouveau modèle de prise de décisions collaboratives dans un système distribué hautement dynamique et large échelle. Le point de départ de ce travail est d'adapter à notre modèle, la définition du problème du consensus [2, 3, 4] spécifiant que tous les nœuds non fautifs décideront en temps fini

d'une valeur commune et irrévocable parmi un ensemble de valeurs proposées. Dans notre modèle, nous considérons le cas où plusieurs consensus s'exécutent concurremment. Ainsi, plusieurs décisions pourront être prises de manière asynchrone dans le système. Tout en respectant des invariants transverses aux systèmes. Les conflits, inhérents à l'absence de synchronisation globale, obligent à l'ajout de mécanismes de révocation de certaines décisions, modifiant ainsi la définition initiale du consensus.

Dans la littérature plusieurs travaux ont déjà proposé une modification de cette définition (par exemple [5, 6] généralisent le problème en permettant de décider k valeurs différentes sur une instance) mais à notre connaissance aucune ne correspond à notre modèle. La révocabilité a été reconnue possible d'après [7] à condition de borner le nombre de révocations.

La thèse devra donc aboutir à la définition d'un modèle et à la production d'un ou de plusieurs algorithmes qui répondent efficacement aux problématiques suivantes :

1. optimiser l'exécution d'un nombre important de consensus concurrents sur un ensemble dynamique de nœuds.
2. gérer la révocabilité des décisions

Le travail produit sera implanté et testé sur un simulateur et/ou sur infrastructure réelle.

Déroulement global de la thèse :

1. État de l'art sur le consensus et la prise de décision collaborative dans les systèmes distribués ;
2. Redéfinition des propriétés originelles du consensus pour l'adapter à nos problématiques ;
3. Définition avec preuve de justesse, implantation et expérimentation d'algorithmes répondant aux deux problématiques décrites précédemment. Pour aborder ceci progressivement, il pourra être envisagé de les traiter dans un premier temps chacune séparément et dans un deuxième temps de prendre en compte les deux ;
4. Diffusion scientifique dans des conférences internationales de renom (DISC, IPDPS, ICDCS) ainsi que des revues (JPDC, DC, TPDS).

Prérequis : capacité d'abstraction, intérêt pour l'algorithmique distribuée, programmation répartie, utilisation d'un simulateur à événements discrets.

Références

- [1] C. Mouradian, D. Naboulsi, S. Yangui, R. H. Glitho, M. J. Morrow, and P. A. Polakos, "A comprehensive survey on fog computing : State-of-the-art and research challenges," *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 20, no. 1, pp. 416–464, Firstquarter 2018.
- [2] L. Lamport, R. Shostak, and M. Pease, "The byzantine generals problem," *ACM Trans. Program. Lang. Syst.*, vol. 4, no. 3, pp. 382–401, Jul. 1982. [Online]. Available : <http://doi.acm.org/10.1145/357172.357176>
- [3] M. J. Fischer, N. A. Lynch, and M. S. Paterson, "Impossibility of distributed consensus with one faulty process," *J. ACM*, vol. 32, no. 2, pp. 374–382, Apr. 1985. [Online]. Available : <http://doi.acm.org/10.1145/3149.214121>

- [4] M. Biely, P. Robinson, U. Schmid, M. Schwarz, and K. Winkler, “Gracefully degrading consensus and k -set agreement in directed dynamic networks,” *Theor. Comput. Sci.*, vol. 726, pp. 41–77, 2018.
- [5] S. Chaudhuri, “Agreement is harder than consensus : Set consensus problems in totally asynchronous systems,” in *Proceedings of the Ninth Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing*, ser. PODC ’90. New York, NY, USA : ACM, 1990, pp. 311–324. [Online]. Available : <http://doi.acm.org/10.1145/93385.93431>
- [6] D. Jeanneau, T. Rieutord, L. Arantes, and P. Sens, “Solving k -set agreement using failure detectors in unknown dynamic networks,” *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 28, no. 5, pp. 1484–1499, 2017.
- [7] “The weakest failure detector for eventual consistency.”