

L'optimisation de la reconfiguration des VNFs pour la gestion dynamique des slices dans les réseaux 5G

Hanane BIALLACH^{1,2}, Mustapha BOUHTOU¹, Dritan NACE²

¹Orange Labs, Orange, 92320 Châtillon, France

²Heudiasyc Lab, Université de Technologie de Compiègne, 60200 Compiègne, France

{hanane.biallach, mustapha.bouhtou}@orange.com, {dritan.nace, hanane.biallach}@hds.utc.fr

Mots-clés : 5G, Fonctions réseau virtualisées (VNF), Découpage du réseau (Network Slicing), Ordonnancement, Théorie des graphes, problème du multi-sac-à-dos, Programmation linéaire en nombre entier (PLNE)

1. Présentation du problème

La vision de la 5G est d'avoir un réseau multiservices prenant en charge un large éventail de secteurs verticaux avec un ensemble varié d'exigences de performances et de services. Le découpage de réseau (Network slicing) [1], qui consiste à découper un seul réseau physique en plusieurs réseaux logiques isolés, est devenu la clé pour concrétiser cette vision. Chaque tranche (slice) est composée d'un ensemble de fonctions réseau virtualisées (VNF). En tant que technologie émergente, le découpage du réseau pose plusieurs défis en matière de gestion de réseau. Le problème de la reconfiguration des slices du réseau 5G est l'un de ces défis.

Notre objectif est de reconfigurer les différentes VNFs et de générer un plan de reconfiguration pour passer rapidement et efficacement d'un état initial de notre infrastructure où les VNFs ne sont pas placés de manière optimale vers un nouvel état (optimal) connu au préalable, tout en minimisant l'interruption de service.

Les problèmes de gestion et de placement des ressources des slices réseaux sont traités dans les projets européens tels que les projets 5G-Transformer [4] et SliceNet [3]. Plusieurs papiers publiés récemment traitent le problème de gestion des slices sous différents angles [5] [6]. Dans notre problème [7] nous considérons l'ordonnancement de migrations des VNFs dans ces différents types : la migration à chaud et la migration à froid, et son impact sur le fonctionnement de services.

2. Méthodes de résolution

Le problème de la reconfiguration des VNFs est NP-difficile [2]. On voit ce problème comme celui de reconfiguration d'un multi-sac-à-dos multidimensionnel. La multidimensionnalité repose sur le nombre de ressources concernées (c.-à-d. CPU et mémoire), tandis que l'aspect sac à dos est capturé par les serveurs, chacun d'eux représente un sac à dos.

Du point de vue de la méthode de résolution exacte, nous avons formulé et étudié le problème en tant que programmation linéaire en nombres entiers. Nous remarquons que le problème reste difficile et que des méthodes de résolution appropriées traitant des formulations complexes linéaires entières doivent être étudiées.

- La fonction objective : est de minimiser l'interruption du service.
- Les contraintes de capacités : les migrations des VNFs doivent respecter les capacités des serveurs. On distingue deux types de migrations

- La migration à chaud : Dans cette migration, la VNF est activée à la fois dans le serveur source et le serveur destination afin de copier son état de mémoire. Au cours de cette étape, la VNF occupe des capacités dans les deux serveurs. La VNF est interrompue dans l'hôte source lorsque son état complet est transféré vers le serveur de destination. Cette durée d'interruption est négligeable
- La migration à froid : Dans cette migration, il est nécessaire d'arrêter la VNF, puis de la démarrer vers le serveur de destination. Au cours de cette migration, la VNF ne sera plus accessible, ce qui impacte le fonctionnement du service. C'est le temps d'interruption que nous essayons de minimiser.

Du point de vue heuristique, nous avons commencé à étudier la modélisation du problème sous forme de graphe. Les états initial et final sont représentés par un graphe (de migration), où les sommets représentent les serveurs et les arcs représentent les migrations des VNFs et ils sont évalués par la valeur de leur CPU. Si le graphe résultant est acyclique, la solution est réalisable en temps polynomial [2]. Dans ce cas, nous appliquons l'ordre topologique pour avoir le plan de reconfiguration qui contient la liste des migrations de VNF en suivant cet ordre. Si le graphe est cyclique, on peut appliquer l'algorithme de *feedback arc set problem* pour le rendre acyclique, qui consiste à calculer tous les arcs de valeur minimale qu'il faudra supprimer pour obtenir un graphe acyclique. Ensuite, nous appliquons l'ordre topologique afin d'obtenir l'ordre de migrations des VNFs. Les solutions exactes et heuristiques sont testées sur des ensembles de données synthétiques pour validation.

Les modèles proposés traitent que le cas où l'état cible des VNFs est connu au préalable, sans prendre en considération les contraintes de précédences qui lie entre les VNFs. Par ailleurs, la fonction objective minimise l'interruption de service et non pas le temps de l'interruption.

3. Perspectives

Les travaux menés peuvent être poursuivis dans différentes directions. Tout d'abord, nous devons étudier plus avant les points manquants dans les modèles proposés. L'étude des contraintes de précédences des VNFs doit être approfondie. Nous désirons ensuite de se pencher sur le cas d'étude où le cas cible des VNFs n'est pas connu, en utilisant l'algorithme de génération de colonnes.

REFERENCES

- [1] J. Ordonez-Lucena, P. Ameigeiras, D. Lopez, J. J. Ramos-Munoz, J. Lorca and J. Folgueira, "Network Slicing for 5G with SDN/NFV: Concepts, Architectures, and Challenges," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 5, pp. 80-87, May 2017, doi: 10.1109/MCOM.2017.1600935.
- [2] Sirdey, Renaud & Carlier, Jacques & Kerivin, Hervé & Nace, Dritan. (2007). *On a resource-constrained scheduling problem with application to distributed systems reconfiguration*. *European Journal of Operational Research*. 183. 546-563. 10.1016/j.ejor.2006.10.011.
- [3] SLICENET Project: End-to-End Cognitive Network Slicing and Slice Management Framework in Virtualised Multi-Domain, Multi-Tenant 5G Networks, <https://slicenet.eu/>
- [4] 5G-Transformer Project: 5G Mobile Transport Platform for Verticals, <http://5g-transformer.eu/>
- [5] Xin Jin, Hongqiang Harry Liu, Rohan Gandhi, Srikanth Kandula, Ratul Mahajan, Ming Zhang, Jennifer Rexford, and Roger Wattenhofer. 2014. *Dynamic scheduling of network updates*. In *Proceedings of the 2014 ACM conference on SIGCOMM (SIGCOMM '14)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 539–550. DOI:<https://doi.org/10.1145/2619239.2626307>
- [6] Sattar, D., & Matrawy, A. (2019). *Optimal Slice Allocation in 5G Core Networks*. *IEEE Networking Letters*, 1, 48-51.
- [7] Hanane Biallach, Mustapha Bouhtou, Dritan Nace and Softiane Imadali. "Optimizing VNF reconfiguration for dynamic management of 5G network slicing". *ICORES 2021: 10th International Conference on Operations Research and Enterprise Systems*.