

Le déploiement de chaînes Service Function Chaining (SFC) dans un contexte multi-domaines

1. Contexte :

La virtualisation des fonctions réseau ou Network Function Virtualization (NFV) [1] consiste à extraire les fonctions réseaux fonctionnant sur un équipement physique dédié (ex. routeurs, firewall, etc.), pour les exécuter dans un environnement virtualisé (i.e. Machine Virtuelle ou centenaire), et les déployer dans des centres de données (Data Centres – DC). Le concept NFV couvre la virtualisation des fonctions de routage mais aussi les fonctions réseau qui sont généralement déployées dans des middlebox, tel que firewall, détection d'intrusion, proxy TCP, optimiseur vidéo, etc. Couramment, le trafic issu d'une application doit passer par un ensemble de VNF, dans un ordre prédéfini, afin d'appliquer une politique de sécurité ou définir une route overlay. Dans ce contexte, une chaîne Service Function Chaining (SFC) indique explicitement l'ordre et le type de service (sous forme de VNF) à utiliser pour appliquer une politique de traitement pour un trafic applicatif donné. Un SFC est défini par un opérateur pour un trafic ou un ensemble de trafic, et déployé dans le réseau par le biais d'un contrôleur SDN, en utilisant des en-têtes orientés service (Network Service Header [2]), à insérer dans les paquets générés par l'application. Le trafic est par la suite acheminé par les éléments de forwarding afin de suivre un chemin overlay pour visiter plusieurs VNF (service), même si ces derniers ne sont pas dans le même DC. L'émergence du concept « Network Slicing » (i.e. Réseau virtuel) dans les réseaux 5G, a consolidé le principe de SFC, vu qu'un Slice réseau regroupe un ensemble de VNFs, hébergés dans des DC, interconnectés ensemble, créant une chaîne SFC. Dans le cadre du « Network Slicing » une chaîne SFC est créée par un orchestrateur de service comme définie dans [3].

Les travaux de recherche existant sur SFC couvrent des méthodes et des solutions pour définir, créer et déployer un SFC sur plusieurs DCs appartenant au même domaine administratif (c-à-d, gérer par le même opérateur). Outre le standard IETF sur SFC [4] et les travaux de recherche résumés dans [3], il existe beaucoup de travaux concernant l'instanciation de SFC mono domaine [6] ; mais aussi des solutions pour créer le réseau overlay de la chaîne SFC, tel que l'extension pour le contrôleur SDN ODL [6] conjugué avec OVS [7]. De plus, on peut citer des produits commerciaux comme celui de Cisco [8]. Cependant, une chaîne SFC peut nécessiter un déploiement sur plusieurs domaines administratifs. Par exemple, un Slice réseau peut nécessiter le déploiement d'une chaîne SFC sur plusieurs domaines afin de déployer un service de bout-en-bout. Par conséquent, il est important de disposer d'un mécanisme permettant d'assurer le déploiement de chaînes SFC sur plusieurs domaines afin de garantir la création de services bout-en-bout dans les réseaux 5G et ceux basés sur le principe NFV.

Une approche pour le déploiement d'une chaîne SFC multi-domaines peut consister en l'utilisation de solutions utilisées pour résoudre le problème dit « Multi-domain virtual network embedding » [9][10]. La majorité des solutions [11], cependant, requièrent une vision globale (cartographie) sur le réseau et ses ressources afin de mapper les ressources virtuelles et physiques sur plusieurs domaines. Or, avoir une cartographie du réseau est quasi-impossible dans la cas multi-domaines, vu que les opérateurs n'affichent pas ce type d'informations pour des raisons de sécurité et de confidentialité. De plus, une chaîne SFC se

distingue du « Multi-domain virtual network embedding » par : (i) le type de topologie qui est linéaire dans le cas SFC ; (ii) l'ordre des VNF dans SFC, qui peut être flexible.

2. Verrous :

Dans le projet de thèse proposé, nous allons étudier et proposer des solutions à la problématique de composition, déploiement et gestion de chaînes SFC sur plusieurs domaines administratifs. En effet, une chaîne SFC est créée et déployée en trois étapes : (i) la définition et la composition d'une chaîne SFC avec un ensemble de VNFs, issues de plusieurs domaines, pour une application ou un ensemble d'applications ; (ii) le déploiement de la chaîne SFC dans le réseau utilisant des techniques de réseau overlay ; (iii) la gestion des ressources VNF de la chaîne SFC. Pour chaque étape, on étudiera et on proposera des solutions pour une extension multi-domaines. Les verrous qui seront à lever durant la thèse sont :

- La définition et la composition d'une chaîne SFC

Le principal challenge dans cet étape concerne la composition optimale d'une chaîne SFC, utilisant des VNFs appartenant à plusieurs domaines. Le manque d'information sur les ressources multi-domaines limitera l'optimalité du choix des VNF et leur placement dans les DCs. En effet, le choix optimal dépendra de plusieurs critères, qui sont en relation avec les objectifs de l'opérateur. On peut citer, le coût des VNF, la QoS à fournir, etc. Pour résoudre ce problème, on étudiera les différentes techniques multicritères pour le placement de VNFs sur plusieurs domaines. Outre les méthodes d'optimisation qui peuvent ne pas être efficaces pour le cas multi-domaines, pour manque d'information, on s'intéressera aux techniques basées sur la théorie des jeux, et plus précisément, les algorithmes de type « Coalition Games » [12]. Ces derniers peuvent constituer une très bonne réponse au cas de déploiement multi-domaines, où chaque domaine correspondra à un joueur (player). Un ensemble de joueurs peuvent alors créer une coalition pour déployer les VNFs constituant la chaîne SFC.

- Le déploiement dans le réseau

Une chaîne SFC est déployée dans le réseau par le biais d'un réseau overlay utilisant les entêtes spécifiques NSH, pour acheminer les paquets vers les VNFs. Sachant que la création et le déploiement de SFC doit être dynamique et à la demande (Network Slicing), SDN est utilisé pour créer l'en-tête NSH par le biais de règles OpenFlow, poussés vers les switches d'entrée du réseau [2]. Cependant, ce principe fonctionne très bien pour les réseaux appartenant au même domaine, mais il n'est pas adapté lorsque les VNFs sont à déployer sur plusieurs domaines. De ce fait, on s'intéressera à la problématique de mise en place, couvrant le plan de contrôle et le plan de données, des chaînes SFC sur différents domaines, par la définition de solutions basées sur l'interconnexion des contrôleurs SDN de chaque domaine. De plus, à l'image de ce qui a été proposé dans [13], nous étudierons la possibilité de rajouter des extensions au plan de transfert IP/MPLS, pilotable par un contrôleur SDC, afin d'assurer une interopérabilité avec les réseaux underlay existant.

- La gestion des ressources VNF du SFC

Après le déploiement d'une chaîne SFC dans le réseau, il est nécessaire de garantir son optimalité en termes de performances. En effet, on étudiera et on proposera des techniques d'adaptation de ressources SFC aux changements spatio-temporelles, causés par exemple par la mobilité des utilisateurs, ou la dégradation de la QoS offerte par une partie des VNFs appartenant à la chaîne SFC. Plus précisément, on envisagera des solutions réagissant à des événements (changement de qualité, mobilité d'utilisateur), par l'exécution d'actions, tel que la demande de migration des VNFs vers des machines plus performantes, ou vers un

autre domaine plus performant. Les solutions proposées pourront être améliorées avec des techniques de « Reinforcement Learning » [15] afin de prédire les événements et anticiper les actions pour optimiser les performances d'une chaîne SFC.

3. Organisation

La thèse se déroulera en deux phases. La première phase sera consacrée à l'étude de l'état de l'art sur SDN, NFV et SFC. Particulièrement, cette étape devra clairement identifier les challenges (architecture, composition, réseau), associés au déploiement de chaînes SFC multi-domaines. La deuxième phase de la thèse sera consacrée à la proposition d'algorithmes et de solutions afin de déployer une chaîne SFC multi-domaines, en traitant les verrous cités dans la section précédente. Les performances des solutions proposées devront être évaluées via des modèles analytiques et la simulation informatique. Des preuves de concept vont être développées afin de démontrer la faisabilité des solutions proposées en utilisant des outils open sources tel que OpenStack [16] et ONOS [17].

Contact:

Dr. Djamel-Eddine Meddour: djamal.meddour@orange.com

Dr. Adlen Ksentini: Adlen.Ksentini@eurecom.fr

References:

- [1] "Network functions virtualisation (NFV); architectural framework," ETSI GS NFV 002 v1.1.1, Oct. 2013.
- [2] P. Quinn and J. Guichard "Service Function Chaining: Creating a Service Plane via Network Service Headers", in IEEE Computer 2014 Vol. 14, Issue 11.
- [3] A.M. Medhat, T. Taleb, A. Elmangoush, G. Carella, S. Covaci, and T. Magedanz, "Service Function Chaining in Next Generation Networks: State of the Art and Research Challenges," to appear in IEEE Communications Magazine, 2017, Volume 55, Issue 2.
- [4] "Service Function Chaining (SFC) Architecture", RFC 7665, IETF, Oct. 2015.
- [5] OpenStack SFC, <https://docs.openstack.org/developer/networking-sfc/>
- [6] Open Day Light SFC, https://wiki.opendaylight.org/view/Service_Function_Chaining:Main
- [7] SFC with NSH and OVS - Open vSwitch, <http://openvswitch.org/support/ovscon2015/16/1040-elzur.pdf>
- [8] "Implementing NSH Based Service Chaining", Cisco white paper available at http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/asr9000/software/asr9k_r6-1/addressing/configuration/guide/b-ipaddr-cg-asr9k-61x/b-ipaddr-cg-asr9k-61x_chapter_01110.pdf
- [9] I. Vaishna, R. Guerzoni, and R. Trivisonno, "Recursive, hierarchical embedding of virtual infrastructure in multi-domain substrates," in Proceedings of the 1st IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft), London, UK, April, 2015.
- [10] D. Dietrich, A. Rizk, and P. Papadimitriou, "Multi-Domain Virtual Network Embedding with Limited Information Disclosure," in Proceedings of IFIP Networking Conference, Brooklyn, NY, May 2013.
- [11] M. Chowdhury, F. Samuel, and R. Boutaba, "Polyvine: policy-based virtual network embedding across multiple domains," In Proceedings of the 2nd ACM SIGCOMM

Workshop on Virtualized Infrastructure Systems and Architectures, New York, NY, 2010, pp. 49–56.

- [12] W. Saad, Z. Han, M. Debbah, A. Hjørungnes and T. Basar, “Coalitional game theory for communication networks”, in *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 26, no. 5, pp. 77-97, September 2009.
- [13] “Brief introduction to Bagpipe”, in *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 26, no. 5, pp. 77-97, September 2009.
- [14] Bagpipe <https://docs.openstack.org/developer/networking-bgpvpn/bagpipe/>
- [15] introduction to Reinforcement Learning, <http://www.cs.ubc.ca/~murphyk/Bayes/pomdp.html>
- [16] OpenStack, <https://www.openstack.org/>
- [17] ONOS, onosproject.org/